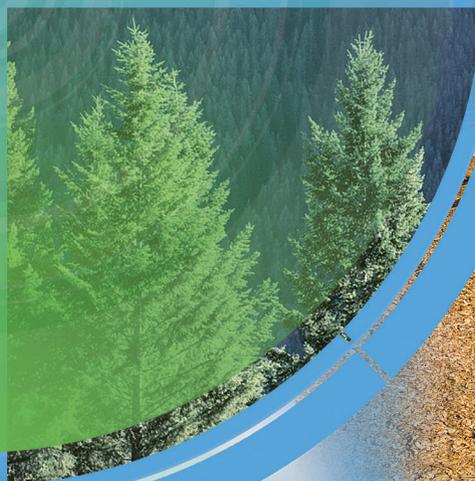
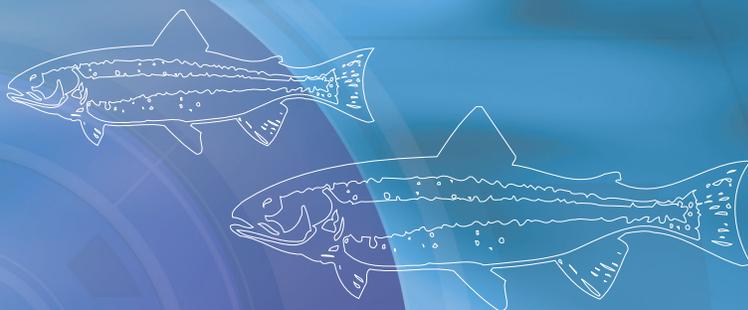


Feuille de route d'innovation sur
les **matières premières**,
les **carburants** et les **produits**
industriels issus de la **biomasse**

Saisir l'avantage naturel du Canada



On peut obtenir cette publication sur supports multiples, sur demande. Communiquer avec le Centre de diffusion de l'information dont les coordonnées suivent.

Pour obtenir une version imprimée de cette publication, s'adresser également au :

Centre de diffusion de l'information
Direction générale des communications et du marketing
Industrie Canada
Bureau 268D, tour Ouest
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5
Téléphone : (613) 947-7466
Télécopieur : (613) 954-6436
Courriel : **publications@ic.gc.ca**

Pour obtenir de l'information sur le présent rapport, communiquer avec la :

Direction générale des industries de la fabrication
Industrie Canada
235, rue Queen
Ottawa (Ontario) K1A 0H5
Téléphone : (613) 954-3342
Télécopieur : (613) 954-3107
Courriel : **bioproduits@ic.gc.ca**

ou

BioProduits Canada
600 Peter Morand, suite 250
Ottawa (Ontario) K1G 5Z3
Téléphone : (613) 739-3900
Télécopieur : (613) 741-2313
Courriel : **info@bio-productscanada.org**

Autorisation de reproduction

À moins d'indication contraire, l'information contenue dans cette publication peut être reproduite, en tout ou en partie et par quelque moyen que ce soit, sans frais et sans autre permission d'Industrie Canada, pourvu qu'une diligence raisonnable soit exercée afin d'assurer l'exactitude de l'information reproduite, qu'Industrie Canada soit mentionné comme organisme source et que la reproduction ne soit présentée ni comme une version officielle ni comme une copie ayant été faite en collaboration avec Industrie Canada ou avec son consentement.

Pour obtenir l'autorisation de reproduire l'information contenue dans cette publication à des fins commerciales, faire parvenir un courriel à **copyright.droitdauteur@communication.gc.ca**

N.B. Dans cette publication, la forme masculine désigne tant les femmes que les hommes.

N° de catalogue Iu44-11/2004F-HTML
ISBN 0-662-76193-6

Feuille de route d'innovation sur
les **matières premières**,
les **carburants** et les **produits**
industriels issus de la **biomasse**

Saisir l'avantage naturel du Canada

Table des matières

Préface	iii
Résumé	vii
1 Introduction et vision	1
2 Élaboration de la Feuille de route technologique	4
3 Disponibilité de la biomasse	6
4 Technologies de conversion	9
5 Difficultés et contraintes	23
6 Objectifs de la Feuille de route	26
7 Points saillants du processus d'élaboration de la Feuille de route ...	32
8 Mesures à prendre	42
9 Conclusion	47
Annexe A – Comité directeur et participants aux groupes de travail	48

Préface

Un réseau de gens d'affaires, d'universitaires, de fonctionnaires et de consultants, ayant tous des connaissances spécialisées et de grands intérêts à la fois en économie axée sur la biotechnologie (voir l'annexe A) et en « Pensée verte », se sont unis pour élaborer la présente *Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse*. Tous ont pris part aux activités d'un comité directeur, de groupes de travail et d'ateliers en vue de tracer l'itinéraire de l'avenir.

La Feuille de route a pour but de cerner les possibilités technologiques d'exploitation des abondantes ressources biologiques du Canada pour alimenter la croissance de l'économie tout en protégeant l'environnement du pays et la qualité de vie de sa population. Elle traite d'un certain nombre de technologies de chimie et de conversion biologique et cerne des marchés immédiats et futurs pour l'économie axée sur la biotechnologie. L'un des thèmes récurrent du présent document est que les applications nouvelles de la biotechnologie offrent la possibilité d'exploiter avec profit des matières et de l'énergie tirées de la biomasse « vierge », ce qui comprend les cultures (agricoles, forestières et marines), et de ses sous-produits résiduels. Un autre thème qui revient souvent peut se résumer à ceci : « Vos rebus sont mes matières premières ».

Des remerciements spéciaux vont à Randal Goodfellow, de BioProduits Canada Inc., qui nous a aidé à impliquer les participants, et à David Layzell et Susan Wood, de la Fondation BIOCAP Canada, qui ont littéralement fait des miracles pour rassembler tous les documents relatifs à l'inventaire des éléments de la biomasse qui peuvent servir de matière première et à la conversion de ces éléments en équivalents de carbone sec et en énergie potentielle. La Feuille de route n'aurait pas pu être élaborée sans le financement du Plan du Canada sur les changements climatiques de 2000; l'appui et la collaboration des ministères fédéraux siégeant au Groupe de travail fédéral sur les bioproduits; et l'énergie sans borne et l'apport actif des participants à nos ateliers et du directeur du projet, Joseph Cunningham.

La voie de l'avenir — Nous y sommes déjà engagés!

L'énergie est essentielle à la croissance continue de l'économie canadienne. Or, il devient de plus en plus difficile et coûteux de l'extraire de sources fossiles. La demande mondiale d'énergie devrait continuer d'augmenter rapidement dans l'avenir prévisible.

L'Agence internationale de l'énergie prévoit que, d'ici 2020, la consommation d'énergie aura augmenté de 50 p. 100. Les pressions s'intensifient partout dans le monde vers une utilisation plus judicieuse des combustibles fossiles et la recherche de moyens d'atténuer la dépendance et la vulnérabilité actuelles. Les quantités de pétrole facilement exploitable allant diminuant, surtout dans les pays de l'Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP), le prix du pétrole augmentera et les montées subites du prix de l'énergie seront encore plus marquées. Il est fort possible que le conflit entre la demande et la disponibilité de l'énergie s'aggrave au cours des 20 prochaines années, ce qui entraînera un virage majeur vers les combustibles de l'avenir et les systèmes à haute efficacité énergétique tels que les piles à combustible, les centrales de cogénération à distribution de petite à moyenne portée et les biocarburants (biogaz, biodiésels, bio-huiles et alcool).

Les biocarburants et les bioproduits ont une grande importance stratégique pour le Canada, et plusieurs entreprises canadiennes prospères œuvrent déjà activement dans ce domaine. Le Canada est extrêmement bien placé pour en tirer profit grâce à sa base de ressources et de compétences et à ses grappes éco-industrielles communautaires en cours de développement. Les possibilités offertes par la biomasse ouvriront de nouvelles sources de revenus pour les secteurs et les collectivités traditionnellement axés sur les activités agricoles, forestières et maritimes.

La biomasse du Canada – l'avantage naturel du Canada – offre des possibilités remarquables. À titre d'exemple, la Fondation BIOCAP Canada estime que nos forêts sur pied contiennent une énergie suffisante pour répondre pendant 69 ans à la demande canadienne d'énergie actuellement comblée par les combustibles fossiles.

Vu la grande instabilité du marché mondial de l'énergie et les montées brusques et fortes des prix du pétrole et du gaz naturel, le Canada est à la croisée des chemins et doit prendre maintenant des décisions relativement à son avenir énergétique. Le pays a à portée de la main des sources substantielles de biocarburants aptes à répondre à ses besoins immédiats et à court terme, mais une telle occasion pourrait fort bien lui échapper malgré sa richesse en biomasse et son avantage concurrentiel solide, surtout en ce qui a

Préface

trait à la conversion physique, chimique et thermique de biomasse primaire et de résidus de biomasse en bio-énergie et en bioproduits industriels.

Il faudra d'abord mieux élaborer le plan de rentabilité des biocarburants et des bioproduits de l'avenir, et lui donner une vaste diffusion. La Feuille de route porte avant tout sur la mise à profit des débouchés commerciaux, le renforcement de la productivité de la biomasse et l'exploitation de la valeur à tirer des rebuts solides de l'agriculture, de la foresterie, de l'industrie marine et des zones urbaines. Les entreprises canadiennes sont en excellente position pour tirer des profits financiers et économiques importants de ces matériaux. C'est un champ d'affaires dans lequel le rendement de l'investissement est fort intéressant pour de nombreuses sociétés au Canada. Les activités industrielles de recherche-développement (R-D) s'y effectuent près des marchés et, dans bien des cas, sont rendues à un stade avancé de la commercialisation.

Le Canada traverse actuellement une période de transition : il s'appuie sur son excellence dans les technologies de conversion physique, chimique et thermique pour se concentrer de façon plus intensive et durable sur les bioprocédés et les méthodes de la chimie « verte », qui consomment beaucoup moins d'énergie et sont moins polluantes. Le corps de la Feuille de route explique en plus de détail cette transition et les démarches multidisciplinaires connexes faisant intervenir la biotechnologie, la nanotechnologie, la biologie, la chimie, la physique, le génie, la rhéologie et les mathématiques. Les rapports de chaque groupe de travail, que tous les participants ont pu parcourir, offrent des analyses plus exhaustives des technologies chimiques et biologiques.

La Feuille de route recommande un certain nombre de mesures précises à prendre pour accélérer l'expansion des industries des biocarburants et des bioproduits. Voici les mesures clés dont il sera question dans le rapport :

- lancer un projet pilote de grappes communautaires éco-industrielles
- adapter les modes d'approvisionnement du gouvernement
- créer un **conseil de l'industrie des bioproduits**
- faciliter l'accès aux capitaux
- faire passer davantage les plates-formes de technologie à des initiatives de commercialisation axées sur le marché
- accroître la participation et la sensibilisation du public.

La Feuille de route est la représentation d'un processus « vivant » qui permet aux intervenants de l'industrie de collaborer avec les gouvernements et les universités afin de dresser leurs propres plans à long terme. Elle propose plusieurs voies à suivre, en fonction des diverses technologies et des marchés,

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

ainsi que des gestes précis à poser à court et à long terme. L'élaboration de la Feuille de route marque une seule des nombreuses étapes d'un long cheminement, qui ne fait que commencer. Les technologies nouvelles et les utilisations originales de la biomasse continueront d'évoluer au rythme des débats incessants amorcés dans tous les réseaux d'échange de pratiques canadiens.

L'élaboration de la Feuille de route a rassemblé un groupe d'intervenants, dont la liste figure à l'annexe A, représentant toute une gamme d'intérêts dont la conversion chimique, la combustion, les bioprocédés, les technologies d'extraction et de distribution, l'agriculture, la foresterie, les municipalités et la vie sous-marine. La synergie qui en a émergé doit survivre et se développer par le biais d'interactions et de maillages entre les participants qui ont apporté à ce travail une contribution énorme en temps et en ressources. C'est pourquoi sera créé un **conseil de l'industrie des bioproduits** qui sera chargé d'axer les efforts de l'industrie, du milieu de la recherche et des gouvernements sur la mise en œuvre des plans énoncés dans la Feuille de route. Le conseil se réunira de façon régulière avec la ministre de l'Industrie et des cadres du Ministère afin de mesurer les progrès accomplis, de cerner les obstacles à franchir et de formuler des conseils sur les politiques à instaurer pour aider à l'édification d'une industrie viable des bioproduits au Canada.



L'âge de pierre n'a pas pris fin à cause d'un manque de pierres; l'âge du pétrole ne finira pas à cause d'un manque de pétrole. [traduction]
— Sheik Yamani, ministre du pétrole de l'Arabie Saoudite, 1973

Nous avons cessé d'utiliser la pierre parce que le bronze et le fer étaient des matériaux supérieurs; de la même façon, nous cesserons d'utiliser le pétrole lorsque nous trouverons des technologies énergétiques de rechange offrant des avantages supérieurs. [traduction]

— Bjørn Lomborg, *The Skeptical Environmentalist* (Cambridge University Press, New York, 2001, p. 120)

Merci!

Rick Smith, président et directeur général de Dow AgroSciences Canada Inc., président de BioProduits Canada Inc. et maître d'œuvre de la Feuille de route

David C. Boulard, vice-président de Ensyn Technologies Inc. et président du Comité directeur sur la feuille de route d'innovation

Résumé

Plus de 300 industriels, universitaires et fonctionnaires canadiens ont participé à ce projet dirigé par l'industrie et dont le maître d'œuvre est Rick Smith, président et directeur général de la société Dow AgroSciences Canada Inc.

Vision d'ensemble

La vision d'ensemble est de faire du Canada un chef de file en technologies viables et environnementales, en tablant sur son « avantage naturel », et de stimuler la croissance de l'économie tout en améliorant l'environnement et en rehaussant la qualité de vie par la création et la commercialisation de bioproduits et de procédés industriels à partir des abondantes ressources en biomasse canadiennes.

Les biocarburants et les bioproduits sont potentiellement plus propres et moins coûteux que ceux à base de ressources fossiles et ont en plus l'avantage d'être renouvelables. En outre, les biocarburants et les bioproduits industriels contribuent à la pérennité et à la croissance de l'économie canadienne en répondant à une demande mondiale grandissante pour de l'énergie, des produits chimiques et des matériaux. Cette tendance se manifeste déjà parmi les pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques, là où leur adoption est accélérée par des populations parmi les plus instruites et par la présence de communications de pointe.

L'un des thèmes récurrent du présent document est que les applications nouvelles de la biotechnologie offrent la possibilité d'exploiter avec profit des matières et de l'énergie tirées de la biomasse, ce qui comprend la biomasse « vierge » des cultures (agricoles, forestières et marines) et des matières et terres sous-utilisées. La fabrication de produits secondaires à valeur ajoutée peut stimuler la récupération et le recyclage d'énergie tirée de rebuts et de résidus organiques. Par ailleurs, l'utilisation efficace des coproduits offre de grandes possibilités d'atteindre une meilleure synergie et efficacité dans la conversion des ressources.

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

La biomasse résiduelle pourrait se comparer à ces fruits qui poussent au bas de l'arbre et que tous peuvent cueillir pour rien, ou encore à des articles dont la valeur économique est devenue négative, par exemple, parce qu'ils sont usés et qu'il en coûte de les mettre dans des lieux d'enfouissement sanitaire. Pensons notamment aux ordures ménagères, aux déchets de bois et aux résidus de scierie tels que l'écorce, le bran de scie, les rabotures, les extrémités de billes, les impuretés et les débris d'équarrissage.

Les Canadiens, disposant de plus de ressources en biomasse par habitant que tout autre pays de la planète, se retrouvent intendants d'un trésor fabuleux et varié de cultures, d'arbres, d'animaux, de faune et de flore marines, de micro-organismes, de déchets industriels et de déchets organiques urbains. Leur présence a mis le pays au défi de les transformer en des avantages économiques, environnementaux et sociaux durables qui sont la marque du Canada au XXI^e siècle. Le pays est maintenant en excellente position pour profiter des changements de paradigme qui vont se produire, faisant des matières premières industrielles des carburants et produits industriels, en ce nouveau millénaire.

La pérennité des ressources viendra de notre capacité à laisser aux générations futures les connaissances, les compétences et les capitaux nécessaires pour jouir d'une qualité de vie au moins aussi bonne que la nôtre, tout en atténuant la vulnérabilité devant les forces de l'extérieur. Elle est le contexte où se réalisent des objectifs d'entreprise axés sur la fin ultime de combler à la fois les besoins de l'économie, de l'environnement et de la société.

En maintenant des liens constants avec leurs ressources renouvelables, les Canadiens s'assurent de possibilités économiques ininterrompues. Il deviendra possible aussi de réduire la pollution et les émissions de gaz à effet de serre, de créer des emplois et d'améliorer sans cesse la qualité de vie de tous les Canadiens.

Concrétiser la vision

Cette vision ne pourra se concrétiser que par la collaboration étroite du gouvernement, de l'industrie et des universités. La Feuille de route indique des objectifs précis à atteindre et des délais à respecter pour y arriver. Elle propose des façons de réorienter la politique officielle, dans tous les ordres

de gouvernement, ainsi que des méthodes efficaces pour encourager l'innovation, promouvoir une intendance judicieuse et amener la population à comprendre et à participer. Une intendance efficace dotée de mesures de sécurité permet l'utilisation de produits non traditionnels, mais sûrs, dans un environnement durable.

L'étude réalisée par la Fondation BIOCAP Canada a produit des données sur les ressources brutes disponibles. Les résidus annuels de biomasse équivalent à environ le quart des combustibles fossiles consommés au Canada.

Le Plan du Canada sur les changements climatiques de 2000 fixe les objectifs de production suivants :

- 1,4 milliard de litres d'éthanol d'ici 2010 (partant de 200 millions de litres en 2001)
- 500 millions de litres de biodiésel d'ici 2010 (partant de pratiquement rien en 2001).

