



**Commission sur l'avenir de l'agriculture
et de l'agroalimentaire québécois**

**Production de biocarburants et de bioproduits, avantages et
impacts pour le secteur agricole québécois**

Rapport final



Mashteuiatsh, Novembre 2007
P558002



**Commission sur l'avenir de l'agriculture
et de l'agroalimentaire québécois**

Production de biocarburants et de bioproduits, avantages et impacts pour le secteur agricole québécois

Rapport final



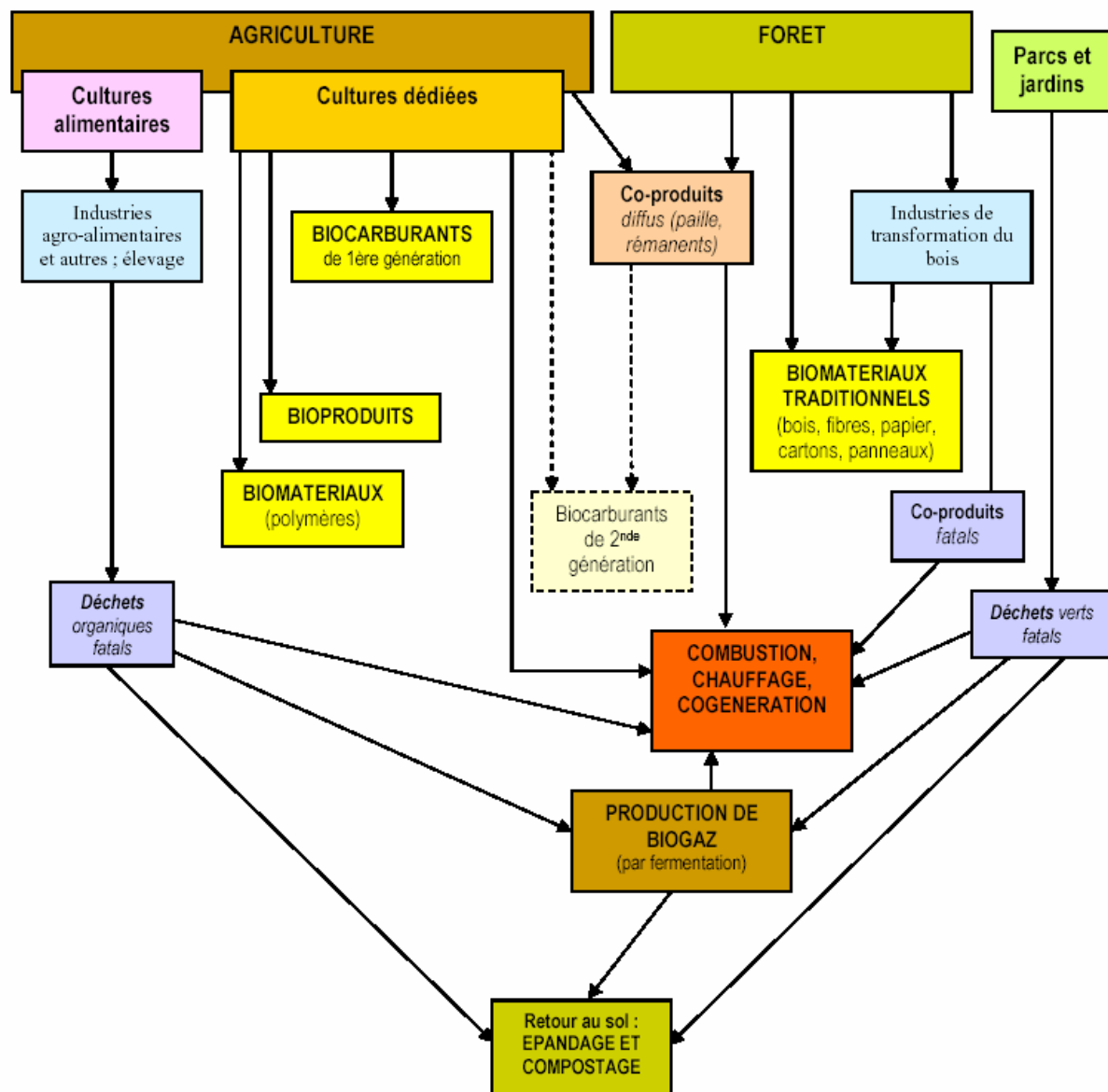
Groupe Conseil Nutshimit Inc.
Conseillers en environnement et aménagement du territoire
1738, rue Ouiatchouan, C.P. 100
Mashteuiatsh (Québec) G0W 2H0
Téléphone : (418) 275-8041 Télécopie (418) 275-8335

Mashteuiatsh, Novembre 2007
P558002

Table des matières

Table des matières.....	i
1. Contexte et enjeux à l'échelle globale	1
1.1 Production de biocarburants	2
1.1.1 Brésil.....	2
1.1.2 Chine	2
1.1.3 États-Unis	3
1.1.4 Europe	4
1.1.5 Les échanges	5
2. État de la situation au Canada et au Québec	7
2.1 Production.....	7
2.1.1 Le biogaz, producteur de chaleur et d'électricité	7
2.1.2 Production de bioproduits	9
2.2 Politiques et mesures.....	10
2.2.1 Les programmes fédéraux.....	11
2.2.2 Les mesures en place au Québec	13
3. Les avantages des biocarburants	17
3.1 Contenu énergétique	17
3.2 Émissions de gaz à effet de serre.....	17
3.3 Valorisation de la biomasse	18
3.4 Économie	19
4. Les effets négatifs des biocarburants	21
4.1 Gaz à effet de serre	21
4.2 Intrants	21
4.3 Prix et disponibilité des aliments.....	22
4.4 Superficie des terres arables	23
4.5 Économie	23
5. La recherche et le développement.....	25
5.1 L'avenir des biocarburants, la seconde génération	25
5.2 Biomatériaux	28
5.3 L'économie.....	28
5.4 L'environnement	29
6. Positionnement pour le développement durable de la production de biocarburants et de bioproduits au Québec.....	31
6.1 Les constats.....	31
6.2 Les recommandations pour un développement durable des filières biocarburants et bioproduits.....	32
6.3 Les choix pour le Québec	33
7. Glossaire.....	37
8. Références bibliographiques	41

PRINCIPAUX USAGES ET PROVENANCES DE LA BIOMASSE NON ALIMENTAIRE



Ce schéma illustre les différentes filières de production de biocarburants et de bioproduits en fonction de la source de biomasse.

Source : ADEME, 2007

1. Contexte et enjeux à l'échelle globale

La production de biocarburants et de bioproduits s'inscrit dans un contexte où l'on observe à l'échelle mondiale :

- la recherche de la sécurité énergétique;
- l'augmentation de la consommation d'énergie;
- l'augmentation en parallèle des émissions de gaz à effet de serre;
- la diminution des réserves de pétrole facilement exploitables;
- l'augmentation du prix du pétrole;
- l'augmentation du transport routier;
- une crise des revenus chez les producteurs agricoles;
- le développement de matériaux de substitution aux produits à base de pétrole et l'exploitation de molécules organiques pour la synthèse de divers bioproduits.

Avec cette situation en toile de fond, les pays réagissent différemment selon leur contexte en rapport avec l'énergie, l'environnement et l'agriculture. Par ailleurs, le secteur relativement nouveau (ou renouvelé) de l'exploitation des diverses sources de biomasse pour la production de carburants ou de produits est fortement dépendant des avancées en recherche et développement. L'évolution de ce secteur est ainsi lié à plusieurs facteurs d'ordre technologique autant qu'économique et politique.

Dans ce contexte, les producteurs agricoles sont des acteurs de premier plan et il convient de tenter d'évaluer les effets positifs et négatifs à court terme mais aussi à long terme de la production de biocarburants et de bioproduits dans un cadre d'agriculture durable. Ce rapport présente la situation actuelle et prévue en ce qui concerne la production des biocarburants principalement. La documentation concernant les bioproduits étant moins abondante, ce volet est abordé de façon plus sommaire.