Objectifs à atteindre dans l'accroissement de la production et de l'utilisation des biocarburants

1. Intensifier la production de carburants de rechange qui aident à réduire les émissions de gaz à effet de serre. À l'heure actuelle, le Canada produit 240 millions de litres d'éthanol. L'industrie canadienne de l'éthanol, notamment la société Iogen Corporation, évalue en ce moment plus de 10 propositions visant l'ajout de substances de rechange, par exemple, des amidons et des matières végétales cellulosiques, à la production d'éthanol. Les activités de fabrication incluant ces substances, qui doivent commencer entre 2006 et 2010, devraient permettre aux entreprises de dépasser leurs cibles actuelles de production d'éthanol. En optant pour un mélange à 10 p. 100 et sans prévoir d'exportations de plus, la production comblerait le tiers de la consommation d'essence prévue au Canada et permettrait la suppression de 3 millions de tonnes d'émissions de dioxyde de carbone, ce qui équivaut à 3 p. 100 de toutes les émissions provenant de l'essence utilisée par le secteur canadien des transports.
2. Accroître la production de biodiésel et de mélanges de biodiésel afin de réduire les émissions atmosphériques.

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

3. Rendre plus concurrentiel le coût de production des biocarburants, grâce aux moyens suivants :
 - a. utiliser les molécules supérieures contenues dans les matières premières afin d'obtenir des sous-produits de valeur et d'absorber ainsi les coûts de l'énergie
 - b. adopter la pratique de la cogénération en vue d'utiliser pleinement tous les combustibles et toute la chaleur générés par les procédés de production
 - c. réduire au minimum la chaleur nécessaire aux procédés de production en recourant à la catalyse, aux enzymes et à des technologies des membranes novatrices
 - d. diminuer les coûts de transport des éléments de biomasse en faisant appel au bottelage ou au compactage, ou en traitant les résidus pour les utiliser à proximité de la ressource
 - e. appuyer et intégrer les sciences diverses énumérées ci-après.
4. Encourager le développement continu des activités de R-D sur les biocarburants et les bioproduits industriels, pour atteindre un niveau comparable à celui des combustibles fossiles.

Améliorer la constitution de réseaux

1. Reconnaître que la demande intermédiaire, par exemple celle de substances chimiques comme intrants de fabrication, prédomine dans les marchés de presque tous les produits biochimiques.
2. Participer aux activités de grappes industrielles ou, si celles-ci sont suffisamment petites, aux activités des incubateurs abritant des entreprises complémentaires. Cette façon de procéder permettra :
 - a. de réduire au minimum les coûts liés à la chaîne d'approvisionnement
 - b. de mettre en commun les méthodes de gestion
 - c. d'accélérer l'innovation
 - d. d'accéder plus tôt aux marchés
 - e. d'utiliser plus efficacement le bassin limité de ressources intellectuelles en constituant en réseaux les scientifiques et les laboratoires qui sont au service des entreprises, des universités et des gouvernements du pays

- f. d'apprendre des pratiques de gestion originales et de fabrication sans gaspillage
 - g. de faciliter aux sociétés financières d'innovation l'accès aux capitaux et aux marchés mondiaux dans une économie axée sur la biotechnologie.
3. Faire en sorte que le processus d'établissement de la Feuille de route garde toute sa vigueur, afin de :
- a. relever le profil des bioproduits
 - b. favoriser la formation de grappes éco-industrielles
 - c. se servir des approvisionnements du gouvernement pour ouvrir les premiers marchés
 - d. donner de l'expansion aux réseaux de recherche
 - e. rendre admissibles aux investissements de tous les programmes fédéraux — dont Partenariat technologique Canada, le Programme de recherche et développement énergétiques, Changement climatique (technologie et innovation) et le Programme d'aide à la recherche industrielle — les projets de R-D en biocarburants et en bioproduits.

Appuyer et intégrer des disciplines scientifiques diverses

1. Voici des domaines scientifiques que la Feuille de route propose comme objet éventuel d'appui et d'investissement pour l'enrichissement des ressources scientifiques et technologiques et le perfectionnement des ressources humaines :
- a. la phytologie, l'écologie microbienne des sols et la bioprospection
 - b. les systèmes d'information géographique (SIG) permettant de localiser les concentrations de biomasse tant aux emplacements actuels d'usines de fabrication que dans les lieux d'enfouissement hérités du passé
 - c. la biocatalyse, surtout l'optimalisation des enzymes
 - d. les nouveaux procédés chimiques permettant de tirer parti des propriétés des constituants de la biomasse (glucides, lignine et huiles)
 - e. les recherche accrues sur la cellulose, la chitine, les alginates et les amidons en vue de leur utilisation industrielle comme combustibles et substances chimiques

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

- f. les nouveaux travaux de recherche sur la chimie de la cellulose en vue de trouver des utilisations nouvelles de la cellulose et de ses produits connexes comme la lignine
 - g. la cogénération.
2. Voici des plates-formes innovatrices de matières de base proposées dans la Feuille de route :
- a. glucides (cellulose, chitine, amidon et alginates)
 - b. huile
 - c. lignine
 - d. protéine
 - e. systèmes digestifs des ruminants.

Nos rêves décident, mais ils sont façonnés par nous, les humains.

[traduction]

— Earle Birney, « The Shapers : Vancouver », 1973

1 Introduction et vision

Le Canada est doté de ressources naturelles en abondance et des industries agricole, forestière et marine les plus productives au monde. Il exporte des céréales, de la viande, du poisson, du bois d'œuvre, du papier et d'autres produits vers à peu près tous les coins de la planète. Parallèlement, les secteurs canadiens de l'énergie, des transports et de la fabrication sont encouragés à accroître leur productivité, dans le respect des limites imposées par une intendance judicieuse de l'environnement, en réduisant la pollution et en particulier les émissions de gaz à effet de serre. L'exploitation des bioproduits tirés de bioressources renouvelables telles les cultures, les arbres, les animaux, la faune et la flore marines, les micro-organismes et les déchets organiques industriels et urbains, met les Canadiens au défi de tirer parti de leurs ressources et de renforcer leurs capacités afin de profiter de retombées sur les plans industriel, économique, environnemental et social.

Jusqu'à la fin du XIX^e siècle, la demande de lubrifiants et de sources de lumière était satisfaite au moyen d'huiles végétales et animales. Ces derniers ont été remplacés par des produits tirés des combustibles fossiles.

La pérennité d'une société est liée intimement à une aptitude constante à l'innovation. Elle ne vient pas de la capacité de garder toutes les ressources particulières aux générations futures, car ce serait tâche impossible, mais plutôt de sa volonté de léguer aux générations montantes les connaissances et les capitaux nécessaires pour jouir d'une qualité de vie au moins aussi bonne que la nôtre¹ sans aggraver la vulnérabilité devant les forces de l'extérieur². Cette conception de l'intendance de l'environnement offre le contexte où peuvent se réaliser des objectifs d'entreprise axés sur la fin ultime de remplir à la fois les besoins de l'économie, de l'environnement et de la société³. La Feuille de route technologique se concentre sur la disponibilité de la biomasse et les applications originales de la biotechnologie

L'Institut canadien de recherches en génie forestier élabore des moyens techniques et technologiques d'exploitation et de gestion des forêts.

¹ Bjørn Lomborg, *The Skeptical Environmentalist: Measuring the Real State of the World*, New York, Cambridge University Press, 2001, p. 119.

² David E. Minns, « Challenges for Technology, Innovation and Industry », conférence présentée lors d'un symposium au sujet de l'économie axée sur la biotechnologie, parrainé par Industrie Canada et l'Institut de chimie du Canada, Vancouver, octobre 2003.

³ Luciano Respini, président de Dow Europe, « The Corporation and the Triple Bottom Line », conférence présentée lors du symposium Euro Environnement 2000, parrainé par le ministère de l'Environnement du Danemark et le World Business Council for Sustainable Development, Aalborg, Danemark, 18 octobre 2000.

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

qui contribuent à la fois au développement durable et à la croissance. Certains produits de ces innovations sont déjà en vente sur le marché alors que d'autres en sont encore aux toutes premières étapes de la R-D.

Les Canadiens peuvent envisager l'avenir avec optimisme :

Les techniques de production durable et l'utilisation de la biomasse pour produire des carburants, des substances chimiques et des matériaux mèneront à l'accroissement des débouchés économiques et de la valeur ajoutée, à la diminution de la pollution et des émissions de gaz à effet de serre, à la création d'emplois et à l'amélioration de la qualité de la vie au Canada⁴.

L'industrie des bioproduits se sert de matières brutes renouvelables pour produire des carburants, des substances chimiques et des matériaux qui sont mis au service de l'économie entière. La plupart des entreprises de ce secteur sont petites et orientées sur des créneaux de marché, mais quelques-unes sont de grande envergure, par exemple les sociétés Cargill, Archer-Daniels-Midland et Tembec.

Une étude préliminaire réalisée par Statistique Canada a produit des données partielles sur l'industrie canadienne des bioproduits en 2001. Elle révèle qu'un nombre estimatif de 133 entreprises canadiennes fabriquent ou mettent au point des bioproduits industriels. Ces entreprises comptent 39 000 employés et ont des revenus de 15,3 milliards de dollars. En 2001, elles ont investi 598 millions de dollars en R-D et leurs exportations atteignaient 564 millions.

Vision d'ensemble

La vision d'ensemble est de faire du Canada un chef de file en technologie durable, en tablant sur son « avantage naturel », et de stimuler l'économie tout en améliorant l'environnement et en rehaussant la qualité de vie au pays par la création et la commercialisation de bioproduits et de procédés industriels à partir des abondantes ressources canadiennes en biomasse.

Avant 1920, la biomasse suffisait à remplir à peu près tous nos besoins d'énergie et de matières premières industrielles. Depuis lors, des hydrocarbures d'origine fossile, faciles d'accès et peu coûteux, sont devenus notre source principale d'énergie, de substances chimiques et de matériaux industriels. Cette économie fondée sur le pétrole a alimenté une croissance remarquable et aidé à relever notre niveau de vie, mais elle a coûté cher à l'environnement. La dépendance à l'égard des systèmes d'énergie fossile a imposé des pressions très lourdes au développement durable et à la gérance environnementale.

Tembec Chemical Products Inc. est une entreprise canadienne intégrée de produits forestiers qui fabrique des produits de bois et vend des pâtes et du papier ainsi que des sous-produits du bois à valeur ajoutée tels que des résines et des alcools.

1 Introduction et vision

De plus, l'insécurité des approvisionnements, les enjeux politiques et les déséquilibres profonds entre l'offre et la demande de combustibles fossiles font des ravages à la grandeur de l'éventail politique et économique.

Une nouvelle révolution industrielle a commencé. Nous entrons maintenant dans l'ère du « développement durable » et de la « pensée verte ». Une transformation radicale est en train de se produire et nous passons de l'énergie tirée des carbones fossiles à celle des carbones renouvelables, ou biomasse, comme matière première des secteurs énergétique et manufacturier.

L'économie « verte » axée sur la biotechnologie offre des solutions viables à une gamme de problèmes systémiques tels que le changement climatique, les polluants organiques persistants, les déchets urbains, industriels et agricoles, le déclin des industries chimiques de transformation, sans compter les graves difficultés que traversent les économies fondées sur l'agriculture et l'exploitation forestière.

L'exportation des nouvelles applications canadiennes de la biotechnologie et le rétablissement de la paix dans un bon nombre des points chauds du globe ouvrent la porte à l'amélioration des approvisionnements alimentaires dans les régions qui en ont le plus besoin, notamment l'Afrique subsaharienne et sa bande fertile entre les affluents du Nil. Malgré l'accroissement incessant de la population mondiale, la proportion de gens insuffisamment nourris pour vaquer à des tâches légères est passée de 35 p. 100 en 1971 à 18 p. 100 en 1997, et les Nations Unies prévoient qu'elle baissera encore plus pour se situer à 12 p. 100 d'ici 2010⁵.

L'un des thèmes récurrents de la Feuille de route est le potentiel qu'offre la biotechnologie d'exploiter avec profit des matières et de l'énergie tirées des résidus, dont la biomasse extraite de matières et terres sous-utilisées. La fabrication de produits secondaires ou coproduits à valeur ajoutée peut rendre viable l'extraction d'énergie à partir de déchets et de résidus. Par ailleurs, l'utilisation efficace des coproduits offre de grandes possibilités d'atteindre une meilleure synergie et efficacité dans la conversion des ressources.



Marinard Biotech Inc.
produit du chitosane à partir
des coquilles de crustacés
pour les industries du
cosmétique, des pâtes et
papiers, de l'horticulture et
de l'alimentation.

⁵ *Op. cit.* Lomborg, p. 61. Comme le fait remarquer Lomborg, le nombre absolu de personnes dans une situation aussi difficile a baissé, passant de 920 millions en 1971 à 792 millions en 1997, et devrait descendre à 680 millions en 2010. Ce chiffre demeure inacceptable, mais il faut souligner aussi que, compte tenu de l'accroissement démographique mondial depuis 1971, deux milliards d'humains de plus consomment au moins l'apport calorique minimum recommandé par les Nations Unies.

2 Élaboration de la Feuille de route technologique

L'élaboration d'une feuille de route comme la présente nécessite l'apport de nombreux intervenants, comme on le verra ci-après.

Un maître d'œuvre venu de l'industrie

Le maître d'œuvre venu de l'industrie est Rick Smith, président et directeur général de la société Dow AgroSciences. À titre de chef et client de cette grande initiative, il se sert de la Feuille de route pour recommander au gouvernement des priorités de recherche, des politiques, des mesures de réglementation, des critères de compétence professionnelle, ainsi que des plans de mise en œuvre et d'extension. Le maître d'œuvre aide notre réseau à garder sa cohésion, à concentrer son action sur le secteur industriel des bioproduits et à faire progresser l'économie axée sur la biotechnologie, tout en apportant des avantages économiques et sociaux au Canada.



Comité exécutif

Le Comité exécutif, un sous-ensemble industriel découlant du Comité directeur du projet, a pour fonction de superviser, de vérifier et d'approuver les plans, les ressources et le rapport final de la Feuille de route.

Comité directeur

Le Comité directeur, chargé d'effectuer des examens faisant intervenir un nombre relativement grand de personnes, oriente les travaux, processus d'élaboration, plans d'action et ressources de la Feuille de route, les produits des ateliers et la préparation du rapport final. Ses membres, venus surtout de l'industrie, entretiennent des liens avec le milieu de la recherche et avec des organisations non gouvernementales telles que BioProduits Canada Inc.

2 Élaboration de la Feuille de route technologique

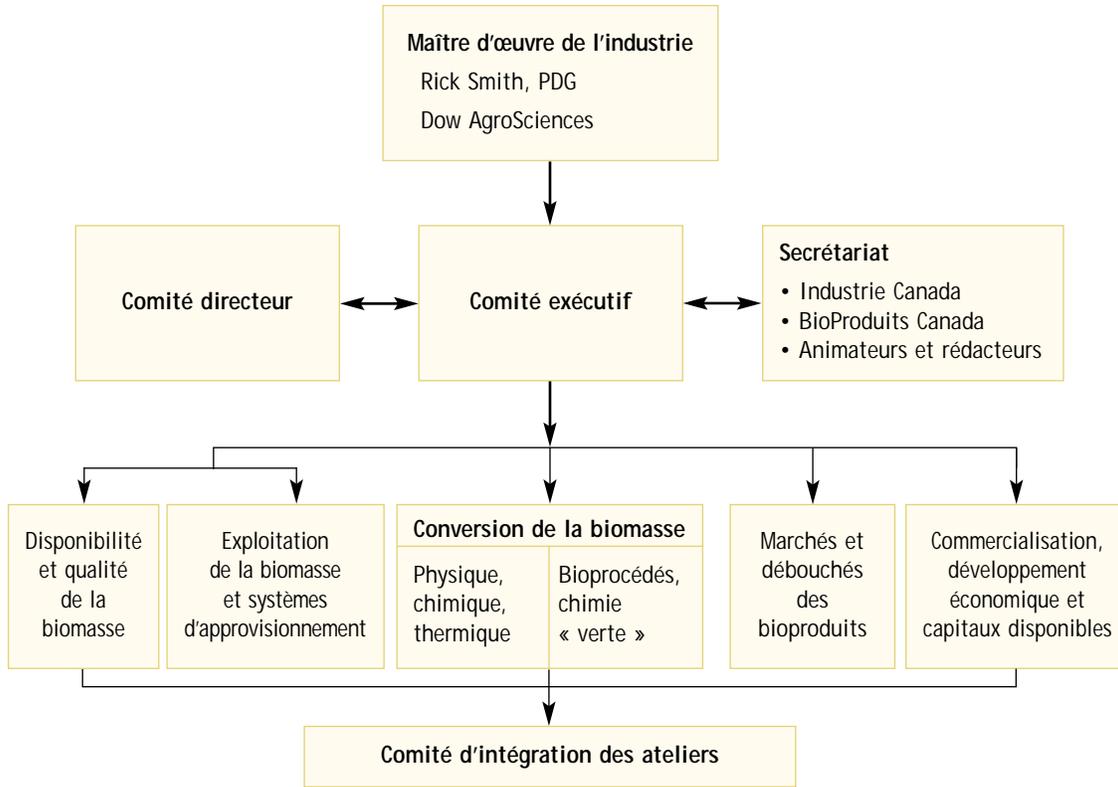
Groupes de travail

Des groupes de travail ont été mis sur pied dans les domaines suivants :

- disponibilité et qualité de la biomasse
- exploitation de la biomasse et systèmes d'approvisionnement
- technologies de conversion de la biomasse
 - conversion physique, chimique et thermique de pointe de la combustion
 - bioprocédés et chimie « verte »
- marchés et débouchés des bioproduits
- commercialisation, développement économique et capitaux disponibles
- politiques, compétences, règlements et mesures incitatives
- stratégie de communication.

Les groupes de travail se sont réunis à plusieurs reprises en personne, par téléphone ou par voie électronique. Chaque groupe a rédigé un rapport sur ses constatations, rapports qui ont servi à la préparation du présent document.

Figure 1 — Structure de gestion de la Feuille de route





3 Disponibilité de la biomasse

A l'échelle mondiale, la production annuelle de biomasse à partir de la végétation équivaut à cinq fois la consommation annuelle totale d'énergie et de produits chimiques. Le volume de carbone fossile consommé en énergie et en carburants est 10 fois plus grand que le volume utilisé pour la production de produits chimiques et de plastiques. Il est possible, et même plausible, que tous les marchés mondiaux des produits chimiques puissent être alimentés au moyen de la biomasse et qu'une grande partie des besoins planétaires en énergie et en carburants puisse être comblée par la biomasse conjuguée à d'autres sources d'énergie renouvelables telle l'énergie éolienne.

Inventaire dressé par la Fondation BIOCAP Canada

Le Canada est richement doté en bioressources naturelles. Il possède 10 p. 100 des forêts de la planète. La Fondation BIOCAP Canada estime que les réserves canadiennes de bois d'œuvre équivalent à 69 fois la consommation de combustibles fossiles du pays. Sur une base annuelle, les résidus de ressources renouvelables provenant de la foresterie, de l'agriculture et des industries manufacturières connexes équivalent à quelque 18 à 27 p. 100 de l'énergie que le Canada tire des combustibles fossiles.

La Fondation BIOCAP Canada a effectué une analyse détaillée afin d'évaluer la capacité des ressources biologiques canadiennes, en particulier l'agriculture et la foresterie, à soutenir une économie axée sur la biotechnologie. Dans une économie de ce type, les secteurs de l'agriculture et de la foresterie participent à la production à grande échelle d'énergie d'origine biologique (par exemple des carburants), ainsi que des produits chimiques industriels et des matières premières, en plus de produire des aliments pour les humains et les animaux et des fibres.

L'analyse s'est penchée sur la production forestière, la production agricole et le flux des déchets urbains.

DuPont Canada Inc. produit notamment des résines, des pellicules, des enduits de finition d'automobile, des produits de protection des cultures et des produits chimiques industriels.

L'un de ses objectifs est d'atténuer son empreinte sur l'environnement grâce à l'efficacité énergétique et aux matières premières d'origine biologique.

3 Disponibilité de la biomasse

Territoire. Sur les 998 millions d'hectares qui forment la superficie du Canada, environ 42 p. 100 sont des terres boisées dont à peu près 245 millions d'hectares, ou 25 p. 100, sont considérées des forêts propres à l'exploitation. De plus, 67,5 millions d'hectares (6,8 p. 100) du territoire canadien sont des terres agricoles, dont 36,4 millions d'hectares (ou 3,6 p. 100 du total) sont des terres cultivées.

Biomasse sur pied et approvisionnement en biomasse.

Les 245 millions d'hectares de forêts exploitables du Canada offrent des approvisionnements en carbone tiré de la biomasse d'à peu près 15 835 millions de tonnes. Le contenu énergétique de cette ressource s'élève à 566 exajoules, ce qui veut dire environ 69 fois la demande canadienne annuelle d'énergie qui est comblée par les combustibles fossiles.

Exploitation annuelle de biomasse. L'exploitation annuelle de biomasse à partir des secteurs canadiens de la foresterie et de l'agriculture se chiffre aux alentours de 143 millions de tonnes de carbone. Ce niveau est semblable à celui des émissions atmosphériques annuelles émanant des combustibles fossiles utilisés au Canada, lequel s'élevait aux environs de 150 millions de tonnes de carbone en 1998.

L'énergie tirée chaque année de la biomasse au Canada s'élève à 5,1 exajoules, ce qui équivaut à 62 p. 100 de l'énergie tirée de la combustion de combustibles fossiles. En accroissant de 25 p. 100 la production forestière et agricole du pays, on pourrait ajouter environ 1,25 exajoule par an d'énergie de biomasse, soit une quantité équivalant à peu près à 15 p. 100 de l'énergie que le Canada produit aujourd'hui à partir de combustibles fossiles.

Biomasse résiduelle. De vastes quantités de biomasse résiduelle, ou flux de carbone de résidus de biomasse, sont reliées aux activités actuelles d'agriculture et de foresterie ou à celles des zones urbaines :

- Des 66 millions de tonnes de carbone présentes annuellement dans les flux de carbone de résidus de biomasse, environ 60 millions de tonnes peuvent être considérées comme une matière première « disponible » pour l'économie axée sur la biotechnologie. Cela représente approximativement 42 p. 100 de l'ensemble de l'exploitation forestière et agricole.
- Le contenu énergétique de cette ressource de la biomasse, que des estimations prudentes situent entre 1,5 et 2,2 exajoules par an, correspond environ à 18 à 27 p. 100 de l'énergie que le Canada tirait des combustibles fossiles en 2000.



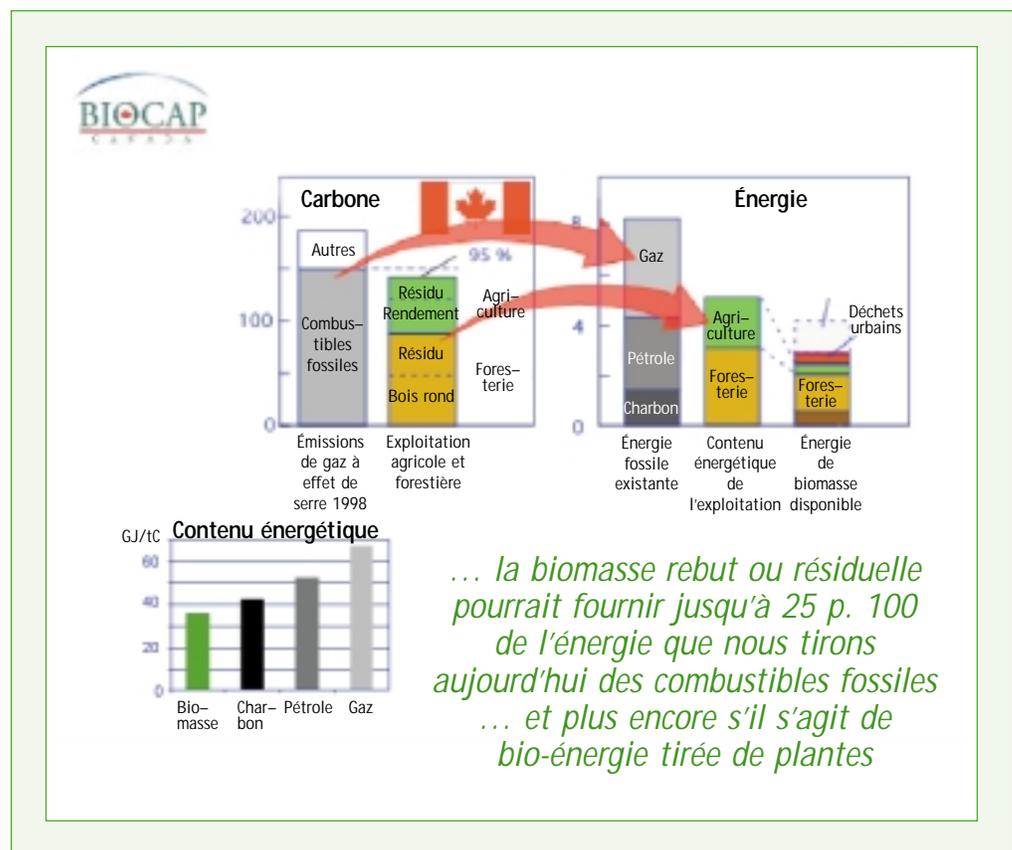
Dow AgroSciences Canada Inc. fabrique des produits antiparasitaires et biotechnologiques qui servent à améliorer la qualité et la quantité des approvisionnements alimentaires de la planète et contribuent à la santé des populations.

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

Ces données illustrent l'immense potentiel offert par les vastes ressources forestières et agricoles du Canada pour fournir des approvisionnements renouvelables et durables en énergie, produits chimiques et matières d'origine biologique, et répondre ainsi aux besoins de la société. En outre, les produits résiduels découlant des pêches et de l'aquiculture pourraient apporter des quantités considérables de substances précieuses telles que des huiles de poisson, des acides gras et de la chitine. Les possibilités offertes par la conversion d'alginate en énergie et en produits chimiques doivent faire l'objet d'études supplémentaires, mais pourraient s'avérer très intéressantes.

Une économie fondée sur les matières premières de la biomasse aiderait le pays à remplir ses engagements internationaux concernant le changement climatique tout en stimulant l'économie rurale et en encourageant l'innovation et la croissance économique. Il ne fait aucun doute que le Canada, dans ce domaine de l'économie axée sur la biotechnologie, dispose d'un « avantage naturel » par rapport aux autres pays industrialisés⁶.

Figure 2 — Potentiel énergétique du carbone de la biomasse au Canada



⁶ David B. Layzell et Susan M. Wood, *Canadian Biomass Inventory: Feedstocks for a Bio-based Economy*, rapport préparé pour Industrie Canada, Kingston, Ontario, Fondation BIOCAP Canada, 2003.

4 Technologies de conversion

La conversion de la biomasse en carburants utiles s'opère par combustion directe, ainsi qu'au moyen de procédés thermiques, chimiques et biologiques. La combustion directe fait intervenir le brûlage de biomasse non traitée, dans des chaudières ou des fournaies. Les procédés thermiques consistent à faire chauffer de la matière de biomasse. Dans les procédés chimiques, il s'agit de décomposer ou convertir des matières premières au moyen de réactions chimiques, de membranes, de catalyseurs métalliques ou d'autres technologies de séparation physique. La conversion biologique a recours à une action microbiologique pour transformer les matières de la biomasse en carburants utiles et en d'autres bioproduits.



Le cycle de la bio-énergie, décrit à la figure 3, se produit lorsque la photosynthèse et la biomasse en croissance tirent du carbone de l'atmosphère et le retournent ensuite dans l'atmosphère une fois la biomasse consommée⁷. De même, des éléments nutritifs tirés du sol au fur et à mesure de la croissance de la biomasse sont retournés dans le sol une fois consommés. Les gaz de dioxyde de carbone qui sont libérés par l'utilisation de biocarburants se soldent par une addition nette nulle ou minime dans l'atmosphère, alors que le recours aux combustibles fossiles ajoute des quantités beaucoup plus considérables de carbone dans l'atmosphère.

Cette végétation ou croissance de la biomasse, lorsqu'elle est récoltée, permet de fabriquer de l'énergie, des aliments pour humains et animaux et des bioproduits industriels fabriqués dans des usines de pétrochimie. Parmi les techniques utilisées dans les centres de bioproduction, mentionnons la conversion thermique, des procédés biologiques comme la fermentation et la conversion chimique à l'aide de membranes de séparation et de catalyseurs.

Canadian Kelp Resources Ltd. exploite une ferme d'algues brunes, vend des légumes de mer biologiques et offre des conseils sur l'industrialisation de l'algue brune.

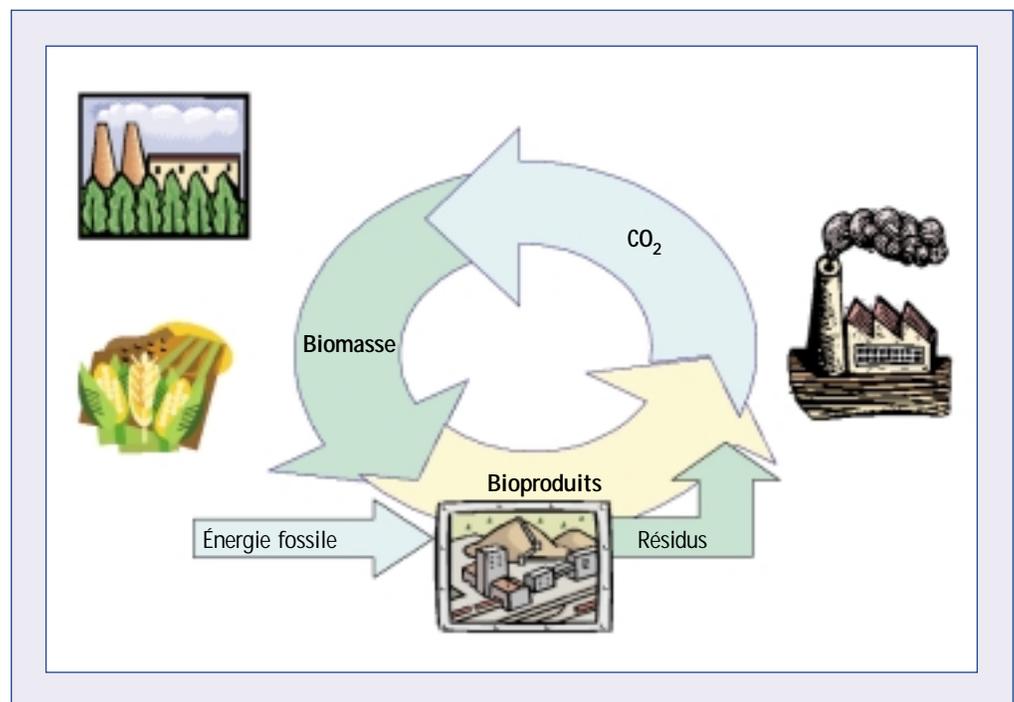
⁷ Voir le site Web de la Biomass Research & Development Initiative, à <http://www.bioproducts-bioenergy.gov>.

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

Forintek Canada Corp. élabore des solutions techniques et technologiques pour l'industrie des produits du bois.

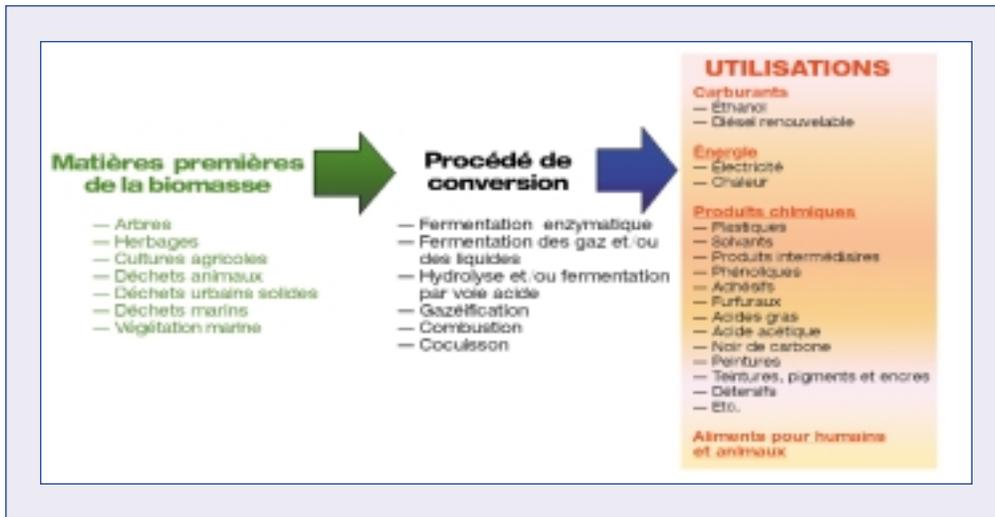
La biomasse, tout en permettant de produire de l'énergie au moyen de technologies de conversion chimique et de bioprocédés, consomme elle aussi de grandes quantités d'énergie au moment où il faut planter, fertiliser, cultiver, récolter, distribuer et transformer les cultures. C'est pourquoi la Feuille de route a donné comme un des objectifs à long terme de réduire les intrants de combustibles fossiles en recourant à des technologies de bio-énergie plus efficaces et en recyclant dans le sol et la nature les substances nutritives présentes dans les sous-produits et résidus biologiques.

Figure 3 — Cycle de la bio-énergie



Source : préparé par Acton White Associates Inc., Ottawa, 2004.

Figure 4 — La nouvelle bioraffinerie industrielle



Source : adapté de documents du ministère de l'Environnement des États-Unis, Washington, DC, février 2004.

Catalyseurs

Les catalyseurs occupent une place de plus en plus importante dans les entreprises de fabrication. La catalyse est le procédé par lequel des réactions chimiques sont accélérées ou ralenties par l'ajout d'une substance qui n'est pas transformée par la réaction. La catalyse réduit la quantité d'énergie nécessaire pour activer un procédé, et elle fait donc baisser la demande d'énergie. La synthèse chimique par catalyse est à la base de 60 p. 100 des produits chimiques et de 90 p. 100 des procédés chimiques. Des progrès généraux réalisés dans le domaine de la catalyse pourraient avoir des répercussions positives importantes sur l'industrie chimique du Canada et aussi en ce qui concerne les procédés chimiques utilisés dans la fabrication et l'exploitation minière.

La catalyse fait appel à des substances chimiques, à des métaux ou à des enzymes. Lorsque des enzymes sont utilisés comme catalyseurs, l'opération porte le nom de biocatalyse. La biocatalyse se définit aussi plus communément comme le recours à des systèmes biologiques ou à leurs composants pour réaliser la synthèse ou la transformation chimique.



Domtar Inc. met au point des procédés de séparation et enzymatiques afin d'épargner de l'énergie dans le secteur des pâtes et papiers et dans d'autres segments de l'industrie de la fabrication.