Des analyses ont été réalisées dans plusieurs pays afin de décrire les enjeux liés au développement des biocarburants et bioproduits. Les éléments considérés les plus pertinents de quelques études sont présentés dans les sections qui suivent. Il est important de souligner par ailleurs que la situation dans ce secteur est en évolution très rapide et que le développement à l'échelle régionale peut être influencé par des facteurs s'exerçant à l'échelle mondiale et dont l'évolution est également difficilement prévisible.

1.1 Production de biocarburants

L'augmentation de la production de biocarburants est phénoménale depuis quelques années comme en témoigne la situation dans plusieurs pays. En 2006, la production mondiale d'éthanol a augmenté de 22 % et celle de biodiesel de 80 % par rapport à l'année précédente¹.

Cette augmentation suit la tendance de la demande pour le carburant destiné au transport routier. En effet, les $\frac{3}{4}$ de l'augmentation de la demande mondiale en pétrole est associée au secteur du transport. Il est d'ailleurs prévu que le parc automobile des pays hors OCDE sera multiplié par 4 de 2000 à 2030. Or, dans le contexte de l'épuisement des réserves facilement exploitables, le pétrole représente encore 98 % de l'énergie utilisée dans le transport¹⁴. La demande ira croissante avec les pays asiatiques, Chine en tête, qui composeront une part importante de cette croissance.

C'est en bonne partie pour sécuriser l'approvisionnement en carburant pour ce secteur que plusieurs pays ont mis en place des politiques de production de biocarburants. La hausse du prix du pétrole est aussi un incitatif qui s'ajoute aux préoccupations visant la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

1.1.1 Brésil

Au Brésil, la canne à sucre représente d'énormes surfaces cultivées depuis 20 à 25 ans. L'éthanol a été développé au Brésil dans la perspective d'améliorer l'indépendance énergétique du pays mais aussi comme moyen de maintenir, ou de stabiliser les cours du sucre. La production de canne à sucre étant utilisée, selon la demande, soit pour l'alimentation, soit pour la fabrication d'éthanol. Environ 21 milliards de litres d'éthanol sont produits au Brésil. Cette production annuelle devrait atteindre quelque 44 milliards de litres d'ici 2016^{14, 45}. Environ 17 millions de m³ d'éthanol sont produits au Brésil¹⁴.

1.1.2 Chine

En Chine, où la production prend aussi de l'expansion, la production actuelle d'éthanol, de l'ordre de 2 milliards de litres, devrait grimper jusqu'à 3,8 milliards de litres en 2016⁴⁵. La Chine produit de l'éthanol E10 à base de maïs dans une proportion de 80 %, le reste étant produit partir de blé, de manioc et autres biomasses. La lignocellulose fait aussi l'objet d'essais en Chine⁴⁶. Un programme de carburant éthanol obligeant à incorporer 10 % d'éthanol E-10 est en vigueur dans 5 provinces et plusieurs villes du pays. La Chine cherche ainsi à réduire les problèmes de pollution atmosphérique et à réduire la dépendance énergétique. En raison de l'énorme pression sur la demande de maïs pour l'éthanol, la Chine souhaite diversifier les sources de production⁴⁶.

1.1.3 États-Unis

Les États-Unis sont les plus importants producteurs d'éthanol à l'échelle internationale. Ils ont produit près de 19 milliards de litres d'éthanol en 2006 et cette production devrait atteindre plus de 39 milliards de litres en 2009. La filière éthanol aux États-Unis, comme au Brésil, s'est développée grâce à l'appui important des gouvernements.

La production d'éthanol bénéficie aux États-Unis, de plusieurs mesures incitatives :

- des subventions de 5,5 G US à 7,7 G US par année;
- l'exemption de taxes d'accises fédérales sur l'achat de biocarburants;
- des politiques et programmes de développement de la production (12,5 millions \$US);
- des taxes sur les importations;
- le ban touchant l'utilisation du MTBE comme additif dans l'essence (en vigueur dans un nombre croissant d'états);

En janvier 2007, il y avait aux États-Unis, 110 usines d'éthanol en opération et des douzaines d'usines d'éthanol supplémentaires sont à diverses étapes de leur développement. La majorité des usines est concentrée dans la région au sud-ouest des Grands-Lacs, l'Iowa étant en tête de tous les états en termes de capacité³⁶.

Cette production se fait avec des conséquences importantes sur la répartition des superficies de culture et sur la production animale également²³. La production d'éthanol a également des effets sur les revenus agricoles, les programmes de financement et les prix des aliments.

La montée du prix du pétrole explique en partie cette expansion de la production d'éthanol aux États-Unis, avec comme autre facteur la politique énergétique fédérale (Energy policy Act) de 2005 qui exige qu'un volume de 28,3 milliards de litre de carburants renouvelables soit incorporé dans l'offre en 2012. Ce volume sera, selon la tendance observée et les prévisions, nettement dépassé, avec un volume prévu de 45,4 milliards de litres d'éthanol produit en 2015 (selon l'analyse du USDA²³).

Le maïs-grain est la matière première la plus utilisée pour produire l'éthanol américain, bien que la politique de 2005 exige pour 2013 la production de 945 millions de litres d'éthanol cellulosique (la technologie doit cependant être développée davantage pour être commercialement viable, ce qui est prévu dans 8 à 10 ans)^{23, 36}. Bien que la proportion d'éthanol dans le pool de carburant soit encore faible, la part du maïs produit destiné à cette production est significative et les prévisions entrevoient une augmentation beaucoup plus rapide de la part de ce marché pour le maïs que l'augmentation de la proportion d'éthanol sur le marché des carburants.

En 2006, 3,5 % d'éthanol sur le marché de l'essence utilise 14 % du maïs produit.
En 2017, 7,5 % d'éthanol sur le marché de l'essence utilisera 31 % du maïs produit²³.

1.1.4 Europe

La production d'énergie à partir de biomasse en Europe représente environ 4 % du total des sources énergétiques et 65 % des sources d'énergie renouvelable³⁷. En 2005, la production européenne de biocarburants s'élevait à 3,18 milliards de litres de biodiesel (80 % des biocarburants) et à 730 millions de litres d'éthanol. Le biodiesel est produit principalement à partir du canola (colza). Des huiles de soja et de palme importées sont aussi utilisées. La seconde génération de biodiesel pourrait toutefois être produite à base de cultures ligneuses³⁷. Entre 2006 et 2016, dans les pays de l'Union européenne, les volumes d'oléagineux (principalement de canola) destinés à la production de biocarburants devraient passer d'un peu plus de 10 millions de tonnes à 21 millions de tonnes⁴⁵.

Les céréales constituent la principale matière première servant à produire l'éthanol, la betterave est appelée à être davantage utilisée à l'avenir, de même que la paille et autres résidus pour l'éthanol cellulosique³⁷. Il y a en 2007 entre 38 et 49 usines de production d'éthanol en Europe. La France et l'Allemagne sont les principaux producteurs.

Les incitatifs pour l'utilisation accrue des biocarburants en Europe sont de nature économique et environnementale :

- la forte dépendance envers le pétrole pour le transport;
- les biocarburants sont l'unique substitut disponible à grande échelle;
- la hausse des émissions de CO₂ est la plus rapide dans le secteur des transports.

Les pays européens comptent par ailleurs retirer des bénéfices de même nature par la diversification des sources d'énergie, la réduction des émissions de CO₂, le développement technologique et l'emploi rural³⁷.