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

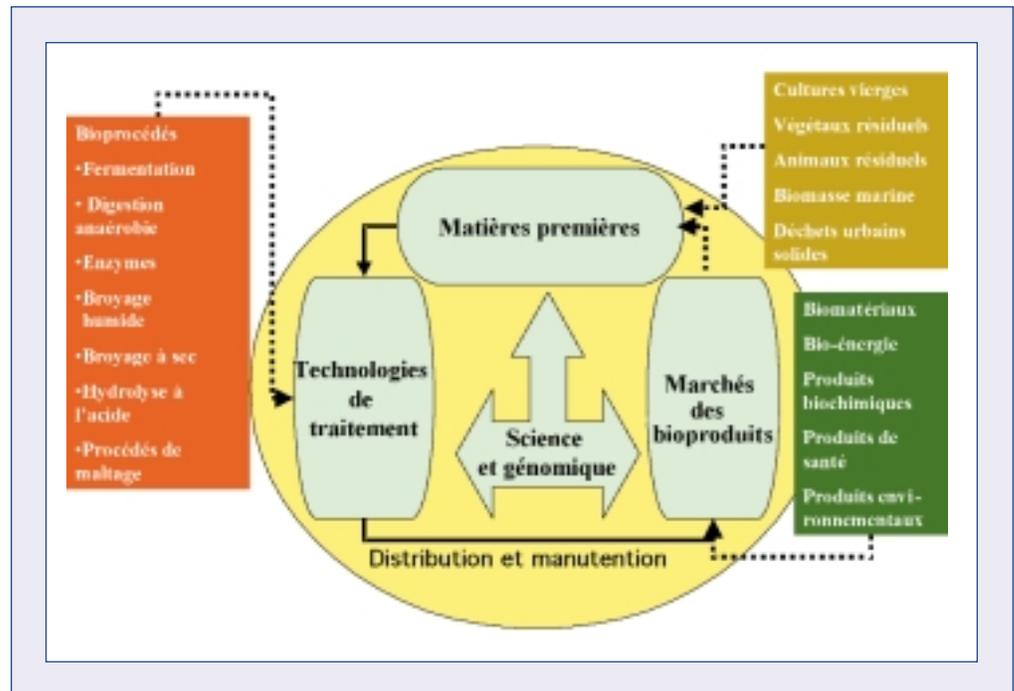
Les catalyseurs chimiques et métalliques sont essentiels à la production du biodiésel. La biocatalyse, pour sa part, sert aux processus digestifs anaérobies et à de nombreux autres procédés de fabrication.

Les pages suivantes décrivent des procédés biologiques et chimiques. Dans certains cas, la distinction entre procédé chimique et procédé biologique est nette.

Bioprocédés

Plusieurs bioprocédés sont présentés à la figure 5. Les figures 6 et 7 montrent la chaîne de valeur des technologies et des produits de l'éthanol.

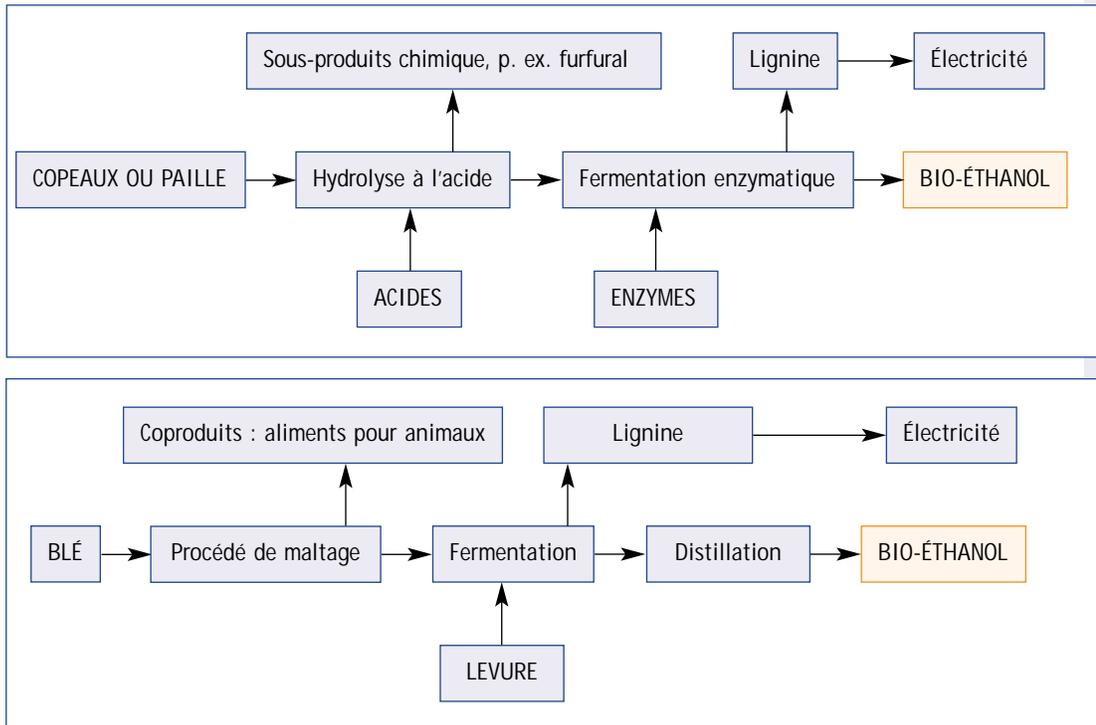
Figure 5 — Chaîne de valeur générique des bioprocédés



Source : préparé par Acton White Associates Inc., Ottawa, 2004.

4 Technologies de conversion

Figure 6 — Chaînes de valeur des produits du bio-éthanol



Source : Ministère des Transports du Royaume-Uni, *International Resource Costs of Biodiesel and Bioethanol*, Londres, R.-U.

De nouvelles technologies ont été perfectionnées dans le but de tirer avec plus d'efficacité de l'éthanol de matières premières telles que des résidus de l'agriculture et de la foresterie, des déchets urbains solides, d'autres rebuts industriels et des végétaux cultivés uniquement pour leurs propriétés de production d'énergie⁸.

Au Canada, dans toutes les provinces à l'ouest du Nouveau-Brunswick, un nombre estimatif de 1 000 détaillants vendent de l'essence mélangée à de l'éthanol. Environ 7 p. 100 de l'essence vendue au Canada est mélangée à de l'éthanol⁹. La production annuelle actuelle de 5 installations canadiennes de production d'éthanol est de 240 millions de litres, dont 65 millions de litres d'éthanol industriel et 175 millions de litres d'éthanol-carburant. Chaque année, le Canada importe de 90 à 100 millions de litres d'éthanol des États-Unis. La plus grande part de ces importations est destinée à l'Ontario et au Québec.

L'industrie canadienne de l'éthanol évalue en ce moment plus de 10 propositions basées sur des technologies actuelles. Elle étudie aussi

Dow Bioproducts Ltd.
produits des matériaux de
construction en fibres
végétales.

⁸ Voir le ministère de l'Énergie des États-Unis, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, « History of Biofuels », au site Web <http://www.ott.doe.gov/biofuels/>.

⁹ http://www.climatechange.gc.ca/francais/newsroom/2003/bg_ethanol.asp

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

sérieusement quelques propositions visant la production d'éthanol à partir de matières végétales cellulosiques. Les installations connexes de production devraient être en exploitation entre 2006 et 2010, ce qui veut dire que la production canadienne d'éthanol-carburant s'élèverait à plus de 1,4 milliard de litres par an en 2010. Si tout cet éthanol était consommé au Canada, 35 p. 100 de l'essence utilisée répondrait à la norme de qualité E-10 que le Plan du Canada sur les changements climatiques se propose d'instaurer en 2010.

Le recours à l'éthanol pour remplacer 1,2 milliard de litres d'essence de source fossile permettrait de réduire de 3 millions de tonnes les émissions de carbone ou de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, une diminution qui équivaut à 3 p. 100 des émissions d'essence de l'industrie canadienne des transports.

La production d'éthanol comporte habituellement la conversion d'amidons de maïs, de blé et d'orge en sucre, suivie de la fermentation de ce sucre pour en faire de l'éthanol. La production d'éthanol des États-Unis se chiffre actuellement aux environs de 10 milliards de litres par an dans 76 installations. Si le projet de loi américain sur l'énergie est adopté, l'objectif de production visé sera de 19 millions de litres d'éthanol en 2012.

L'éthanol fabriqué à partir de matières premières cellulosiques promet des réductions encore plus remarquables des émissions de gaz à effet de serre que ne le permet l'éthanol à base de céréales. La cellulose est tirée de produits forestiers et de procédés agricoles, ce qui en fait le biomatériau le plus abondant au Canada. La recherche progresse sur une technologie de la cellulose pour produire de l'éthanol à partir de résidus agricoles, comme la paille et les éteules de maïs, d'herbages réservés à cette fin et de produits forestiers tels que résidus de bois ou de plantations à courte rotation¹⁰.

La cellulose est utilisée traditionnellement pour fabriquer des produits de papier, des tissus non tissés et des isolants. Des transformations secondaires ont mené à des produits de valeur ajoutée supérieure tels que matières absorbantes pour couches de bébés; fils textiles; pellicules de plastique; enduits brillants; additifs alimentaires; et matériel de renforcement des fibres de carbone. La cellulose est idéale pour la fabrication du papier parce que les liens de polysaccharide qu'elle contient forcent la chaîne de cellulose à acquérir une orientation droite et rigide. La liaison hydrogène entre les chaînes permet de créer les feuilles plates ou joncs qui renforcent ou stabilisent le papier.

Les structures de cellulose survivent aux procédés de fabrication des pâtes de papier, lesquels font appel à une digestion chimique agressive et à des

Casco Inc. fabrique des produits tirés du maïs — amidons, sucres fermentables, édulcorants, aliments pour animaux et huiles — utilisés par plus de 60 industries.

DynaMotive Energy Systems élabore des technologies de pyrolyse qui permettent de convertir les résidus ligno-cellulosiques en bio-huiles, carbone, biogaz et autres produits.

¹⁰ *Ibid.*

4 Technologies de conversion

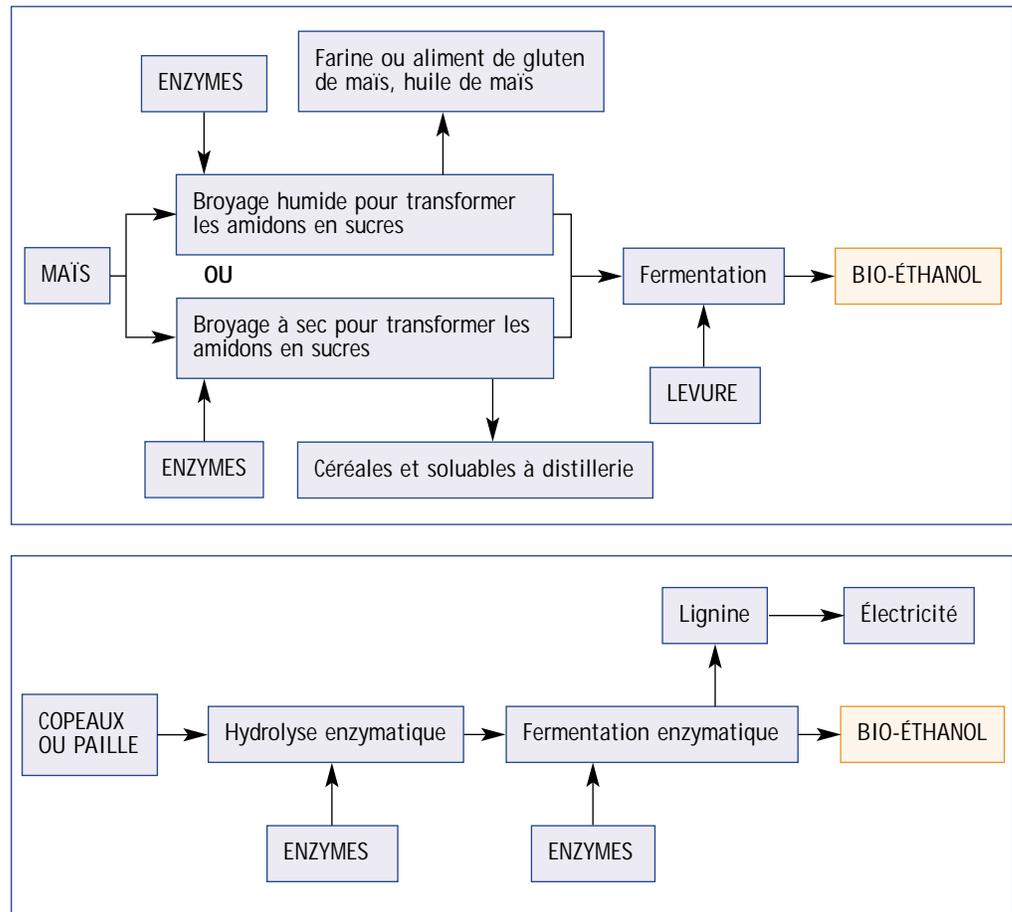
températures élevées. Les méthodes d'isolation utilisées pour la transformation de la cellulose au Canada produisent de la biomasse résiduelle qui, ensuite, produit suffisamment de bio-énergie de procédé pour effectuer l'isolation de la cellulose et la récupération chimique. En ce qui a trait à la récupération de la cellulose et à l'efficacité énergétique, il faudra perfectionner au plus haut point les procédés établis de fabrication des pâtes tels que ceux des pâtes au bisulfite et des pâtes kraft, au moyen de technologies nouvelles, pour que la cellulose conserve son avantage par rapport aux produits tirés de dépôts fossiles. Les systèmes de traitement des produits forestiers utilisent les résidus de biomasse pour obtenir de l'énergie et des coproduits; les usines de papier kraft, à titre d'exemple, sont autosuffisantes sur le plan énergétique, ou le sont presque. Cependant, il existe d'autres sources de résidus de biomasse qui doivent être identifiés par des vérifications, tel que la récupération de fibres cellulosiques provenant d'effluents de pâtes et papiers et la conversion à des carburants issus de « poussières » d'origine biologique.

Les technologies naissantes font appel à la propriété naturelle qu'a la cellulose de s'autoassembler à l'échelle moléculaire pour lancer une troisième génération fort intéressante de biomatériaux cellulosiques. Derek Gray, de l'université McGill de Montréal, a découvert des matériaux optiques et des cristaux liquides cellulosiques. Derek Gray et Laurent Heux, du Centre national de recherche scientifique de Grenoble en France, ont effectué des recherches sur des microcristaux chiral-nématiques cellulosiques à ordonnancement automatique et leur interaction avec la lumière. Cette nouvelle technologie des biomatériaux mène à de nouvelles voies de communication qui peuvent acheminer plus de renseignements que ne le font les fibres optiques ou les dispositifs de commutation optique. You-Lo Hsieh de l'Université de Californie à Davis a mis au point des nanofibres cellulosiques à fonctionnement biologique et des réseaux poreux de nanofibres de carbone dérivées de la cellulose qui pourraient mener vers des technologies de membranes sélectives pour des séparations moléculaires dirigées, la séquestration d'hydrogène et le partitionnement des ions.

La demande de polymères à base naturelle augmente à un rythme accéléré parce que les produits chimiques d'origine fossile sont de plus en plus coûteux et de plus en plus rares. Le gouvernement des États-Unis a récemment proposé des règles stratégiques, pour les approvisionnements fédéraux, selon lesquelles les achats contiendraient une plus grande part de bioproduits dont un minimum de 50 p. 100 fibres naturelles et de 10 à 40 p. 100 de plastiques de source naturelle. Cette politique fera monter d'autant la demande et la valeur de la cellulose comme biomatériau.

Lorama Chemicals Inc.
fabrique des résines de
polysaccharide qui servent
à modifier les formules de
verniss décoratifs afin de
réduire le coût des matières
premières utilisées pour
produire des enduits.

Figure 7 — Chaînes de valeur des technologies du bio-éthanol



Source : Ministère des Transports du Royaume-Uni, *International Resource Costs of Biodiesel and Bioethanol*, Londres, R.-U.

Iogen Corporation crée des produits à base d'enzymes pour les secteurs des pâtes et papiers, des textiles et des aliments pour animaux. Elle est aussi chef de file des technologies de production de carburants propres à partir de fibres végétales.

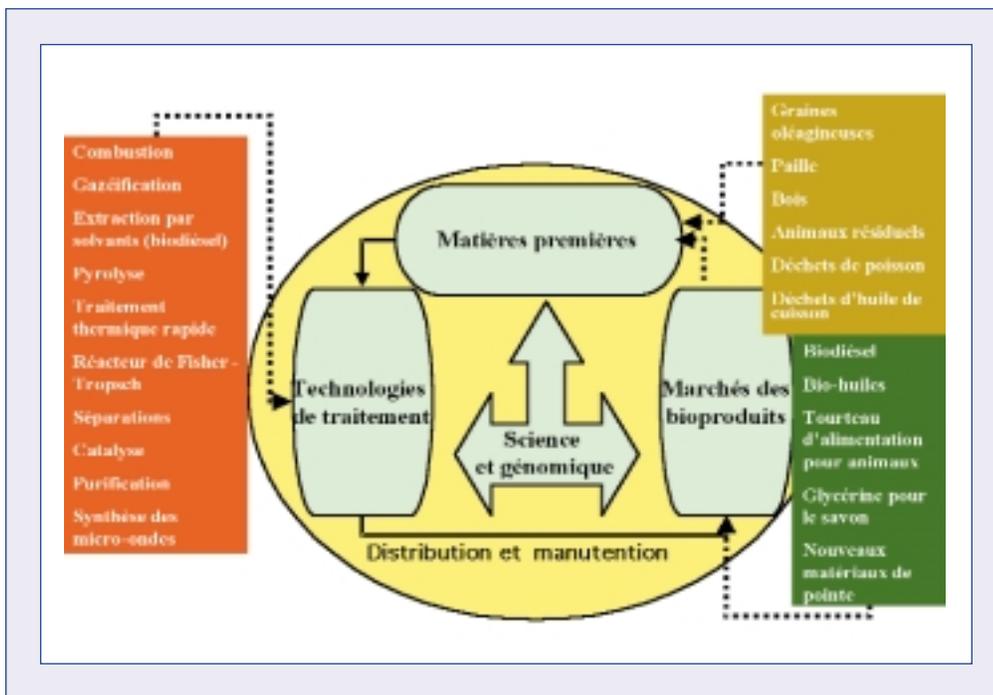
Conversions chimiques

La biomasse peut aussi se convertir en carburants utiles par combustion directe ainsi que par des procédés thermiques et biologiques. La combustion directe fait intervenir le brûlage d'éléments de biomasse non traités, dans des chaudières ou des fournaies. Les procédés thermiques font appel au chauffage d'éléments de la biomasse. Quant à la conversion biologique, elle se sert d'une action enzymatique et microbiologique pour convertir des éléments de biomasse en carburant utile ou en eau potable. La combustion directe est une méthode couramment utilisée pour exploiter l'énergie contenue dans la biomasse. Elle consiste à faire brûler des éléments de biomasse, y compris des résidus de bois et des déchets urbains solides, dans des chaudières ou des fournaies. La vapeur ainsi produite sert ensuite à générer de l'électricité.