On compte parmi les mesures qui incitent à la production de biocarburants en Europe³⁷ :

- la directive sur les biocarburants : 5,75 % d'ici 2010;
- 20 % de l'énergie consommée en 2020 doit être renouvelable;
- remplacement de 10 % de l'essence et du diesel par des biocarburants en 2020;
- des réductions de taxes sur les biocarburants;
- des subventions pour la culture de plantes énergétiques;

- des subventions aux installations de production;
- le développement des véhicules versatiles pour le carburant (flex-fuel);
- des plans d'action nationaux pour atteindre les objectifs, par exemple, en France, la consommation de biocarburants est déjà de l'ordre de 1 à 1,5 % du total des carburants utilisés. Le gouvernement français en novembre 2005 a fixé des taux d'incorporation de biocarburants de 5,75 % en 2008 et 7 % en 2010¹⁴.

La question des terres dédiées aux biocarburants est un enjeu important en Europe. Déjà 3 % des terres arables de l'Europe des 25 (UE-25) était destiné aux cultures énergétiques en 2005.

La question des cultures génétiquement modifiées est aussi un sujet de controverse en Europe, pour des raisons environnementales et de santé, et bien que leur utilisation soit encadrée en vertu de la Politique agricole commune, la France a notamment décidé de suspendre temporairement la culture commerciale des OGM⁵⁵.

Tableau 1.1 Production de biocarburants par les principaux pays producteurs

Pays	Année	Matière première	Biocarburant	Volume produit	Prévisions de production
Brésil	2007	Canne à sucre		21 MM litres	
Canada ⁹	2007	Blé, maïs	Éthanol	840 M litres	2010 : 3,1 MM litres
États-Unis	2006	maïs	Éthanol	19 MM litres	2009 : 39 MM litres
Europe	2005	Oléagineux Céréales	Biodiesel Éthanol	3,2 MM litres 730 M litres	2016 : 6,7 MM litres
Québec ⁵⁶	2007	Gras animal et huiles recyclées Maïs	Biodiesel Éthanol	35 M litres 120 M litres	

M : million, MM : milliard
(sources précitées)

1.1.5 Les échanges

À l'échelle internationale, c'est le Brésil qui occupe le principal marché d'exportation d'éthanol en raison d'une production excédentaire aux besoins du pays. En 2004, les exportations ont atteint 2 milliards de litres pour ensuite décliner en raison d'une hausse du prix du sucre. La disponibilité de l'éthanol brésilien pour l'exportation est donc liée à la demande intérieure, au prix du sucre et aux perspectives de revenus de ces deux marchés. L'éthanol brésilien étant produit à partir de canne à sucre, la matière première peut être dirigée vers l'un ou l'autre des marchés²¹.

La réforme de la politique sucrière en Europe (visant la réduction de la production), pourrait résulter en une diminution de la production de sucre dans les pays européens et occasionner une augmentation de la demande pour le sucre brésilien. La consommation domestique d'éthanol au Brésil pourrait alors augmenter (avec l'augmentation en parallèle de la flotte de véhicules adaptés à tous les types de carburants (flex-fuel)²¹. L'Europe qui produit du sucre à partir de betterave pourrait toutefois faire comme le Brésil avec sa canne à sucre et diriger la culture de betterave vers la production d'éthanol, les surfaces en cultures devraient en effet demeurer au même niveau, en France du moins (400 000 hectares)²².

Le Canada a déjà importé de l'éthanol du Brésil mais les principaux échanges se font avec les Etats-Unis. Et si le prix de l'éthanol brésilien devait monter, les importations du Canada en serait d'autant réduites²². Ce sont les coûts de production qui déterminent en général le niveau des échanges avec les autres états. Les échanges d'éthanol entre le Canada et les Etats-Unis se font dans les deux sens puisque les coûts diffèrent selon la matière première utilisée (il en coûte plus cher par litre de produire l'éthanol avec le maïs dans l'est du Canada qu'avec du blé ou de l'orge dans l'ouest)²². Les coûts de production aux Etats-Unis sont généralement plus bas, les producteurs ayant bénéficié de subventions pour la construction d'usines. Les producteurs d'éthanol de l'est du Canada doivent donc s'attendre à une compétition en provenance de l'importation, à moins que des politiques ne soient adoptées pour favoriser la production ici, tout en respectant toutefois les accords de libre échange²².

2. État de la situation au Canada et au Québec

Le Canada produit environ 840 millions de litres d'éthanol par an en 2007. Ce niveau devrait grimper à 3,1 milliards de litres à la fin de 2010^{9, 56}. Le blé est utilisé comme matière première dans l'Ouest et le maïs est utilisé en Ontario et au Québec. La production de biodiesel en 2004 était de 240 millions de litres, il est prévu en produire 500 millions de litres d'ici 2010.

2.1 Production

Au Québec, il n'existe qu'une usine de production de biodiesel, située à Ville Saint-Catherine. Cette usine de la compagnie Rothsay Biodiesel fabrique 35 millions de litres par année de deux types de biodiesel, à partir de graisses animales dans un cas et avec des huiles et des graisses de friture recyclées dans l'autre cas³².

Des projets de production de biodiesel sont à l'étude et devraient voir le jour au cours des prochaines années³².

L'usine de la compagnie Greenfield Ethanol située à Varennes est en opération depuis février 2007. Cette usine de production d'éthanol, la première au Québec, est conçue pour produire 120 millions de litres par année et elle est approvisionnée en maïs-grain. L'objectif du Québec, fixé à 5 % de contenu en éthanol dans l'essence d'ici 2012 requiert la production de 400 millions de litres d'éthanol, cet objectif offre donc des opportunités pour la construction d'autres usines²⁰.

Toutefois, le Québec entend miser sur le développement de l'éthanol cellulosique en raison du meilleur bilan environnemental attendu avec cette filière et aussi pour des raisons d'approvisionnement en matière première. L'usine d'éthanol de Varennes pourrait, selon un responsable du MRNF, accaparer toute la production de maïs-grain disponible, d'où le besoin de diversification²⁰.

2.1.1 Le biogaz, producteur de chaleur et d'électricité

Le biogaz produit de la chaleur et de l'électricité à partir de la fermentation de la matière organique végétale ou animale (fumier, déchets ménagers, plantes énergétiques). Le potentiel énergétique est variable selon le substrat utilisé. Les déjections animales seules sont moins efficaces. Il faut y ajouter d'autres matières organiques plus efficaces (ex. : plantes, gras, déchets domestiques municipaux). Maintenant, en Allemagne, les nouveaux digesteurs en agriculture utilisent les cultures énergétiques produites sur la ferme plutôt que les déchets municipaux visant une autonomie de production.

Plusieurs pays d'Europe disposent sur leur territoire d'un nombre important de digesteurs pour la production de biogaz. L'Allemagne est de loin le plus grand producteur avec plus de 3000 digesteurs. À ce chapitre, le Canada, avec une dizaine de digesteurs, est très loin derrière les pays européens. On en compte environ 200 aux États-Unis⁴⁴.

Les avantages socioéconomiques et environnementaux du développement de la filière du biogaz sont les mêmes que pour la filière des biocarburants :

- augmentation de la sécurité énergétique nationale;
- augmentation des revenus agricoles et amélioration des infrastructures rurales;
- diminution des émissions de gaz à effet de serre dont l'ampleur reste à déterminer.

La production de biogaz à la ferme offre des bénéfices⁵⁶ :

- Économiques :
 - o vente d'électricité sur le réseau;
 - o autonomie plus grande de la ferme en énergie (chaleur ou électricité), redevances pour la prise en charge des déchets si le système traite les déchets municipaux en plus des produits de la ferme;
 - o possibilité de crédits de carbone.

- Environnementaux et sociaux, favorisant une meilleure cohabitation :
 - o réduction des odeurs de 85 à 90 %;
 - o réduction du taux de phosphore dans les engrais de ferme de 50 %;
 - o réduction des pathogènes du digestat par rapport aux fumiers bruts épandus; fertilisant amélioré (valeur fertilisante variable selon les substrats utilisés, augmentation de la disponibilité de l'azote organique pour les cultures, consistance plus liquide facilitant la reprise et l'épandage avec des rampes);

Tous ces aspects ont une incidence positive sur la qualité de l'eau et la santé publique.