4 Technologies de conversion

Lorsque l'on extrait des substances chimiques de la biomasse, la teneur en humidité de la biomasse empêche le recours à la combustion directe. La biomasse peut être concassée, compressée ou agglomérée pour faciliter le transport et la combustion. Les cendres qui restent après la combustion de la biomasse doivent être mises au rebut. La figure 8 montre un diagramme des principales technologies chimiques et thermiques.

Figure 8 — Chaîne de valeur de la combustion directe et des procédés thermiques et chimiques



Biodiésel

Le biodiésel est produit par une réaction chimique de l'alcool avec des huiles ou des graisses végétales. Le processus de conversion est facilité par des catalyseurs de carbonate de métal ou d'autres catalyseurs chimiques. La production du biodiésel fait aussi appel à l'estérification des graisses et des huiles. L'estérification est le mélange chimique d'esters méthyliques et d'acide gras provenant des triglycérides. La graisse et l'huile sont mélangés à du méthanol et à un catalyseur, de l'hydroxyde de sodium. La circulation et l'action de mélanger aident la réaction à se rendre à bonne fin en donnant généralement environ 95 p. 100 de conversion en esters méthyliques ¹¹

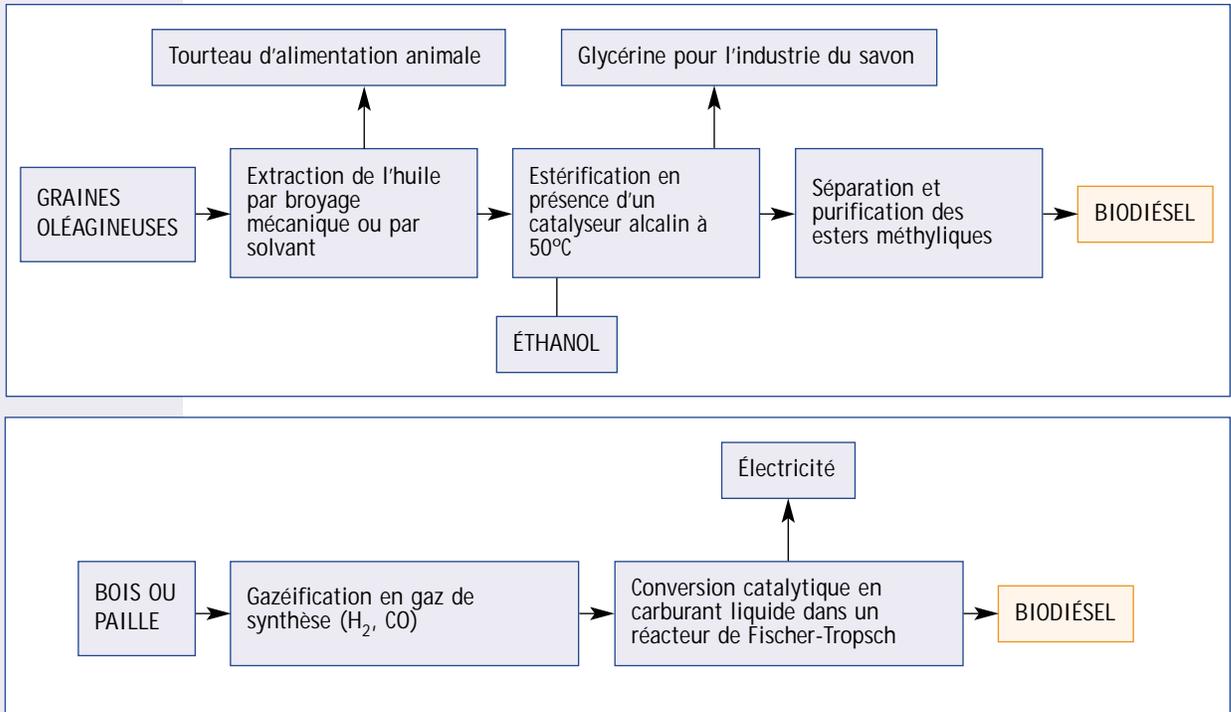
Biox Corporation cherche à produire du biodiésel de haute qualité, à partir d'huiles végétales et animales.

¹¹ *Biodiesel Production*, John W. Goodrum et Daniel Geller, Biological and Agricultural Engineering Department, University of Georgia, 2003.

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

Les techniques de production du biodiésel sont présentées à la figure 9.

Figure 9 — Chaînes de valeur du biodiésel



Source : Ministère des Transports du Royaume-Uni, *International Resource Costs of Biodiesel and Bioethanol*, Londres, R.-U.

Ensyn Technologies Inc. élabore des techniques de pyrolyse qui convertissent les résidus lignocellulosiques en bio-huiles, en résines, en charbon de bois, en biogaz et en d'autres produits.

La pyrolyse est un procédé servant à produire des bio-huiles. Elle fait intervenir la dégradation irréversible des composites organiques contenus dans la biomasse, des polymères lignocellulosiques pour la plupart, en l'absence totale ou presque complète de tout oxygène, pour fabriquer des produits comme les bio-huiles, le charbon de bois, les bio-gaz et d'autres produits. L'industrie de l'acier est à la recherche d'énergie tirée de la biomasse et des matières premières à base de carbone.

Membranes

La recherche sur les membranes porte principalement sur des applications de traitement non thermique et des cycles de procédés de raffinage, de purification et de concentration. Les membranes offrent aux industries manufacturières des procédés efficaces en énergie, qui ont besoin de moins grandes quantités de substances chimiques pour fabriquer des produits de haute qualité et à valeur ajoutée. Les techniques de séparation par membrane, utilisant des solvants et un traitement catalytique, peuvent réduire la nécessité de recourir à des applications thermiques. Le produit fini est souvent moins coûteux, moins polluant en émissions et moins énergivore¹².

Produits biochimiques

Le secteur de la biochimie fabrique une vaste gamme de produits chimiques en vrac ou de spécialité qui sont utilisés comme suit :

- ingrédients pour la synthèse d'autres produits chimiques
- monomères pour la production de polymères et de résines
- adhésifs
- lubrifiants
- surfactants
- agents antiparasitaires
- peintures et enduits
- pigments et encres
- ingrédients de cosmétiques, de parfums et d'aliments
- éléments de produits pharmaceutiques et d'appareil médicaux
- engrais.

Il se fabrique chaque année, aux États-Unis, quelque 730 milliards de livres (330 000 tonnes) de produits chimiques; au Canada, c'est 60 milliards de livres (27 000 tonnes).

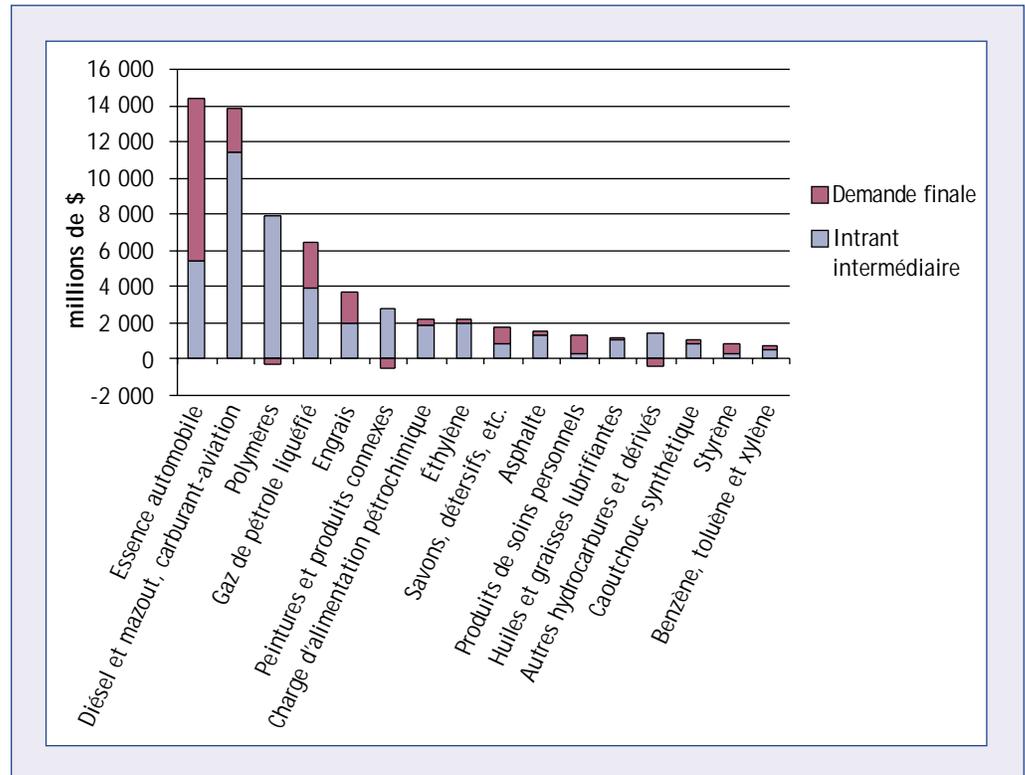
Nexia Biotechnologies Inc. fabrique des protéines recombinantes complexes sous forme de biomatériaux, de biopolymères et de produits biopharmaceutiques aux applications industrielles et médicales. Son biopolymère le plus avancé est le BioSteel, une soie recombinante d'araignée.

¹² Pour plus amples renseignements, consulter le site Web de l'Institut de technologie des procédés chimiques et de l'environnement, au Conseil national de recherches du Canada, à http://icpet-itpce.nrc-cnrc.ca/recherche_mf_me.html.

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

La figure 10 énumère certains des principaux produits chimiques organiques qui sont fabriqués au Canada et pourraient être produits à partir de la biomasse plutôt que de combustibles fossiles.

Figure 10 — Principaux produits chimiques canadiens en 2000

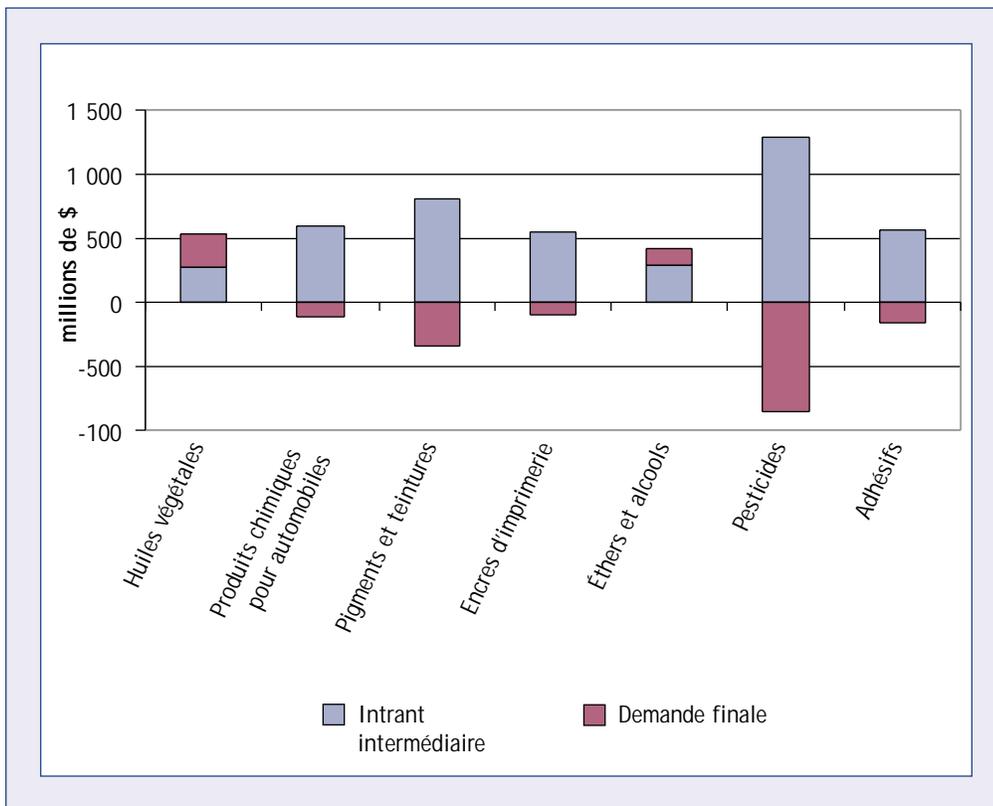


Source : adapté de Statistique Canada, données d'entrées-sorties.

4 Technologies de conversion

D'autres produits chimiques importants qui pourraient être tirés des matières premières de la biomasse sont énumérés séparément, à la figure 11, parce que leurs volumes de production étaient sensiblement plus bas que ceux des produits de la figure 10. Ils n'en représentent pas moins des débouchés intéressants pour les bioproduits.

Figure 11 — Autres marchés importants des produits chimiques qui ont de l'intérêt pour la bio-usine



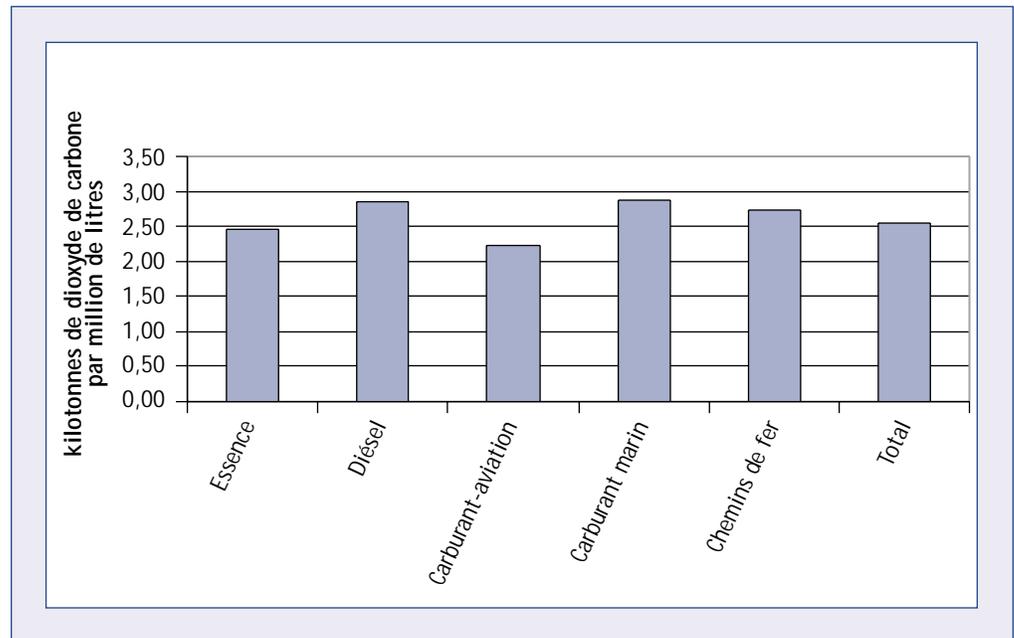
Source : adapté de Statistique Canada, données d'entrées-sorties.

Un argument clé en faveur de la fabrication de produits chimiques à partir de matières premières tirées de la biomasse tient au fait que les végétaux, pendant leur croissance de photosynthèse, consomment du carbone qui se trouve dans l'atmosphère. Par conséquent, les émissions nettes de carbone qui se dégagent au moment de la combustion des biocarburants sont nulles même s'il y a d'autres émissions de gaz à effet de serre.

Robustion produit des bûches de foyer à partir de marc de café recyclé.

La figure 12 montre les émissions de carbone se dégageant de divers carburants d'origine fossile utilisés pour le transport.

Figure 12 — Émissions de carbone de carburants d'origine fossile utilisés pour le transport



Source : données tirées du site Web du gouvernement du Canada sur le changement climatique (<http://www.climatechange.gc.ca/francais/default.asp>).

Biomatériaux

Le secteur des biomatériaux produit, à partir de la biomasse, des fibres, plastiques et résines qui sont utilisés pour fabriquer :

- des matériaux de construction
- des composites pour l'automobile et l'aérospatiale
- des membranes de pointe
- des appareils biomédicaux
- des textiles
- du matériel d'emballage et des contenants.

Les biomatériaux ont des segments de marché très divers dont ceux des matériaux de construction, des composites pour l'automobile et l'aérospatiale et des textiles industriels. Le marché global mondial des biomatériaux destinés à la construction d'automobiles et d'aéronefs est basé principalement sur les plastiques et les composites. L'un des moteurs puissants de l'industrie des biomatériaux est le remplacement des fibres de verre dans les plastiques composites utilisés par le secteur de l'automobile et celui de l'aérospatiale.

5 Difficultés et contraintes

En juin 2003, la société Bio-Products Saskatchewan Inc. a effectué un sondage auprès de 168 entreprises de fabrication de bioproduits. Le taux de réponse s'est avéré faible (11 p. 100), mais les résultats sont intéressants et sont résumés ci-après.

De l'avis de 80 p. 100 des répondants, les règles internationales ne constituent pas une entrave sérieuse; les autres 20 p. 100 sont préoccupés par la réglementation restrictive adoptée par le Japon et par une taxe imposée par le Mexique sur les sirops de maïs enrichis de fructose.

Les deux tiers des répondants déclarent que les règlements fédéraux ne sont pas restrictifs, alors que l'autre tiers trouve restrictives les autorisations environnementales exigées concernant les demandes de commercialisation de technologies nouvelles. Les règles prescrites par la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* sont jugées restrictives pour ce qui est de la mise au point de l'utilisation des applications microbiennes des bioproduits¹³.

Selon 87 p. 100 des répondants, les règlements provinciaux ne sont pas restrictifs et leur respect ne pose aucune difficulté. Les règles municipales sont aussi jugées comme ne constituant pas un obstacle.

En ce qui concerne les incidences des normes de l'industrie sur l'exploitation de leurs entreprises, 73 p. 100 des répondants indiquent que ces normes n'ont aucun effet; les autres 27 p. 100 disent en subir des conséquences négatives, et ce pour les raisons suivantes :

- l'absence de normes industrielles pour la qualité de la paille et de la fibre de lin
- l'obligation de recourir à des techniques de construction et des technologies d'origine américaine
- les règlements rigoureux imposés par la société locale d'électricité¹⁴.

De plus, les participants à l'atelier se sont dits préoccupés du fait qu'il y a trop peu d'inspecteurs aux postes frontaliers clés américains pour s'occuper du trafic et que cela pose une barrière non tarifaire à l'exportation de biens périssables, comme les sucres fermentescibles.

¹³ Stuart Smyth, *A Preliminary Analysis of the Barriers to the Development of the Bio-Products Industry in Canada*, Bio-Products Saskatchewan Inc., octobre 2003.

¹⁴ *Ibid.*

Questions de financement

Tous les répondants disent avoir de la difficulté à obtenir des capitaux. Selon elles, les établissements financiers de prêt voient l'industrie des bioproduits comme trop jeune et trop risquée pour intéresser les investisseurs. Voici certains des facteurs de risque mentionnés :

- la nouveauté de la technologie
- la nouveauté des produits
- la nouveauté des marchés
- la nouveauté de l'entreprise.

Vu que de nombreuses entreprises en sont aux premiers stades de la commercialisation, un certain nombre de répondants croient que les établissements financiers ne sont pas réalistes lorsqu'ils exigent que l'entreprise ait déjà des volumes de vente élevés.

À la question de savoir si elles ont de la difficulté à trouver des fonds auprès des programmes d'investissement du gouvernement, 60 p. 100 des personnes interrogées répondent par l'affirmative. Leurs commentaires explicatifs, très divers, se résument comme suit :

- Le processus de demande est difficile.
- Les fonds vont surtout à la recherche pure, et peu à la faisabilité des produits.
- Il est presque impossible, parfois, de respecter l'exigence de 50 p. 100 de fonds de contre-partie.
- Il est difficile de trouver des fonds pour la recherche fondamentale¹⁵.

Autres obstacles

Le sondage demandait aux industriels de quelle manière ils aidaient le Canada à remplir ses engagements relatifs à l'Accord de Kyoto. Voici quelques-unes des réponses données :

- en réduisant les émissions de gaz à effet de serre
- en accroissant le piégeage du carbone dans les végétaux
- en diminuant le brûlage de la paille de lin et en abaissant les émissions de dioxyde de carbone.



5 Difficultés et contraintes

Dans l'ensemble, les répondants sont d'avis que les gouvernements, pour faciliter le développement du marché des bioproducts, devraient se livrer aux activités suivantes :

- mettre sur pied des programmes de sensibilisation du public
- aider l'industrie au moyen d'une prime environnementale à l'utilisation de produits transgéniques
- instaurer des politiques propres à favoriser la commercialisation des nouveaux fruits de la R-D
- offrir de meilleurs incitatifs fiscaux
- encourager l'industrie et le gouvernement à mieux collaborer
- appuyer les mesures prises pour protéger l'environnement.

Les personnes interrogées mentionnent que les obstacles suivants se posent tout particulièrement au développement de bioproducts ou de bioprocédés:

- connaissance insuffisante des marchés
- manque de capital et de financement à toutes les étapes de la croissance de l'entreprise
- absence de normes claires dans certains domaines de l'industrie
- incertitude quant aux critères futurs d'admissibilité aux crédits liés au carbone.



6 Objectifs de la Feuille de route

L'étude réalisée par la Fondation BIOCAP Canada conclut que les résidus annuels de biomasse sont l'équivalent de 18 et 27 p. 100 des combustibles fossiles utilisés à chaque année dans ce pays.

L'exploitation de la biomasse disponible permettrait au Canada d'assurer toute sa production actuelle de substances chimiques organiques et une bonne part de ses besoins en carburants liquides.

La biomasse à base de cellulose sera éventuellement une source prédominante de biocarburants, de produits biochimiques et de biomatériaux. En Amérique du Nord, une part importante du maïs et du soja cultivés est déjà utilisée à des fins industrielles. De nouvelles variétés de maïs et le réchauffement planétaire pourraient agrandir la zone de culture du maïs.

Le Plan du Canada sur les changements climatiques de 2000 fixe les objectifs de production suivants :

- 1,4 milliard de litres d'éthanol d'ici 2010 (partant de 200 millions de litres en 2001)
- 500 millions de litres de biodiésel d'ici 2010 (partant de pratiquement rien en 2001).

Une tonne de biomasse de cellulose sèche donne quelque 350 litres d'éthanol, et environ la moitié de la biomasse sera faite d'un résidu de lignine. Par conséquent, 1,4 milliard de litres d'éthanol venu de la cellulose pourraient donner 2 millions de tonnes de lignine résiduelle convertible en matière première chimique. Les stocks résiduels offrent à la R-D la possibilité de découvrir des sous-produits commercialisables qui apporteront des revenus supplémentaires au flux de production entier et feront ainsi baisser les coûts globaux de production du biocarburant.

Cibles de la recherche-développement

Dans le cas qui nous occupe, la R-D a pour cible de réduire d'au moins 50 p. 100 le coût des technologies et des systèmes d'exploitation de la biomasse et de sa conversion en bioproduits et en bio-énergie. L'atteinte d'une telle cible nécessitera, entre autres choses, l'acquisition d'une forte

6 Objectifs de la Feuille de route

capacité de découvrir et d'optimiser des biocatalyseurs enzymatiques, ainsi que de concevoir et de perfectionner des systèmes de traitement de la biomasse qui utilisent ces biocatalyseurs.

Voici une liste possible de travaux de R-D que les ministères et organismes fédéraux à vocation scientifique pourraient entreprendre :

- Le Conseil national de recherches du Canada, le Service canadien des forêts, Agriculture et Agroalimentaire Canada et d'autres ministères et organismes axés sur la science pourraient unir leurs efforts à ceux d'Industrie Canada et du réseau de la Feuille de route d'innovation et se doter de capacités nationales de R-D en vue d'élaborer et de commercialiser les bioproduits industriels (biocarburants, produits biochimiques et biomatériaux).
- Agriculture et Agroalimentaire Canada pourrait, à partir de ses travaux actuels sur les bactéries dans les ruminants, créer une série d'enzymes capables de décomposer la lignine en ses constituants, des composés aromatiques et phénoliques.
- Agriculture et Agroalimentaire Canada pourrait déterminer et développer une espèce cultivée industrielle qui produit de grandes quantités de biomasse et qui résiste aux parasites et à la sécheresse (par exemple, de la moutarde pour l'huile, de la triticales, pour les amidons et les sucres, du lin pour les fibres et l'huile).
- Le Service canadien des forêts pourrait élaborer des pratiques de gestion forestière et créer un plus grand nombre de variétés d'arbres qui résistent aux parasites et à la sécheresse, et accroître ainsi de 25 p. 100 la productivité des forêts aménagées du pays, y compris des plantations forestières et des politiques reliées au combustible forestier.
- Pêches et Océans Canada pourrait repérer de nouvelles espèces marines qui pourraient servir de base à des produits chimiques et des matériaux non conventionnels.
- Le Conseil national de recherches du Canada pourrait créer des outils pratiques destinés aux chercheurs et aux entreprises et servant à évaluer la viabilité des produits, des procédés et des systèmes de production pendant tout le processus de recherche et d'innovation, depuis la conception jusqu'à la commercialisation.



Objectifs de l'industrie des bioproduits

La Feuille de route décrit les principales façons de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de produits chimiques toxiques en utilisant des matières premières tirées de la biomasse, en adoptant des techniques de transformation de la biomasse économes et en regroupant la production industrielle en grappes éco-industrielles. L'objectif est que, parmi les gaz à effet de serre qui peuvent être éliminés, les biocarburants en fassent disparaître 10 p. 100 (16 millions de tonnes de dioxyde de carbone par année) et que l'industrie chimique de transformation diminue de 33 p. 100 sa consommation d'énergie (équivalant à 7 millions de tonnes de dioxyde de carbone par année). Pour atteindre ces objectifs, il faudra effectuer de la recherche et de la planification, observer et améliorer le rendement, de même que bien comprendre les limites qu'imposent l'exigence de durabilité.

Deux scénarios ont été présentés, celui de « continuer comme si de rien n'était » et un « rajustement de la politique » sur les biocarburants et les bioproduits pour que ce secteur stratégique connaisse une croissance rapide. Le premier scénario prévoit une légère croissance des biocarburants et des produits industriels et le deuxième, une croissance annuelle du secteur de l'ordre de 12 à 15 p. 100. Ces scénarios sont présentés au tableau 1.

Près de la moitié de la croissance s'est produite dans les régions rurales et les communautés avoisinantes, et était liée non seulement à l'approvisionnement et au prétraitement de matières premières, mais également au développement de bioraffineries, comme celle exploitée par Cargill-Dow, qui utilise le maïs pour produire 140 000 tonnes de plastique à base d'acide polylactique à Blair, au Nebraska. Outre l'exportation de bioproduits, les entreprises canadiennes ont exporté des systèmes de traitement de la biomasse clé en main et des services reliés à leur conception, à leur construction et à leur développement futur.

Les objectifs précis de l'industrie sont présentés ci-dessous au tableau 1.

6 Objectifs de la Feuille de route

Tableau 1 — Objectifs de l'industrie des bioproduits pour 2010

	Biocarburants	Produits biochimiques	Biomatériaux
Croissance annuelle des revenus	15 %	12 %	14 %
Priorités relatives aux marchés	Pénétration du marché nord-américain des carburants de transport (éthanol 10 % et biodiésel 5 %).	Lier les chaînes de valeur agricoles et forestières aux nouveaux produits chimiques plates-formes.	Matériaux de construction (carton paille, panneaux de fibre, fibres, résines) pour les marchés intérieurs et d'exportation.
Objectifs commerciaux	<p>Mise en œuvre complète de la technologie de la société Iogen pour produire de l'éthanol à partir de la paille.</p> <p>Conception d'installations de production d'éthanol de cellulose pour fermenter des sucres et fabriquer de l'éthanol et des produits chimiques plates-formes.</p> <p>Démonstration à l'échelle industrielle des technologies BIOX et Rothsay de production de biodiésel.</p>	<p>Acquisition de la capacité de fabriquer des millions de tonnes par an de produits chimiques plates-formes (sucres, acide lactique, etc.) à des coûts concurrentiels à l'échelle internationale.</p> <p>Mise sur pied d'au moins une nouvelle grande usine produisant des polymères à partir de sucres ou des produits chimiques plates-formes à partir d'huiles.</p> <p>Mise sur pied d'au moins une nouvelle grande usine de pyrolyse du bois produisant des composants de phénol pour la fabrication de résines adhésives.</p>	<p>Établissement (ou attraction au Canada) d'au moins un grand producteur de bioplastiques à partir de sucres ou d'huiles comme matières premières.</p> <p>Deux ou trois fournisseurs de pièces d'automobile ou d'aéronef (p. ex., Magna, Bombardier) commenceront à utiliser des fibres de lin et de chanvre pour remplacer la fibre de verre dans leurs produits.</p> <p>Mise sur pied de deux ou trois nouvelles usines de production de fibres agricoles dans l'Ouest du pays.</p>

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

Tableau 1 — Objectifs de l'industrie des bioproduits pour 2010 (suite)

	Biocarburants	Produits biochimiques	Biomatériaux
Objectifs annuels de R-D	<p>Nouvelles technologies permettant de maximiser la conversion du carbone en éthanol et d'extraire l'éthanol du liquide de fermentation sans distillation (baisse de 30 % des coûts énergétiques).</p> <p>Nouvelle technologie ultra-efficace (p. ex., membranes semi-perméables) pour séparer les produits biochimiques de haute valeur des matières premières de biocarburant et de bio-huile.</p> <p>Élaboration d'une technologie de pyrolyse ou de gazéification pour produire de l'hydrogène à partir de la biomasse tout en exploitant la valeur des coproduits, ce qui permettra un coût net pouvant concurrencer celui de l'hydrogène tiré du gaz naturel.</p>	<p>Besoin de trouver et fabriquer deux ou trois nouveaux produits chimiques plates-formes qui sont compatibles avec les sources canadiennes de biomasse (p. ex., conversion de l'huile de colza canola en plastique).</p> <p>Besoin d'élaborer une technologie brevetée en vue de la fabrication, à prix compétitif, de produits chimiques intermédiaires.</p> <p>Production, à partir des travaux actuels sur les bactéries dans les ruminants, d'une série d'enzymes capables de décomposer la lignine en ses constituants, des composés aromatiques et phénoliques de carbone, afin de créer un produit chimique plate-forme aromatique.</p>	<p>Besoin de trouver des biofibres à haut rendement qui peuvent concurrencer les fibres de carbone dans la fabrication des composites plastiques.</p> <p>Création de fibres protéiniques dont le rendement est supérieur à celui de la soie d'araignée.</p> <p>Ouverture de débouchés en biotechnologie et en nanotechnologie pour les surfaces catalytiques, les matériaux intelligents, etc.</p>

6 Objectifs de la Feuille de route

Tableau 1 — Objectifs de l'industrie des bioproduits pour 2010 (suite)

	Biocarburants	Produits biochimiques	Biomatériaux
Part de marché	<p>Marché intérieur : pénétration élevée (>90 %).</p> <p>Marchés internationaux : accès au marché américain pour la production régionale excédentaire canadienne.</p>	<p>Marché intérieur : pénétration élevée par les produits chimiques intermédiaires qui sont intégrés à la chaîne d'approvisionnement des produits canadiens destinés aux marchés intérieur et d'exportation (p. ex., les phénols servant à la fabrication de résines utilisées dans les matériaux de construction en agglomérés de bois et en carton paille et les composites plastiques pour la fabrication de pièces d'automobiles et d'aéronefs), afin d'appuyer une stratégie « verte » d'exportation des produits canadiens.</p> <p>Marchés internationaux : accès au marché américain et à 3-4 % du marché mondial (c'est-à-dire le double de la pénétration canadienne actuelle de 1-2 % environ des marchés mondiaux des produits chimiques).</p>	<p>Marché intérieur : pénétration élevée, par les produits canadiens, du marché de la fibre agricole servant à la fabrication des matériaux de construction et des composites utilisés dans les pièces d'automobiles et d'aéronefs (recherche de synergies des matières premières parmi les matériaux provenant de sources agricoles, forestières et marines; recherche de synergies avec les fabricants canadiens de produits de consommation et de bioproduits industriels qui peuvent utiliser ces matériaux).</p> <p>Marchés internationaux : accroître de 50 % la part des fournisseurs canadiens sur les marchés mondiaux des matières premières (fibres, bioplastiques) et des éléments finis de matériaux de construction, dans les secteurs de l'automobile, de l'aérospatiale et des produits de consommation.</p>

7 Points saillants du processus d'élaboration de la Feuille de route

La Feuille de route technologique est le fruit de nombreuses activités : 7 grands groupes de travail et 22 ateliers sur les thèmes clés et les technologies de conversion; une analyse documentaire détaillée sur les produits chimiques et les bioprocédés basés sur les matières premières de la biomasse; et un atelier de validation auquel ont participé tous les artisans de la Feuille de route les 16 et 17 février 2004. Un certain nombre de points intéressants sont ressortis des recherches et des discussions. Ils sont décrits ci-après.

Positionnement stratégique

Le Canada est plus abondamment doté de biomasse, par habitant, que la plupart des autres pays. Il possède aussi des capacités scientifiques et technologiques remarquables grâce auxquelles il est en mesure de perfectionner et de développer les technologies de conversion de la biomasse, ou d'adapter des technologies venues de l'étranger, pour permettre la fabrication de bioproduits.

Il faudra cependant axer l'action non seulement sur l'élaboration et la mise en application de technologies particulières, mais aussi sur les moyens à prendre pour intégrer ces technologies les unes aux autres et les regrouper en réseaux afin que le secteur privé puisse les incorporer plus efficacement à des systèmes de production ordonnés, et ce, dans un contexte d'égalité des chances.

Il faut aussi des programmes d'éducation et de formation professionnelle pour aider les scientifiques et les ingénieurs à exploiter et intégrer les capacités propres à un large éventail de disciplines traditionnellement séparées, telles que la biologie, la chimie et le génie.

Des réformes cruciales s'imposent en vue d'ajuster les signaux de prix dans les domaines suivants :

- une accélération des amortissements fiscaux pour les faire concorder avec ceux accordés aux entreprises d'exploration et de validation des sources de pétrole et de substituts proches
- des règles claires concernant les crédits d'impôt à l'environnement qui sont négociables dans d'autres pays

7 Points saillants du processus d'élaboration de la Feuille de route

- un abaissement des obstacles non tarifaires par les partenaires commerciaux, y compris la présence de personnel de la Food and Drug Administration, 24 heures par jour aux postes frontaliers clés
- des régimes de tenure qui récompensent les administrateurs responsables, y inclus les collectivités locales, pour leur bonne intendance des terrains forestiers et des ressources océaniques
- des avantages privés et sociaux clairement définis, appuyés par les politiques gouvernementales voulues, afin de produire des bienfaits pour toute la société canadienne.

Ces réformes sont nécessaires à l'établissement de technologies viables et rentables.

Investissement dans les ressources humaines et les sciences

Voici une liste de domaines cernés comme objectifs possibles d'investissement dans les sciences, la technologie et les ressources humaines hautement qualifiées :

- la phytologie, l'écologie microbienne des sols et la bioprospection
- des SIG donnant l'emplacement des concentrations de biomasse, y compris les lieux actuels de fabrication et les sites d'enfouissement de résidus hérités du passé, par exemple les sites municipaux d'enfouissement sanitaire des rebuts et des copeaux de bois, le tout en relation géographique avec les routes et l'infrastructure de transformation
- la cartographie des flux de résidus au sein des collectivités, y compris l'énergie de résidus
- la biocatalyse, et surtout l'optimisation des enzymes
- les nouveaux procédés chimiques qui tirent parti des propriétés des constituants de la biomasse (hydrates de carbone, lignine, huiles).