Par contre, des contraintes ont été identifiées en lien avec la méthanisation à la ferme au Québec. En effet, le prix de l'électricité offert par Hydro-Québec étant très bas (0,068 \$/kWh), seules les grandes exploitations agricoles (production moyenne de 5000 porcs et en déficit de terres pour les épandages) peuvent rentabiliser un tel système. Par ailleurs, ces systèmes sont complexes et ils nécessitent des connaissances et une maintenance de la part des producteurs agricoles.

La commercialisation du gaz provenant de la biomasse québécoise par le réseau de distribution public est difficilement réalisable. Il est proposé que ce mode de commercialisation pour les technologies de méthanisation ou de gazéification doit plutôt passer par le chauffage ou la production électrique à proximité des sites de production⁵⁶.

2.1.2 Production de bioproduits

D'après les données issues de l'enquête sur le développement des bioproduits⁵, on estime que 232 entreprises canadiennes développaient ou fabriquaient 1 055 bioproduits en 2003. Le secteur est principalement composé de jeunes entreprises (65 % d'entre elles en font partie depuis moins de 10 ans) de petite taille (moins de 50 employés). Avec 72 entreprises, le Québec représente près de 30 % de ce secteur industriel.

La biomasse agricole et la biomasse forestière représentaient les deux principaux types de biomasse utilisés par les entreprises canadiennes⁵.

Au Québec, la biomasse de source agricole est favorisée (35 % des entreprises) mais les entreprises du Québec utilisent assez abondamment aussi la biomasse forestière (28 % des entreprises) et la biomasse provenant des produits marins (27 %). Il faut aussi préciser que 46 % des entreprises utilisent la biomasse primaire, le reste des entreprises utilisant plutôt des sous-produits, des produits recyclés ou des matières importées. Une particularité du Québec est que les entreprises s'approvisionnent à plus de 50 km de leurs installations. Au Québec, l'une des principales barrières au développement des entreprises de bioproduits est le manque de fiabilité de l'approvisionnement en matières premières⁵. Le Québec est tout de même en tête des provinces dans le domaine du développement de nouveaux bioproduits.

Selon l'enquête sur le développement des bioproduits⁵, le nombre d'entreprise de bioproduits au Québec se répartissait ainsi en 2003 :

Produit	Nombre d'entreprises au Québec
Biocombustibles / bioénergie	16
Produits biochimiques	23
Biopesticides	18
Panneaux de fibres et agri-fibres	10
Bioplastiques, biocapteurs, biocatalyseurs	17
Total	72

Un des secteurs en développement rapide et pour lequel la demande risque d'augmenter rapidement est celui des biomatériaux utilisés pour les emballages. En effet, ces polymères biodégradables ont leur raison d'être notamment dans des applications à courte durée de vie. Et c'est la raison pour laquelle on les retrouve principalement dans le domaine de l'emballage et de l'agriculture-horticulture. Bien que ces matériaux présentent des propriétés intrinsèques intéressantes, il ne sera pas possible de substituer l'ensemble des polymères non biodégradables. Comme dans le cas des biocarburants, la production de polymères biodégradables issus de ressources renouvelables, doit prendre en compte des paramètres environnementaux tel que les surfaces arables limitées, l'approvisionnement en eau, l'utilisation d'intrants ainsi que les considérations socio-économiques des régions productrices⁶.

Les plantes à fibres ont un potentiel de développement de plusieurs nouveaux bioproduits^{50, 51}. Depuis 2004, dans la région de Lanaudière, Lanaupôle Fibres regroupe des producteurs, chercheurs, industriels, intervenants du secteur de la santé et ministères⁵³. Cette filière vise à développer de nouveaux produits commerciaux à partir de plantes à fibres. Les producteurs impliqués sont des anciens producteurs de tabac qui ont dû convertir leur entreprise à la suite du déclin de la demande pour leur production. Cette filière développe la culture du chanvre industriel, source de fibres, d'aliments et de carburant. Cette culture demande une autorisation spéciale du gouvernement du Canada. En 2006, 20 554 hectares ont été autorisés pour la culture dont seulement 88 hectares au Québec. Il y a peu de marchés actuellement et la recherche ainsi que le développement de nouveaux produits sont nécessaires. On parle de 25 000 produits faits à partir du chanvre (graine, huile, fibre)⁵². Il faut souligner que la production de chanvre est interdite aux États-Unis.

Par ailleurs, la plupart des technologies de production de bioénergie ou de biomatériaux entraînent la production de coproduits. L'exploitation de ces coproduits est envisagée comme une opportunité de développement économique dont l'envergure dépend du choix des filières technologiques employées⁵⁶.

2.2 Politiques et mesures

Les politiques et mesures favorisant la production de biocarburants et de bioproduits au Canada et au Québec ont pris de l'importance récemment avec l'avancée des connaissances sur les changements climatiques mais aussi en réponse à la hausse du prix du pétrole. Comme ailleurs également, le développement de ce secteur est vu comme une opportunité d'augmenter les revenus des producteurs et de maintenir et créer des emplois dans les communautés rurales.

2.2.1 Les programmes fédéraux

La production de biocarburants au Canada est encouragée par les prix à la hausse du pétrole mais aussi par la mise en place de programmes d'aide. Le Canada a élaboré une stratégie sur les carburants renouvelables, ainsi que d'autres initiatives pour favoriser le développement de bioproduits et l'exploitation de la biomasse qui prévoient notamment ^{26, 27} :

- Une réglementation imposant 5 % d'éthanol dans l'essence d'ici 2010, et un contenu de 2 % de biodiesel dans le carburant diesel et le mazout d'ici 2012.
- Le soutien à l'expansion de la production canadienne de carburants renouvelables (l'initiative écoÉNERGIE pour les biocarburants) qui sera un investissement pouvant atteindre 1,5 milliard de dollars sur 9 ans pour stimuler la production canadienne de carburants renouvelables comme l'éthanol et le biodiesel. Le soutien se traduira par une remise sur le volume de biocarburant produit (0,10\$ le litre pour les carburants renouvelables pour remplacer l'essence et jusqu'à 0,20\$ le litre pour les carburants renouvelables pour remplacer le diesel). Ces taux iront en diminuant après les 3 premières années du programme.

Le support au secteur agricole en particulier se traduira par de l'aide pour développer la production et trouver des débouchés dans le secteur des biocarburants et des bioproduits :

- 200 millions de dollars pour l'Initiative pour un investissement écoagricole dans les biocarburants (IIEB) qui accordera des incitatifs aux producteurs afin qu'ils puissent participer à de nouvelles initiatives de production de carburants renouvelables. Incitatif pour les producteurs agricoles à investir dans les projets de production de biocarburants et à utiliser des matières premières agricoles pour produire les biocarburants.

Un exemple de projet financé dans le cadre de l'IIEB est une usine qui sera construite près d'un terminal céréalier à Unity en Saskatchewan. L'usine, dont l'entrée en opération est prévue pour 2008, produira 25,25 millions de litres d'éthanol avec 68 000 tonnes de blé. L'usine produira également des drêches sèches de distillerie³³.

- 145 millions de dollars au Programme d'innovation pour les produits agricoles (PIBA) qui vise à mobiliser les chercheurs innovateurs et les ressources pour accroître la capacité de recherche en matière de bioproduits et de bioprocédés agricoles. Le programme favorise la recherche, le développement, le transfert de

- technologie et la commercialisation à l'égard de produits comme les biocarburants, les autres formes de bioénergie, les produits biochimiques, les produits biopharmaceutiques, etc.
- 134 millions de dollars au Programme Agri-débouchés visant à accélérer la commercialisation des nouveaux produits, des procédés ou des services agricoles qui ne sont pas actuellement produits ou commercialisés au Canada, mais qui sont prêts à mettre sur le marché.
 - 20 millions de dollars à l'Initiative des marchés de biocarburants (IMBP) pour les producteurs afin d'aider les agriculteurs à embaucher des conseillers techniques, des conseillers financiers et des conseillers en planification commerciale qui les aideront à élaborer des propositions financières solides et à mener des études de faisabilité et d'autres études connexes.
 - 1 million de dollars pour la production de biocarburants dans le cadre de l'Initiative de développement coopératif (IDC) pour aider les particuliers, les groupes et les collectivités qui souhaitent développer des coopératives pour profiter des débouchés liés aux biocarburants et d'autres activités à valeur ajoutée.