Il faut créer une gamme d'outils permettant d'évaluer la pérennité des applications de la biotechnologie et celle des bioproduits et des bioprocédés à différents stades de leur développement, c'est-à-dire de la conception à la mise à l'échelle et à la démonstration, afin d'orienter leur développement et d'en tirer des avantages optimaux pour l'économie, l'environnement et la société. Ces outils augmenteraient de beaucoup l'efficacité du système d'innovation canadien ainsi que la productivité et la viabilité d'une bonne part de son industrie.

Linnaeus Plant Sciences Inc. crée des huiles à base végétale pour la fabrication de lubrifiants destinés à l'industrie et aux transports.

À l'heure actuelle, de nombreux bioproduits coûtent plus cher à produire que leurs homologues tirés du pétrole. La baisse du coût de la récupération de l'huile contenue dans le schiste et de celui de la récupération de l'hydrogène dans le pétrole brut étant plus que contrebalancée par les pratiques d'établissement des prix adoptées par le cartel de l'OPEP, la rentabilisation des investissements dans les biocarburants demeure un objectif incertain et mouvant¹⁶. La clé de la viabilité économique réside dans l'accroissement de la valeur globale tirée de la transformation d'un élément de biomasse donné, par la sélection de produits de valeur élevée et par l'élimination la plus complète possible des gaspillages d'énergie et des résidus.

Questions naissantes

Un bon nombre d'applications actuelles de la biotechnologie sont axées sur la conversion, en produits de valeur, de la biomasse présente dans les sites d'enfouissement sanitaire ou produite par l'exploitation agricole et forestière. Toutefois, vu l'envergure grandissante des opérations de fabrication dans une économie axée sur la biotechnologie, il faut trouver des sources de rechange de matières premières de biomasse, lesquelles se situent probablement dans les résultats de pratiques agricoles intensives. Relevée à une telle échelle, la production créera des problèmes de sécurité des approvisionnements annuels et donnera naissance à son propre ensemble d'enjeux de pérennité et de vulnérabilité.

Voici des exemples de questions naissantes mentionnées par le Conseil international des unions scientifiques (CIUS) en 2002¹⁷ :

- L'intensification de l'agriculture dans les régions qui lui sont favorables a son prix sous la forme de dommages à l'environnement : des problèmes de salinité accrue dans les zones irriguées ainsi que des effets néfastes sur la santé humaine, l'écologie et la faune et la flore à cause de l'abus des pesticides.
- D'autres pratiques liées à l'agriculture, notamment le déboisement, le surpâturage, la pêche excessive et la pollution de l'eau, vont menacer de plus en plus l'exploitation durable des ressources naturelles.

¹⁶ Lomborg, *op. cit.*, chapitre 11. L'auteur fait remarquer que les prix sont contrôlés par l'OPEP et ne reflètent pas la fluctuation des coûts de production, à preuve la diminution de ceux de la production de pétrole à partir des sables bitumineux du Canada : ces coûts sont passés récemment de 28 dollars le baril à moins de 11 dollars. Écrivant en 2000, Lomborg a découvert qu'aux États-Unis, le prix réel, net d'impôt, d'un litre d'essence à la station-service est inférieur à ce qu'il était avant la formation de l'OPEP. Les prévisions relatives aux réserves récupérables connues, à partir de sources conventionnelles, continuent de monter, passant de 10 ans en 1914 à 13 ans en 1939 et 1953, puis à 35 ans en 1955 et à plus de 40 ans il y a peu. Les schistes à pyrobitume existants contiennent 242 fois les réserves de sources conventionnelles, et cela sans tenir compte des possibilités du charbon et du nucléaire.

¹⁷ CIUS, Série *La science pour le développement durable*, n° 6, « Biotechnologie et agriculture durable », 45 p., 2002.

7 Points saillants du processus d'élaboration de la Feuille de route

- L'épuisement des ressources en eau pour l'agriculture est l'une des tendances les plus marquées. Il faudra utiliser l'eau de façon plus efficiente en agriculture, ce qui inclut la mise au point de variétés végétales qui tolèrent mieux la sécheresse.
- Les pressions de l'urbanisation et de l'industrialisation sur les terres agricoles iront croissant. Les perspectives sont minces d'agrandir les terres disponibles pour l'agriculture, à moins de déboiser les forêts à cette fin ou d'aménager des zones marginales où le sol est pauvre en nutriments et où il y a peu d'eau.
- Le déboisement et les pertes de biodiversité causés par l'aménagement de terres agricoles risquent de se produire dans des régions d'une très grande biodiversité terrestre et, par conséquent, mettre des espèces en danger.
- Les catastrophes naturelles pourraient constituer une menace incessante à l'approvisionnement en matières premières, et les effets à long terme du changement climatique sont inconnus.

Réponse au défi mondial

Aux États-Unis et en Europe, le développement opportun d'industries axées sur la biotechnologie nécessite une démarche multidisciplinaire, soutenue et coordonnée en matière de R-D et de commercialisation. Il devrait tout spécialement y avoir une relation de travail très étroite entre les chercheurs et surtout entre les phytobiologistes, les ingénieurs de procédés, les chimistes et les biochimistes. L'étude du contrôle de l'expression génique dans les végétaux, par exemple, doit être reliée à l'étude de la fonctionnalité des polymères, et les deux doivent être coordonnées avec les travaux des ingénieurs de procédés qui se spécialisent dans les technologies de séparation et dans la conception de réacteurs. Il faut qu'il se fasse des progrès coordonnés dans les trois domaines¹⁸.

Relèvement du profil des bioproduits

La recherche et les ateliers qui ont mené à l'élaboration de la Feuille de route ont montré clairement les avantages énormes du développement durable pour l'économie rurale et ceux d'une chaîne à valeur ajoutée de systèmes intégrés et bien répartis.

¹⁸ Agriculture et Agroalimentaire Canada, documents d'information et notes sur les bioproduits, 2003.

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

Des sous-produits soutiennent chacun des piliers de l'intendance, à savoir, social, financier et environnemental. Les gouvernements doivent mettre sur pied une installation nationale de démonstration où établir des technologies clés et les mettre en réseaux. Il faut donner à l'industrie de la biotechnologie un meilleur marketing et une meilleure image de marque. Il faut que le message fasse l'objet d'une diffusion vaste et éloquente. Tout plan d'action découlant de la Feuille de route devra s'accompagner obligatoirement d'un solide programme de communication.

Grappes éco-industrielles

Un parc bio-industriel est formé d'un groupe d'entreprises qui fonctionnent ensemble comme une bioraffinerie (c'est à dire comme l'équivalent d'une raffinerie de pétrole, mais pour la biomasse) et produisent une gamme de bioproduits à partir d'une ou de plusieurs bioressources en obtenant la valeur ajoutée la plus haute possible et en laissant l'empreinte la plus légère possible sur l'environnement. Cette forme d'organisation d'entreprises est communément appelée « grappe éco-industrielle ». Ces grappes sont conçues de manière à ce que les sous-produits et l'énergie résiduelle d'une entreprise servent d'intrants à d'autres entreprises et, ensemble, toutes ces entreprises en arrivent à un degré d'éco-efficience supérieur à celui qu'elles auraient atteint chacune de leur côté.

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 cerveaux parmi les meilleurs et les plus brillants de partout dans le monde
- en réduisant au minimum, pour les employés comme pour les employeurs, les coûts du rajustement des personnes qui passent d'un emploi à un autre au sein de la même grappe
- en usant des bons auspices des 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 édifiant des modèles de mentorat afin d'aider les entreprises en démarrage
- en gagnant une reconnaissance mondiale pour l'excellence technique et commerciale

7 Points saillants du processus d'élaboration de la Feuille de route

- en attirant au départ des investisseurs de capital risque et en produisant éventuellement des fonds au sein de la grappe éco-industrielle en vue de financer les entreprises qui démarrent et d'aider à leur gestion
- en créant et en faisant fonctionner une infrastructure sociale propre à attirer des chefs de file mondiaux en pratiques commerciales qui viendront prendre la parole et apporter une contribution intellectuelle à la croissance continue de la grappe.

En plus des parcs industriels, il faut un maillage plus étroit entre les chercheurs universitaires du pays entier afin de créer la masse critique de recherche voulue pour élaborer de nouvelles technologies chimiques et des procédés qui sont vraiment respectueuses de l'environnement et créer des variétés végétales nouvelles de cultures et d'arbres qui seront des sources potentielles de biomasse.

Les incubateurs publics et privés qui se spécialisent en biotechnologie peuvent être envisagés comme des microcosmes de grappes éco-industrielles dont la mission est axée sur le lancement commercial réussi d'entreprises de biotechnologie qui sont installées sur place. La tâche de l'incubateur consiste souvent à guider des innovateurs, dont les produits sont potentiellement bons, dans leur transition vers la situation de chef de leur propre entreprise ou vers la vente de leurs produits contre des redevances de propriété intellectuelle. Selon la philosophie de ses dirigeants, le personnel de l'incubateur pourra offrir l'accès à des compétences scientifiques supplémentaires, à des installations de laboratoire ou d'informatique, à sa grande expérience des affaires, à de l'aide à l'élaboration de plans d'entreprise, à des investisseurs de capital risque et à des possibilités de synergie parmi les entreprises résidentes et d'autres entreprises, dont celles qui sont les têtes dirigeantes de la grappe.

Approvisionnements stratégiques

Les gouvernements pourraient faire toute la différence en aidant l'industrie canadienne des biocarburants à se ménager la taille de marché et les économies d'échelle qu'il lui faut pour atteindre la réussite commerciale. Le gouvernement du Canada, par exemple, fait fonctionner 8 postes de remplissage à l'éthanol 85 p. 100 (E85) et utilise environ 800 véhicules à alimentation polyvalente pouvant rouler à l'éthanol 85 p. 100¹⁹.

¹⁹ *Op. Cit.*, climatechange.gc.ca

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

En 2002, tous les ordres de gouvernement du pays ont consommé ensemble 130 petajoules d'énergie, soit 2 p. 100 de l'énergie totale consommée au Canada. D'ailleurs, les gouvernements consomment presque autant d'énergie par an que le secteur de l'agriculture (201 petajoules). L'établissement de leur profil de consommation énergétique pourrait faciliter la commercialisation et le financement des applications de la biotechnologie.

Réseaux de recherche

La Feuille de route n'a rien de statique. C'est une entité dynamique et vivante. La production du présent document n'est qu'une des étapes d'un long processus. Le réseau doit continuer à s'étendre et à s'attacher d'autres maîtres d'œuvre.

Il faudra mettre en place un conseil ou un organisme doté de vastes pouvoirs et le charger de favoriser la synergie, d'élargir sans cesse la communauté des praticiens et d'accroître le rayonnement des bioproduits.

On pourrait créer un comité de gens influents, ou un **conseil de l'industrie des bioproduits**, composé de représentants de haut niveau des secteurs privé et public et du monde universitaire. Il faudrait d'abord établir la structure de gouvernance et de financement d'un tel conseil et la présenter à titre de proposition au gouvernement fédéral.

Partenariat technologique Canada

Les entreprises de technologie des bioproduits, au même titre que celles d'autres technologies habilitantes, sont admissibles à l'aide financière du programme Partenariat technologique Canada. Les débouchés commerciaux remarquables associés aux carburants industriels se prêtent très bien aux exigences d'analyse de rentabilité posées par Partenariat technologique Canada. Les travaux d'élaboration de la Feuille de route, y compris les commentaires entendus lors des ateliers, ont révélé de nombreux exemples de technologies offrant d'excellentes possibilités sur le plan commercial.

Gestion des ressources

Les comparaisons avec les combustibles fossiles s'établissent par rapport à des stocks, alors que la biomasse est en réalité un flux. Le Canada abrite une superficie importante de terres marginales dont certaines appartiennent au gouvernement et d'autres, à des intérêts privés. Ces terres marginales possèdent peut-être les capacités nécessaires pour produire de grandes quantités de peupliers à croissance rapide ou de panic raide vivace qui pourraient servir de matières premières à la bio-usine.

Plusieurs forêts du Canada pourraient voir pousser considérablement plus de ressources utiles si elles étaient éclaircies et proprement aménagées. Une solution possible serait que le gouvernement fédéral travaille avec les provinces afin de donner aux collectivités plus de contrôle sur les pratiques de gestion des ressources, en l'occurrence, les terrains et pâturages publics qui pourraient peut-être avoir une plus grande utilité comme boisés ou fermes où l'on cultiverait des produits de lignine.

Technologies futures de conversion

Tout au long des travaux d'élaboration de la Feuille de route, il s'est tenu des discussions prolongées sur les voies futures d'arrivée des matières premières et les technologies de conversion. Les plates-formes constituées de matières premières comprennent :

- les hydrates de carbone dont la cellulose, les amidons, la chitine et les alginates
- les huiles
- la lignine
- les protéines.

Les technologies précises faisant intervenir ces plates-formes ont fait l'objet d'analyses détaillées dans les rapports des ateliers.

Il y a des possibilités fort intéressantes dans la production d'éthanol cellulosique au moyen des technologies mises au point par la société Iogen et dans la production de bio-huiles à l'aide des technologies utilisées par les sociétés Topia Energy, Dynamotive et Ensyn. La technologie de la société Iogen permet des économies considérables d'énergie puisque la matière non fermentable sert de charge d'alimentation énergétique. La méthode adoptée par la société Ensyn fait appel à de petits systèmes distribués qui sont exploités sur les lieux de dépôts de déchets de bois afin de convertir les résidus en bio-huiles de transport facile.

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

Le Canada possède un « avantage naturel » qui se trouve dans toutes les sources de ces importants hydrates de carbone. Des travaux de recherche de grande envergure devraient être lancés afin de déterminer quels produits peuvent être tirés de ces matières premières et quelles sont les technologies de conversion nécessaires à cette production.



Il se peut aussi que les systèmes digestifs des ruminants offrent de grandes possibilités en matière technologique. Les animaux comme le castor et l'orignal, qui mangent de l'écorce et d'autres éléments de la végétation forestière, sont capables de décomposer la cellulose et la lignine en leurs constituants, à savoir des composés de carbone et de l'énergie.

Les méthodes rentables de production à partir de la biomasse doivent absolument pouvoir compter sur une rencontre de technologies, parce que leur mise en application s'effectue obligatoirement dans l'ensemble de chaînes d'approvisionnement novatrices telles que :

- des espèces génétiquement améliorées et parfaitement adaptées de façon à répondre à la demande de bioproduits tout en diminuant les risques de récoltes déficitaires, par exemple le peuplier hybride, la moutarde industrielle, certains herbages et des espèces marines à croissance accélérée vivant dans l'eau froide
- des technologies de récolte efficaces qui réduisent au minimum le compactage des sols et l'endommagement de l'infrastructure et qui permettent de procéder au ramassage, à la réduction, au bottelage et au séchage des résidus et de fournir un flux ininterrompu de biomasse en direction de processeurs biologiques qui les convertiront en produits
- une gamme de bioraffineries de petite à grande envergure, ou mobiles et bien réparties, qui soient capables d'extraire autant de matières et de molécules que possible à la fin du processus en vue de leur utilisation éventuelle dans les collectivités mêmes, ce qui fera baisser d'autant les coûts de transport et créera des débouchés d'exportation pour la technologie canadienne

7 Points saillants du processus d'élaboration de la Feuille de route

- des SIG permettant de cartographier l'emplacement de toutes les sources de biomasse disponibles dans l'industrie forestière, en agriculture et en milieu marin ainsi que les sites d'enfouissement de déchets urbains et les résidus des procédés industriels, y compris la chaleur à basse température
- des SIG et des travaux communautaires de cartographie indiquant le lieu des stocks de résidus et le trajet de circulation de ces résidus afin de trouver des possibilités de synergie entre les entreprises installées tout près les unes des autres, de manière à ce que les résidus d'une entreprise deviennent la matière première d'une autre.

Progrès bâtis sur les points forts et les réseaux

Contrairement à ce qui se passe dans le secteur pharmaceutique, qui a un réseau étendu de recherches et des programmes coûteux d'essais cliniques, la plupart des bioproduits sont déjà sur le marché ou sur le point d'y être lancés. Ils offrent donc la possibilité d'effets économiques immédiats et soutenus sous forme de revenus pour le secteur privé, d'emplois et de recettes pour le gouvernement.

La probabilité que la fabrication se fasse au Canada plutôt qu'à l'étranger est plus forte dans le cas des applications de la biotechnologie que dans celui des produits pharmaceutiques. S'il en est ainsi, c'est parce que la biotechnologie dépend d'une biomasse relativement lourde alors que le secteur pharmaceutique utilise des matières relativement légères. En outre, vu la concentration du marché aux États-Unis, les produits pharmaceutiques doivent faire l'objet d'essais prolongés sur un échantillon démographique déterminé, alors que la plupart des bioproduits sont commercialisés rapidement. Les ressources naturelles de base sont canadiennes et deviennent de plus en plus coûteuses à déplacer, ce qui devrait constituer un attrait important.



8 Mesures à prendre

Les mesures décrites dans la Feuille de route sont basées sur l'atelier de validation tenu à Ottawa les 16 et 17 février 2004. Tous les participants à l'élaboration de la Feuille de route étaient invités et plus de 80 sont venus. Les mesures sont décrites en résumé selon les catégories « court terme » et « long terme », les premières devant être prises au plus tôt et les secondes, d'ici cinq à dix ans.

Technologie des bioproduits

La priorité absolue, où se mêlent les horizons du court et du long terme, est celle de l'accès à des investissements publics et privés en R-D afin de créer des incitatifs et d'accroître la productivité.

Mesures à court terme

Il faut que les consultations déclenchées dans l'industrie par la Feuille de route se poursuivent pendant quelques années encore et fassent intervenir les clients, les gouvernements et les universités. L'accent doit être mis sur la recherche de solutions, plutôt que sur les processus à utiliser, pour répondre aux critères du marché.

Mesures à long terme

Voici certaines des mesures à prendre à long terme concernant la biotechnologie :

- améliorer la coordination parmi les chercheurs et les collectivités, ce qui inclut de meilleurs liens électroniques et personnels
- perfectionner les technologies de biochimie et les technologies complémentaires de séparation et de conversion
- renforcer, lorsqu'il y a lieu, les programmes existants de soutien à la R-D, en mettant l'accent sur le développement et la commercialisation
- accroître la diffusion et la mise en application d'innovations venues de pays étrangers

- régler le problème de pénurie des compétences spécialisées
- voir à ce que les ressources humaines, qu'il s'agisse des scientifiques, des financiers, des responsables de la réglementation, des clients de l'industrie ou des consommateurs, soient bien formés et à ce que leurs connaissances soient à jour
- faire connaître aux étudiants les nouveaux défis et les nouveaux débouchés intellectuels qui pointent à l'horizon.

Marchés

Un thème récurrent dans toute la Feuille de route est que les innovations vont faciliter de plus en plus la création de produits de haute valeur fabriqués à partir de fibres et de molécules supérieures. Il est essentiel de mieux connaître les marchés viables qui pourront s'ouvrir aux sous-produits de la biomasse pour faire baisser les coûts opérationnels totaux. Les participants à l'atelier de validation ont fortement insisté sur le fait que c'est le secteur privé, et non le gouvernement, qui doit prendre la tête du mouvement pour déceler et exploiter les débouchés.

Mesures à court terme

Le marketing des bioproduits doit être amélioré comme suit :

- un meilleur accès aux principaux marchés et aux normes de produits
- la création de centres communautaires où exposer les innovations de la biotechnologie
- la cartographie des flux de résidus depuis les installations de fabrication aux utilisateurs éventuels au sein des collectivités, afin d'aider à la mise sur pied et à l'expansion de grappes éco-industrielles
- la mise en œuvre d'une campagne médiatique efficace afin d'accentuer les éléments positifs de la biotechnologie et de corriger les fausses perceptions de risques chez les consommateurs
- l'élaboration d'une enquête pilote et d'études cas pour illustrer les erreurs de perception mentionnées dans le paragraphe précédent
- la mise en œuvre des moyens voulus pour attirer d'autres adhérents éventuels à la Feuille de route et pour ouvrir d'autres possibilités de marketing de substituts proches pour les procédés chimiques
- l'ouverture des approvisionnements du gouvernement
- l'amélioration du marketing des compétences spécialisées canadiennes et du matériel connexe produit au pays.

Mesures à long terme

À plus long terme, le Canada doit mettre sur pied une base de données croisées sur les bioproduits pouvant être tirés des matières premières renouvelables et héritées du passé et sur les produits et les consommateurs, par région. Cette base de données doit concorder parmi les principales sources de biomasse afin que des matières premières puissent être prises à même les ressources agricoles et forestières, ce qui permettra de réduire au minimum le risque de pénuries. Ce processus, que l'on peut considérer comme un sous-produit, devrait aider à quantifier les chaînes de valeur et à choisir des modes de gestion des ressources concernant l'interface biocéréales-foresterie.

À long terme, aussi, il faudra créer des marchés pour les crédits d'impôt à l'environnement qui sont négociables dans les pays étrangers. Le processus est long puisqu'il nécessite la conclusion d'accords internationaux qui définissent la nature des crédits et établissent une hiérarchie parmi leurs bénéficiaires pour ce qui est de réduire la dégradation de l'environnement. Bien qu'il soit avantageux de clarifier des règlements dans l'immédiat, certains d'entre eux, par exemple ceux touchant l'occupation des terres, ne pourront être corrigés qu'à long terme.

Il faudrait effectuer plus de recherche et de cartographie des données sur les grappes éco-industrielles. Voici quelques-uns des domaines clés de ces recherches :

- les maîtres d'œuvre locaux
- les chefs de file en commerce international
- les organisations locales capables de propager des idées et des techniques de gestion au sein et à l'extérieur de la chaîne d'approvisionnement
- les synergies dans le domaine du commerce intérieur
- les liens intellectuels avec les laboratoires des universités et du gouvernement.

Institutions

La divergence possible des sources de biomasse, la nature hétérogène des bioprocédés et l'immense éventail des industries potentiellement bénéficiaires créent des relations complexes et parfois ténues dans le milieu de la biotechnologie, le monde des affaires, les institutions du gouvernement et les établissements universitaires.

Mesures à court terme

La Feuille de route a offert un réseau précieux à quelque 300 participants venus du milieu des affaires, du gouvernement et des universités, mais il faut étendre cette dynamique en créant un mécanisme viable qui puisse agir en porte-parole et défenseur de l'industrie des bioproduits. Ce mécanisme devrait s'appuyer sur les réseaux créés par la Feuille de route et encourager les maîtres d'œuvre de l'industrie. On pourrait créer un comité de gens influents, ou un **conseil de l'industrie des bioproduits**, composé de représentants de haut niveau des secteurs privé et public et du monde universitaire. Ce comité donnerait des conseils à la ministre de l'Industrie. Un certain nombre de modèles de gouvernance ont été étudiés, et la création d'un **conseil de l'industrie des bioproduits**, chargé de conseiller la ministre de l'Industrie, s'est révélé la démarche la plus judicieuse.

Il faudra réaliser un examen de la politique, axé sur l'énergie et ses sous-produits, en vue de repérer les injustices dans le milieu de concurrence où fonctionnent les entreprises de biotechnologie. L'examen devrait mener à des propositions d'action stratégique, de programmes et de formules de réglementation de rechange afin d'en arriver à l'égalité des chances. Parmi les principaux points à examiner, mentionnons :

- les communications
- les obstacles tarifaires et non tarifaires
- les questions de réglementation, y compris l'élaboration de normes pour les produits
- la certification des crédits liés au carbone
- l'établissement des prix de l'énergie



Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

- l'accélération des amortissements et les autres mesures incitatives et dissuasives concernant toutes les formes d'énergie ainsi que les produits faisant concurrence aux bioproduits
- les politiques relatives à la cogénération dans chaque province et les contraintes liées à l'entrée sur le marché
- les politiques d'approvisionnement du gouvernement comme acheteur initial de bioproduits.

Le besoin demeure de renforcer les synergies de recherche parmi les intervenants des secteurs public et privés et les universitaires participant à des activités de biotechnologie. Il pourrait éventuellement être comblé en concentrant l'action sur :

- la recherche commerciale
- des réseaux de recherche virtuelle
- des objectifs d'abaissement du coût de la recherche axée sur la production.

Mesures à long terme

Une réforme de la politique aurait les effets suivants :

- une meilleure coordination entre les ministères et organismes gouvernementaux, y compris les ministères à vocation scientifique, Développement des ressources humaines Canada et leurs conseils apparentés
- une transformation de la mentalité des consommateurs et des entreprises, qui les amènerait à comprendre le concept de bio-usine et ses possibilités de développement commercial et durable.

9 Conclusion

La Feuille de route trace un itinéraire au cours duquel un réseau de participants venus de l'industrie, du monde universitaire et du gouvernement discutent, étudient et saisissent des possibilités liées aux technologies actuelles et futures de conversion de la biomasse en carburants et en produits industriels.

La Feuille de route est seulement l'un des outils qui nous mènera à destination : il nous faut un instrument de cohésion et de collaboration. Notre réseau a besoin de participants actifs pour pouvoir influencer les leviers gouvernementaux, par exemple les budgets futurs, afin d'établir l'égalité des chances dans l'économie axée sur la biotechnologie. Il nous faut absolument savoir où nous allons. Il nous faut améliorer nos capacités réceptrices. Il nous faut faire activement pression sur le gouvernement pour obtenir l'élaboration et l'instauration de règlements intelligents (les gouvernements sont à l'écoute). Il nous faut un plan de marketing et de communication. Il nous faut mettre en œuvre les mesures qui ont émané de ce processus passionnant.

La Feuille de route nous fait faire un voyage valorisant et stimulant!



Annexe A Comité directeur et participants aux groupes de travail²⁰

Abitibi Consolidated Inc. Francine Dorion Martin Fairbanks	Association canadienne des industries du recyclage Leonard G. Shaw	BioAtlantech John Argall Fraser A. Sutherland
ABP Recycling Incorporated Joe Kosalle	Association canadienne des producteurs d'acier Lynne Ree	Bio-Products Saskatchewan Inc. Ron Kehrig*
Acadian Seaplants Limited K. Butler	Association canadienne du ciment Angela Burton Sharon Daly* Lawrence Loh	BioAlberta Myka Osinchuk
Agriculture et Agroalimentaire Canada Brian Freeze Lori Heigh Gary Nelson Martin Reany Dee Shute Mark Stumborg Fraser A. Sutherland	Association des fabricants de produits composites Patrice R. Tardif	BioProducts Alberta John Christensen
Ag-West Biotech Inc. Muriel Adams	Association des producteurs de maïs en Ontario Don McCabe* Ken Hough	BIOTECanada Betsy Bascom
Air Liquide Edward DaSilva	Association des produits forestiers du Canada Paul Lansbergen	BioTerre Systems Inc. Richard Royer
Alberta-Pacific Forest Industries Inc. Ken Plourde	Association minière du Canada Pierre Gratton	Biox Corporation Tim Haig Kevin Norton
Alberta Research Council Wade Chute	Association of Canadian Industries Recycling Coal Ash (CIRCA) Anne Weir	Bowater Newsprint Brian Mooney
Association canadienne de l'électricité Victoria S. Christie	AVAC Ltd. Keith Jones*	British Columbia Ministry of Agriculture, Food & Fisheries John Schildroth
Association canadienne de l'industrie des plastiques Catherine Cirko Pierre G. Dubois Charmaine Entine	BASF Corporation J. Clarke	Brock University H. L. Holland
Association canadienne des fabricants de produits chimiques David Goffin David J. Shearing* Brian Wastle	Bayer AG William Buckner* Richard Steevensz	Canadian Renewable Fuels Association Bliss Baker
	BC Hydro Bonny Hill	Canards illimités Canada Douglas A. Chekay
		CanBio Bruce McCallum

²⁰ Les membres du Comité directeur sont identifiés par un astérisque.

Annexe A

CANFOR Corporation M. J. (Mike) Bradley Barbara R. Hislop Michael A. Jordan Paul T. Wooding	Commission canadienne de recherche sur la construction Ed R. Cuylits	DuPont Canada Inc. David A. Berg Howard Ng
CAREER Biotechnology-South Western Ontario John H. Oostveen	Conseil de l'environnement des emballages de papier et de carton John Mullinder	DynaMotive Energy Systems Corporation Andrew Kingston*
Carleton University Pascale Champagne	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada Suzanne Liou	Enerkem Technologies Inc. Esteban Chornet
CASCO Int. Allan Ellingham* Jim Grey Colleen Lytton	Conseil national de recherches Canada Gabrielle H. M. Adams Michael Day Richard Isnor Kevin A. Jonasson R. D. (Bob) Reichert Donald L. Singleton Jack Smith Wing Sung	Ensyn Technologies Inc. David C. Boulard* Barry A. Freel Garth Gorsky
Centre d'études des procédés chimiques du Québec (CÉPROCC) Yacine Boumghar		Environnement Canada Manfred Klein Terry McIntyre Mathew Schacker
Centre écologique du Canada Al Stinson	The CROFT Alliance Inc. Adam Bielecki	Fédération canadienne de la faune Sandy Baumgartner
Centre québécois de valorisation des biotechnologies Michel E. Lachance Geneviève Tanguay*	Crompton Corporation Paul A. Thomson	Fédération canadienne des municipalités Sandor Derrick Doug Pollard Sherry Watson
Centre de recherche en environnement UQAM Sorel-Tracy Jacques Giguère	Dalhousie University (Canadian Institute of Fisheries Technology) Robert G. Ackman	Fibrex Gordon E. Bylo
Centre pour les villes durables Canada Greg Finnegan	Diversification de l'économie de l'Ouest Canada Doug Maley	Fielding Chemical Technologies Inc. Darren Lawless
CETAC-WEST Lorna Shaw-Lennox Donald G. Somers	Dofasco Susan Olynyk	Fisheries Products International W. Fudge
City of Edmonton Jerry Leonard	Domtar Inc. Ghislain Dinel Stewart Marcoux	Fondation BIOCAP Canada Tina Bailey David Layzell* Susan Wood
City of Saskatoon Eve Casavant	Dow AgroSciences Canada Inc. Rick Smith*	Foragen Technologies Management Inc. David Gauthier
Columbian Chemicals Company William Stafford	Dow BioProducts Ltd. Wayne Karolat	Gouvernement de l'Alberta Ronald J. Dyck Peter Dzikowski* Alan Hall Scott Wright
Commercial Alcohols Inc. B. Gallant M. Schwartz	Dow Chemical Canada Inc. Allan James Claude-André Lachance Maury J. Smith	

Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse

Gouvernement de la Nouvelle-Écosse J. Desmond Cousens	Jungbunzlauer Canada Inc. Howard Roberts Ryan Waines	Natkem Pierre Laborde Natural Capital Resources Inc. Kathryn A. Wood
Gouvernement de l'Île-du-Prince-Édouard Richard F. Ablett Gailene Murphy Ron Skinner	Kinectrics Inc. Francis H. Chang	Nexfor Ltd. A. Potter
Gouvernement de l'Ontario George Cadete Brad Defoe David R. DeYoe Anna Ilnyckyj* George Mandrapilias Oswald Zachariah	Kingston Economic Development Corporation Shelagh McDonald Kruger Inc. M. H. Lamarre R. Jobin	Norac Concepts Inc. Benoit Caron*
Gouvernement du Manitoba Allen Sturko*	Lignum Ltd. W. W. (Bill) Bourgeois	NOVA Chemicals Corporation Anita L. Arduini Mike Francis Pesh Patel
Hempline Geoff Kime	Linnaeus Plant Sciences Inc. Jack Grushcow	Ocean Nutrition Canada Colin Barrow
High Liner Foods Incorporated Lynn Wagner	London Biotechnology Commercialization Centre Peter Bruijns	Olds College Paul Kolodziejczyk
H. L. Blachford Ltd. Matthew G. Parthun	Lorama Chemicals Inc. Ruben Lenz	Ontario Agri-Food Technologies George Surgeoner
Industrie Canada Margaret Bailey Bruce Bowie John Jaworski Suzanne Keating Bob McKenzie Kash Ram	Manitoba Hydro D. R. (Deny) St. George	Ontario Power Generation John C. Flynn Murray Patterson* James Perry
Institut canadien des recherches en génie forestier Alex W. J. Sinclair Jean-Francois Gingras Enrie Hiedersdorfs	Marinard Biotech Patrice Element Marine Institute of Memorial University G. Rose	Ottawa Biotechnology Incubation Centre Rainer Engelhardt
Institut de chimie du Canada Roland Andersson Jean Bélanger	McCain Food Ltd. Tom Kazas Christine Thomas	PAPRICAN Inc. S. Lee Allen Thomas Browne D. Gray Mike Paice P. Watson
Institut de recherche forestière de l'Ontario David R. DeYoe	Magellan Aerospace Corporation (Orenda Turbines) Raj Thamburaj	Parkland Industrial Hemp Growers co-op Ltd. Joe Federowich
Iogen Corporation Maurice Hladik Jeff Passmore Jeffrey Tolan	Menova Engineering Inc. Dave Gerwing*	Pêches et Océans Canada Dave Conley Mark Burgham
J. D. Irving, Limited William (Bill) J. Borland	Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs Georges B. B. Lé	Petro-Canada Bruno Francoeur
	National Aboriginal Forestry Association Harry M. Bombay	Pilot Plant Corp. Robert E. Morgan
	National Renewable Energy Laboratory Jim McMillan Quang Nguyen	Pioneer Petroleum Art Stirling
		Pollution Probe Ken Ogilvie

Annexe A

Prairie Agriculture Machinery Institute

H. Burke
Darrell Lischynski*

Pulp and Paper Technical Association

W. Robert Wood

Radiant Technologies Inc.

Steven Splinter

Recycle Alberta

Christina Seidel

Ressources naturelles Canada

Jody Anne Barclay
John A. Burnett
Errol T. N. Caldwell
W. H. Cruickshank
Safaa Fouda
J. Peter Hall
Ed Hogan
Hamid S. Mohamed
René Pigeon
Nicole Richer
Claude Robert
Joe Robert
Maria Wellisch
Suzanne Wetzel

Robustion Products Inc.

Joanne Johnson

Rothsay

Ron Wardrop

Royal Dutch Shell

Dana Atwell
Gary Ertel

Sarnia–Lambton Economic Partnership

Mike Ireland

Saskatchewan Research Council

R. (Ranga) Ranganathan

Saskatchewan Power

D. W. (Dave) Smith

SaskFlax

Linda Braun

Schweitzer-Mauduit

Joe Hogue*

Secrétariat canadien de la biotechnologie

Glenn Kendall

Soy 20/20

Gregory Penner*

Suncor Energy Inc.

Stephen A. Kaufman
Cam Schneider
Pat Visscher

Technologie du développement durable Canada

Blaine Kennedy*
Andrée Mongeon

TechPEI

Richard F. Ablett
Gailene Murphy

Tembec Inc.

Bob Benson
David R. Cameron*
Leon Magdzinski

Université d'Ottawa

Kevin Kennedy

Université du Québec

Claude Dupont

Université Laval

Robert Romain

Université McGill

Wayne Brown
Tak Hang (Bill) Chan
Robert Marchessault
C. J. Li
Jim Nicell
Paul J. Thomassin

University of Alberta

Ian Morrison
Suresh Narine

University of British Columbia

Gary Bull
Hadi Dowlatabadi
S. Duff
Paul N. McFarlane
Jack Saddler

University of Guelph

Nigel J. Bunce
J. Christopher Hall
Marcel Schlaf
Rickey Y. Yada

University of Lethbridge

Kurt Klein
Randall J. Weselake

University of New Brunswick

Thierry B. R. Chopin

University of Saskatchewan

Ernest M. Barber
Ajay K. Dalai
Jill E. Hobbs
Venkatesh Meda
Satya Panigrahi

University of Toronto

David G. B. Boocock
Mohini M. Sain

University of Waterloo

Murray Moo-Young

Weldwood of Canada Limited

R. W. (Rod) Beaumont

Weyerhaeuser

Stuart McCormack
Alan Pelman

Wood Products Group of New Brunswick

Frederick Nott