D'autres éléments de la stratégie du Canada sur les carburants renouvelables incluent :

- Un programme pour accélérer le développement et la commercialisation des technologies, Technologies du développement durable Canada (TDDC), qui injecte 500 millions de dollars sur sept ans (le Fonds de biocarburants ProGenMC), pour investir avec le secteur privé dans l'établissement de grandes installations de production de carburants renouvelables de prochaine génération, produits à partir de résidus agricoles et de rebuts de bois, comme la paille de blé, la canne de maïs, les déchets ligneux et le panic érigé.
- L'Initiative écoÉNERGIE sur la technologie qui financera les activités de recherche, de développement et de démonstration en soutien à l'élaboration des technologies d'énergie propre de prochaine génération, dont l'énergie produite à partir de biomasse.
- L'Initiative sur la compétitivité à long terme de l'industrie forestière est constitué d'un fonds de 70 millions de dollars pour le financement d'un nouvel institut national de recherche en foresterie (PFInnovations), pour la création du Centre canadien de la fibre ligneuse et pour soutenir les avancées novatrices en foresterie, notamment pour le développement et l'adaptation de technologies

émergentes et de pointe comme l'exploitation de la biomasse, de la biotechnologie et de la nanotechnologie forestières²⁸.

En contrepartie des programmes d'aide, les exemptions actuelles de la taxe d'accise sur les carburants dans le cas de l'éthanol et du biodiesel seront éliminées au plus tard le 1er avril 2008.

La stratégie du Canada sur les carburants renouvelables favorise donc le développement de la production par les agriculteurs qui seront enclins à utiliser dans un premier temps les cultures alimentaires. Une part de l'aide financière permettra toutefois de développer les biocarburants de seconde génération ainsi que des bioproduits énergétiques.

La mise en place de ces programmes au Canada semble ainsi démontrer la reconnaissance des avantages de développer les biocarburants de seconde génération qui amélioreront le bilan environnemental et permettront l'exploitation de matières premières renouvelables non traditionnelles. Ces matières sont composées principalement de lignocellulose plutôt que d'amidon (graminées à croissance rapide, déchets agricoles et biomasse forestière) et les biocarburants qui en sont issus sont produits au moyen de technologies de conversion innovatrices qui nécessitent encore du développement.

2.2.2 Les mesures en place au Québec

Au Québec, la plus grande part des émissions de gaz à effet de serre est attribuée au transport avec 38 % du total. Il est donc naturel que des réductions d'émissions soient espérées en remplaçant les carburants fossiles par des biocarburants. Incidemment, le Plan d'action pour lutter contre les changements climatiques prévoit que l'éthanol représente 5 % des ventes de carburants des distributeurs d'essence en 2012¹⁵.

Parmi les mesures qui faciliteront la production ou la consommation de biocarburants au Québec, on note :

- un remboursement de la taxe sur le carburant (0,162 \$/litre) perçue à l'achat de biodiesel pur (B100), le remboursement n'est toutefois pas accordé si le biodiesel est mélangé à du pétrodiesel^{9, 19};
- dans le cadre du Plan d'action concerté sur l'agroenvironnement et la cohabitation harmonieuse de l'Union des producteurs agricoles du Québec, du MDDEP et du MAPAQ, il est prévu d'encourager la production d'énergie au moyen de biomasses agricoles comportant des co-bénéfices environnementaux, en finançant entre autres des initiatives de production de biocarburants³⁰;

- dans le cadre de la stratégie énergétiques du Québec, le gouvernement entend accélérer la mise en valeur des nouvelles technologies énergétiques, dans cette optique, le développement d'une filière québécoise des carburants renouvelables figure parmi les priorités ;
- le gouvernement du Québec entend privilégier la production locale d'éthanol à partir de la biomasse forestière, des résidus agricoles et des matières résiduelles, plutôt qu'à partir de maïs-grain. À cet effet, une chaire de recherche sur l'éthanol cellulosique a été créée à l'Université de Sherbrooke et du financement a été octroyé pour la construction de deux usines pilotes dont l'une devrait être en activité en 2008. D'autres initiatives sur l'éthanol cellulosique seront lancées au cours des prochaines années¹⁵.

Le secteur agricole du Québec bénéficie par ailleurs des programmes du gouvernement fédéral pour développer la production et la commercialisation des biocarburants. Par exemple, dans le cadre de l'initiative des marchés de biocarburants pour les producteurs (IMBP), le financement de 12 projets de production de biocarburants a été annoncé en août 2007²⁹. Ces projets, dont le financement est géré par le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ), sont pour la plupart à l'étape des études de faisabilité et du plan d'affaires et concernent des installations de production de biocarburants de petite envergure. Certains des projets sont des études concernant la valorisation de la biomasse cellulosique²⁹ (voir la liste à l'annexe 1).

Afin de familiariser les utilisateurs avec le biodiésel, des expériences d'utilisation de biocarburants à grande échelle ont été réalisées au Québec et les résultats semblent être satisfaisants. L'un de ces projets, *BIOBUS*, s'est déroulé à Montréal avec les autobus de la Société de transport de Montréal. Pendant une année, 155 véhicules de transport en commun ont utilisé du biodiésel fabriqué par la compagnie Rothsay Biodiésel de Ville Sainte-Catherine. Plusieurs autres partenaires ont participé au projet dont la Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec (FPCCQ)^{31, 32}.

Un des avantages notés de ce projet a été la réduction de 1 300 tonnes de GES sur une période d'un an. Les avantages environnementaux obtenus incitent à étendre la pratique. Ainsi, plusieurs autres sociétés de transport ainsi que des municipalités québécoises et canadiennes utilisent déjà ou prévoient convertir leurs flottes de véhicules pour utiliser du biodiésel. Les villes et sociétés suivantes ont des projets en ce sens :

- la Société de transport de Montréal (STM) convertira progressivement au B5 son parc de 1 600 véhicules dès novembre 2007, la Société de transport de Laval (STL) fera de même,
- Victoriaville, première municipalité du Québec à convertir son parc de véhicules municipaux au biodiésel,

- d'autres sociétés de transport en commun (RTC, ST Lévis, ST Saguenay, ST Sherbrooke et STO) ainsi que les villes de Montréal et de Laval convertiront également leurs véhicules au biodiésel,
- Toronto, Saskatoon et Halifax utilisent du B20 dans leur parc d'autobus.

3. Les avantages des biocarburants

3.1 Contenu énergétique

L'engouement pour les biocarburants doit se justifier entre autres par un avantage au niveau du bilan énergétique de ces carburants par rapport aux carburants fossiles.

Le rendement énergétique a été évalué par diverses méthodes pour le biodiésel en établissant le ratio de l'énergie utilisée pour la production sur l'énergie contenue dans le carburant. Les méthodes varient selon que l'on considère l'énergie utilisée pour le carburant seulement ou selon que la portion d'énergie nécessaire à la production des co-produits est prise en compte. Les ratios résultants varient de 1:1 à 3,2:1⁴¹. Le ratio utilisé par le National renewable energy laboratory aux Etats-Unis est le plus favorable, il tient compte seulement de l'énergie du biodiésel et de la part d'énergie nécessaire pour le produire, ce qui se traduit avantageusement pour le biodiésel.

3.2 Émissions de gaz à effet de serre

Les avantages environnementaux en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre servent de justification à la production à grande échelle des biocarburants. Selon les études, les avantages varient et peuvent même s'avérer être des impacts négatifs (voir section suivante). À partir d'analyses faites en tenant compte du cycle de vie des produits (émissions de GES à partir de la production de la matière première jusqu'à l'utilisation finale du carburant), les bénéfices au chapitre des émissions de gaz à effet de serre, tel que rapporté par Ressources naturelles Canada, sont les suivants⁹ :

Biocarburant	% d'émissions de gaz à effet de serre (GES) en moins par rapport au carburant fossile
Biodiesel pur (selon la matière première utilisée (huile, graisse animale ou autre))	64 % à 92 % (pétrodiesel)
B20	12 % à 18 % (pétrodiesel)
B2	1 % à 2% (pétrodiesel)
E-10 à partir de maïs	3 % à 4 % (essence)
E-10 à partir de cellulose	6 % à 8 % (essence)
E-85 à partir de cellulose	75 % (essence)

Il est important de noter que les émissions de GES comptabilisées pour le cycle de vie peuvent varier selon la source d'énergie qui alimente les usines de production. Les usines canadiennes d'éthanol de blé et de maïs sont alimentées en gaz naturel et par conséquent, l'éthanol produit au Canada émet en général moins de GES que celui produit aux Etats-Unis où les usines fonctionnent au charbon ou à d'autres combustibles fossiles⁹.

À partir des données précédentes, il est clair qu'une réduction significative des émissions de gaz à effet de serre devrait être basée sur l'utilisation du biodiesel pur ou à 20 % et sur l'utilisation de l'éthanol produit à base de cellulose. En effet, en simulant le remplacement de 10 % du carburant consommé au Canada par de l'éthanol de maïs, les émissions de GES ne seraient réduites que de 1 % au pays.

Par conséquent, la politique canadienne d'introduction de 5 % d'éthanol dans le volume total d'essence d'ici 2010 et de 2 % de biodiesel d'ici 2012 risque d'être peu efficace au chapitre des réductions d'émissions de GES. Il en va de même pour la politique du Québec d'introduire 5 % d'éthanol en moyenne dans l'essence d'ici 2012⁹.

L'intention du Québec de privilégier la filière de l'éthanol cellulosique devrait toutefois contribuer à améliorer le bilan des émissions de gaz à effet de serre par rapport à l'utilisation du maïs-grain. Les avantages soulevés sont les suivants :

- Utilisation de résidus forestiers et agricoles non valorisés (il y aurait 5 millions de tonnes de biomasse forestière disponible pouvant produire 1,6 milliard de litres d'éthanol si elle était récupérée)²⁰;
- Utilisation de déchets urbains et de boues de traitement des eaux (il est estimé qu'il serait possible de récupérer la moitié des 7 millions de tonnes de déchets enfouis par année pour produire de l'éthanol cellulosique²⁰;

À l'échelle globale, les objectifs de remplacement des carburants fossiles par les biocarburants n'auraient qu'un effet mineur sur les émissions, selon l'OCDE, les biocarburants ne permettraient en fait de réduire les émissions de CO₂ que de 3 % seulement.

3.3 Valorisation de la biomasse

La production de biodiesel permet la valorisation de matières résiduelles lorsqu'il est produit à partir de résidus d'abattoirs ou d'huiles de fritures recyclées. Le biodiesel ainsi produit respecte par ailleurs les normes établies³².

La production d'éthanol lignocellulosique ainsi que la production de bioproduits comme des granules sont aussi des occasions de valoriser divers types de biomasse. Les résidus forestiers sont particulièrement visés et diverses méthodes sont analysées pour en maximiser l'utilisation⁵⁶. Le développement de cultures dédiées est aussi une avenue explorée.

3.4 Économie

Les arguments en faveur du développement des biocarburants soulignent entre autres l'effet positif sur la création d'emplois à l'échelle régionale, particulièrement dans les communautés rurales. Une industrie des carburants renouvelables est considérée intéressante pour l'augmentation des revenus des agriculteurs grâce à l'ouverture de nouveaux marchés³².

Aux Etats-Unis, l'industrie de l'éthanol a généré en 2006 :

- 41,1 milliards de dollars de produits bruts;
- 160 231 emplois;
- 2,7 millions de dollars en revenus de taxes
- des dividendes pour les producteurs de 0,60 \$/gallon;
- des partenariats et l'intégration de la production³⁶.

En Europe, l'Union européenne estime que pour chaque 1 % de remplacement du pétrole par des biocarburants, il y a création de 45 000 à 75 000 emplois dont 50 % en agriculture¹⁴.

La production de biocarburants génère par ailleurs des co-produits qui sont mis en marché, notamment pour l'alimentation animale. Les drêches sèches de distillerie produites par le procédé de fabrication d'éthanol anhydrique servent en effet de source de protéines pouvant remplacer à moindre coût des protéines de source primaire (soja par exemple)³⁶. Avec la technologie actuelle, la production d'éthanol de 2007 aux Etats-Unis représente 16 millions de tonnes de ces drêches (environ 8 kg par boisseau de maïs)³⁶. Toutefois, avec les technologies en développement pour produire de l'éthanol cellulosique d'ici une dizaine d'années, le rendement en éthanol sera nettement amélioré, les émissions de CO₂ seront réduites et il n'y aura plus de production de drêches, mais de la lignine qui pourra servir de source d'énergie combustible³⁶.

Selon une analyse européenne, les biocarburants deviennent compétitifs à un prix du pétrole qui dépasse 75 \$/baril. En tenant compte toutefois des revenus liés aux échanges de droits d'émissions de gaz à effet de serre, à un prix de 20 Euros/tCO₂eq

pour les émissions évitées grâce à des projets de séquestration en milieu agricole, les biocarburants seraient compétitifs avec le pétrole à 65 \$/baril²⁴.

Les politiques de lutte aux changements climatiques pourraient d'autre part permettre aux producteurs de biocarburants (les entreprises qui opèrent des usines) de participer au marché du carbone en se voyant accorder des crédits pour des substitution de combustibles par exemple (ex : remplacer le gaz naturel par de la biomasse). Des protocoles sont en développement pour que les entreprises puissent échanger des crédits sur la bourse du carbone de Chicago⁴³.

En termes de marché pour la production agricole, l'utilisation du maïs grain pour l'éthanol peut sembler intéressante comme le souligne un rapport du ministère de l'agriculture des Etats-Unis²³. Par exemple, les drêches sèches de distilleries peuvent remplacer le maïs-grain dans l'alimentation animale (les drêches peuvent remplacer le maïs à raison d'un kilogramme pour un kilogramme pour les bovins de boucherie, un kilogramme de drêches pour 0,45 kg de maïs pour les bovins laitiers et 1 kg pour 0,85 kg pour les porcs) à moindre coût. Cette situation est prévisible à court terme toutefois, ou tant que le prix du maïs demeure élevé et que cette filière énergétique est privilégiée.

En termes de revenus pour les producteurs agricoles, il est prévu une augmentation à court terme (aux Etats-Unis par exemple, une légère augmentation des revenus globaux est prévue entre 2006 et 2008 et une stabilisation serait par la suite observée jusqu'en 2016 au moins)²³. Cette augmentation pourrait toutefois être de courte durée en raison de la diminution des aides financières à cette catégorie de cultures au cours des prochaines années, comme cela est prévu aux États-Unis²³.

La valeur des fermes devrait augmenter en parallèle avec l'augmentation des prix des produits cultivés, particulièrement sur les terres dédiées au maïs-éthanol (la valeur des terres aux Etats-Unis par exemple, passerait de 2 000 \$/ac en 2007 à plus de 2 500 \$/ac en 2016). Cette augmentation de la valeur des terres peut toutefois être considérée comme un incitatif à la spéculation pour d'autres usages que l'agriculture, d'où l'importance au Québec de protéger le territoire à vocation agricole.

4. Les effets négatifs des biocarburants

4.1 Gaz à effet de serre

Au chapitre de l'émission de gaz à effet serre, la plupart des études concluent à un avantage des biocarburants sur les carburants fossiles. Une étude récente s'étant penchée sur les émissions de N₂O vient cependant remettre en question le bilan positif jusqu'ici accepté. L'étude n'est toutefois pas basée sur le cycle de vie complet des carburants, elle ne tient pas compte de l'utilisation de carburants fossiles dans le processus de fabrication ni de l'utilisation des co-produits comme alternative énergétique dans le processus de fabrication²⁵.

Selon l'étude en question, les engrais utilisés dans les exploitations agricoles émettent de trois à cinq fois plus de gaz à effet de serre que ce qui était auparavant comptabilisé. Ce résultat a donc une influence sur le bilan des émissions comparées de l'utilisation des biocarburants par rapport aux carburants fossiles, les résultats sont les suivants, en fonction du type de biocarburant :

- pour le biodiésel fabriqué à base de canola, entre 1 et 1,7 fois plus d'émissions de GES que dans le cas du pétrodiesel;
- pour l'éthanol à base de canne à sucre produit au Brésil, l'effet est moindre avec 0,5 à 0,9 fois plus d'émissions de GES qu'avec l'essence;
- l'éthanol produit aux Etats-Unis avec du maïs-grain émet entre 0,9 et 1,5 fois plus de GES que l'essence.

Par ailleurs, selon l'OCDE, une part de marché des agrocarburants de 13% d'ici 2050 représenterait une réduction des GES du secteur des transports de 3% qui serait très vite annulée par une augmentation des besoins de carburants pour les transports : étant donné la croissance prévue de la demande des carburants de transport, [les agrocarburants] ne réduiront pas la consommation globale de pétrole mais modéreront seulement la croissance de la demande⁴⁷.

4.2 Intrants

La demande pour les intrants en agriculture augmentera selon certaines analyses, ce qui risque d'augmenter les coûts de production. Le prix de l'énergie à la hausse augmentera ainsi les coûts⁷:

- hausse de la demande en eau et du prix de l'eau (pompage, distribution, désalinisation dans les régions en déficit hydrique);

- hausse des coûts de transport;
- hausse des prix des engrais et pesticides;

Au net, l'effet est incertain à savoir si la hausse de la demande pour des biocarburants induira une demande plus forte pour les intrants ou si la hausse du prix du pétrole induira une diminution de la demande pour les intrants⁷.

4.3 Prix et disponibilité des aliments

Il semble exister aux Etats-Unis une relation similaire entre le prix du maïs destiné à la production d'éthanol et celui du maïs pour l'alimentation que celle entre le prix du sucre pour l'éthanol et le prix du sucre de consommation au Brésil. En effet, avec les subventions accordées pour promouvoir la production d'éthanol, les producteurs ont destiné une part importante de la récolte de maïs-grain à l'éthanol au cours des deux dernières années. Cette situation a eu pour effet une hausse de 60 % du prix du maïs³⁴.

La hausse du prix du maïs se répercute sur d'autres catégories de produits agricoles qui utilisent le maïs comme intrant (viande) ou qui en sont des dérivés (sirop, féculé). Le prix de certains produits transformés s'en trouveraient également augmenté³⁴.

Selon l'OCDE et la FAO, la production d'éthanol à partir de maïs est une des raisons qui ont provoqué une baisse des stocks de céréales et l'augmentation des prix en 2006. En effet, la progression de la demande de biocarburants entraîne une mutation radicale des marchés agricoles qui induit une hausse des prix mondiaux de nombreux produits⁴⁵. Certains analystes pensent toutefois que les rendements augmenteront, et que les éleveurs pourront remplacer le maïs comme aliment du bétail par les tourteaux et les drêches de distillerie, ce qui amenuiserait la hausse des prix du maïs⁹.

Selon les perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2007-2016, des facteurs transitoires tels que les épisodes de sécheresse sévissant dans les régions productrices de blé ou le faible niveau des stocks expliquent dans une large mesure les récentes augmentations des prix agricoles. L'OCDE est par ailleurs catégorique quant aux effets des transferts de terres arables sur les prix : *n'importe quel transfert de terre de la production de nourriture vers la production de biomasse énergétique influencera à la hausse les prix des denrées alimentaires*⁴⁵.

4.4 Superficie des terres arables

Il est estimé que pour répondre à l'objectif de 5,75 % de remplacement de carburants fossiles par des biocarburants, la superficie nécessaire de l'UE-25 pour produire ces carburants serait équivalente à 18 % de la superficie agricole totale³⁷.

Aux États-Unis et en Europe, il est estimé que la substitution de 10 % de pétrole par des biocarburants (éthanol ou biodiésel) entraînera des problèmes de disponibilité des terres agricoles. Des objectifs plus ambitieux de remplacement forceront le développement d'autres sources de matières premières, sans quoi apparaîtront des conflits d'usage pour les terres entre la production de biocarburants et la production alimentaire¹⁴.

4.5 Économie

Les économies d'échelle sont une condition à la rentabilité des usines de production d'éthanol de maïs (130 millions de litres par an seraient un minimum), ce qui fait que les usines de faible capacité se font rachetées par des compagnies importantes qui recueillent ensuite la majorité des bénéfices, comme cela se produit aux États-Unis⁹.

Au chapitre du coût de réduction des émissions de gaz à effet de serre, la réduction d'une tonne de GES aux États-Unis à partir de maïs coûte environ 500\$. Par comparaison, le GIEC estime que la technique du piégeage et de stockage du carbone pourrait coûter selon les centrales concernées entre 40\$ et 270€ la tonne évitée⁴⁷.

5. La recherche et le développement

Le développement des biocarburants et des bioproduits est largement dépendant de la recherche de pointe menée dans plusieurs domaines, tant au niveau des technologies de transformation que de la production des matières premières et des utilisations de ces nouveaux carburants et produits. À titre d'exemple, le Réseau des cultures vertes est un réseau de recherche canadien regroupant des chercheurs dans le but de développer des moyens de réduire les émissions de GES et de produire de l'énergie renouvelable en exploitant la physiologie des plantes cultivées⁴.

5.1 L'avenir des biocarburants, la seconde génération

Au-delà de 2010, les surfaces requises pour la production de biocarburants avec la technologie actuelle, utilisant uniquement les réserves énergétiques des plantes, seront trop importantes, et il faudra pouvoir exploiter la partie lignocellulosique de la matière végétale pour poursuivre le développement de l'usage des biocarburants¹³.

Selon plusieurs intervenants, dans un avenir à moyen terme (2015) ce sont les biocarburants issus de la transformation de la biomasse lignocellulosique qui présenteront le plus fort potentiel de développement. Cette transformation pourra se faire soit par voie thermochimique (pyrolyse et gazéification de la biomasse) soit par voie biochimique (production d'éthanol). Il est estimé par exemple que le quart de la production de pailles de céréales en France pourrait fournir suffisamment d'éthanol (1,5 Mtep) pour répondre à la directive européenne de 5,75 % de biocarburants pour 2010^{14, 24}.

En Europe, la lignocellulose représente le gisement en biomasse végétale le mieux réparti et le plus important. Cette ressource est constituée de différents types de produits : les résidus secs d'exploitation agricole et forestière (paille, copeaux...), les produits de l'exploitation forestière, les cultures dédiées annuelles (triticale...) ou pérennes (miscanthus, taillis à courte rotation...)¹³.

Des projets pilotes réalisés au cours des dernières années aux Etats-Unis ont démontré la faisabilité technique de la production d'éthanol cellulosique et incitent des compagnies à éventuellement implanter des usines commerciales³⁸.

Une première usine commerciale de production d'éthanol cellulosique à partir des rafles de maïs sera implantée à Emmetsburg, Iowa. La technologie à la fine pointe du développement dans ce domaine utilisera la fractionation et la conversion lignocellulosique pour produire l'éthanol. L'usine produira 472 millions de litres annuellement.

L'avancée technologique permettra de produire 11 % de plus d'éthanol à partir d'un boisseau de maïs, et 27 % de plus par unité de surface en culture. Le procédé éliminera presque totalement l'utilisation de combustible fossile et réduira la consommation d'eau de 24 %⁴⁰.

Le développement en cours dans le domaine des biocarburants concerne donc principalement l'utilisation de lignocellulose comme alternative aux cultures agricoles comme le maïs-grain. Les avancées souhaitées permettront d'améliorer la performance des biocarburants au chapitre des émissions de gaz à effet de serre par rapport à l'éthanol produit à base de céréales, de même qu'à améliorer la performance économique de la production. Les avenues considérées pour éventuellement remplacer l'éthanol à base d'amidon ou de sucre incluent les résidus agricoles comme la paille, les tiges de maïs, les résidus de cultures et résidus forestiers, et les cultures dédiées comme le saule, et des plantes annuelles ou pérennes^{2, 8}. Une usine pilote est en opération à Ottawa pour la production d'éthanol à partir de paille de céréales (blé, avoine, orge). L'usine peut transformer 40 tonnes de matière première par jour et produire 3 millions de litres d'éthanol annuellement¹⁶.

La Chaire industrielle en éthanol cellulosique de l'Université de Sherbrooke, créée en mai 2007, mène différents projets de recherche pour produire de l'éthanol à partir de déchets forestiers et de résidus domestiques et agricoles. La Chaire profite d'un soutien financier de 1,5 M\$ du ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Elle compte aussi sur l'appui de cinq acteurs importants de l'industrie québécoise des biocarburants, Kruger, Ultramar, Éthanol Greenfield, CRB et Enerkem Technologies.

La première usine pilote de production d'éthanol cellulosique au Québec devrait débiter ses activités en 2008. En effet, des essais de la compagnie Enerkem sont en cours pour valoriser de la biomasse forestière, agricole, et des résidus (matières résiduelles municipales, plastique) par gazéification. Le procédé donne un gaz de synthèse qui peut ensuite être utilisé pour produire de l'éthanol^{20,31}. La production visée à terme est de 50 millions de litres d'éthanol.

Les résidus de meunerie (son de blé, écales d'avoine, d'orge et de tournesol, rafles de maïs, résidus de lin) sont déjà utilisés pour en produire des granules servant au chauffage, notamment dans les serres, en substitut aux combustibles fossiles. Cette avenue semble intéressante économiquement, des serriculteurs Ontariens ont chauffé avec cette biomasse au coût avantageux de 6\$/GJ par rapport au gaz naturel (9\$/GJ) en 2006-2007. Le développement de cette catégorie de biocombustibles entre cependant en compétition avec l'approvisionnement en matière première destinée à l'alimentation animale¹⁷. D'intenses recherches sont en cours depuis plusieurs années par des chercheurs de l'organisation Resource Efficient Agricultural Production Canada pour l'utilisation du panic érigé comme source de fibre pour la fabrication de granules. Les résultats tendent à démontrer que la culture, la transformation et la combustion de cette source d'énergie pourrait être intéressante au chapitre de la réduction des émissions de gaz à effet de serre¹⁷.

La maturité commerciale des technologies de production des biocarburants dépend en grande partie de l'avancement des technologies de production. La maturité technologique ne garantit toutefois pas que la production pourra être mise en marché (tableau 5.1).

Tableau 5.1 L'avancement technologique et commercial des biocarburants³⁶.

Matière première	Biocarburant	Cultures tempérées	Cultures tropicales	Technologie de conversion	Utilisation	Maturité technologique	Maturité commerciale
Sucre et amidon	Éthanol	Maïs, betterave	Canne à sucre, sorgho, manioc	Fermentation	Transport	Élevée	Élevée
Huile d'oléagineux	Biodiesel	Soja, canola, tournesol	Palme, jatropha, pongamia	Trans-estérification	Transport, électricité	Élevée	Moyenne*
Bois	Biogaz	Saule, peuplier	Eucalyptus, acacia	Gazéification, combustion directe, cogénération, pyrolyse	Électricité, chauffage	Élevée	Faible
Matières résiduelles municipales, résidus agricoles	Biogaz, éthanol	Matières résiduelles	Matières résiduelles	Gazéification, combustion directe, pyrolyse, digestion anaérobique	Électricité, chauffage, transport	Élevée	faible
Bagasse	Combustible		Canne à sucre	Combustion directe	Électricité, énergie	élevée	Élevée**
Lignocellulose	Éthanol	Panic érigé, rafles de maïs, résidus agricoles	Bagasse, résidus agricoles	Transformation chimique et biologique	Transport	Très faible	Très faible***

* évaluation corrigée de la source en raison de la commercialisation du biodiesel en Europe.

** la bagasse est utilisée comme source d'énergie dans le cycle de fabrication d'éthanol de canne à sucre, ce qui contribue à réduire les coûts de production et qui augmente l'efficacité énergétique de cette filière

*** : le potentiel n'est pas nul compte tenu de quelques projets pilotes et d'un premier projet commercial

Des essais de la compagnie PetroSun sont en cours en Alabama pour produire du biodiesel à partir de biomasse d'algues. Cette avenue sera explorée et des installations de culture et d'extraction d'huile pourraient être implantées au Mexique en Australie et ailleurs aux Etats-Unis⁴².

5.2 Biomatériaux

Les activités de recherche et développement sont considérées comme une condition à la mise en place d'une économie des biomatériaux et des biocarburants qui soit durable³. Dans le domaine des biomatériaux par exemple, l'arrivée sur le marché de biopolymères à base d'amidon⁶, destinés à fabriquer des emballages et des couverts entre autres, démontre bien le potentiel commercial de ces produits comme substituts aux produits à base de pétrole. Cette substitution en cours est appelée à prendre de l'ampleur avec la diminution des stocks pétroliers et l'augmentation du prix du pétrole⁵⁶.

5.3 L'économie

En raison de la nouveauté relative de la production industrielle des biocarburants, les chercheurs reconnaissent que certains aspects sont encore mal compris ou insuffisamment documentés. Entre autres :

- Des recherches sont encore nécessaires pour mieux comprendre les implications du développement d'un marché des biocarburants dans le marché de l'énergie⁷.
- Les effets de la croissance économique dans les pays en développement sur les marchés de l'énergie, des carburants et sur l'agriculture nécessitent davantage d'analyses⁷. L'industrialisation de l'Asie notamment entraînera des défis et des opportunités pour le reste du monde.
- Parce que l'agriculture peut intervenir pour séquestrer les GES et produire des biocarburants, il faut une meilleure compréhension des effets des politiques liées aux changements climatiques sur la demande énergétique et de leurs effets sur la demande de biocarburants⁷.
- Des études sont requises pour mieux comprendre l'économie de la production des biocarburants⁷.

- Les enjeux économiques entourant la disponibilité des terres en rapport avec la production de biocarburants doivent aussi être mieux définis.

5.4 L'environnement

Les impacts de la production de biocarburants sur les ressources renouvelables, l'eau, la biodiversité, les écosystèmes ainsi que l'usage de pesticides associé à cette production, sont encore peu connus. Face aux incertitudes, il est essentiel de poursuivre les études afin de déterminer les activités susceptibles d'avoir des effets négatifs sur l'environnement. Le principe de précaution incite par ailleurs à la prudence en ce qui a trait à l'expansion à grande échelle des monocultures énergétiques.

6. Positionnement pour le développement durable de la production de biocarburants et de bioproduits au Québec

6.1 Les constats

- Avec les prix actuels du pétrole, la production de biocarburants est économiquement justifiée principalement en raison des aides publiques accordées.
- Les politiques agricoles en faveur du développement des biocarburants risquent de devenir difficiles à justifier à mesure que les revenus tirés de ce marché augmenteront pour les producteurs. Cependant, des politiques en faveur de la production alimentaire de base pourraient devenir nécessaires⁷.
- Les mesures de soutien aux filières de production de biocarburants de première génération doivent être considérées comme transitoires jusqu'à ce que s'équilibrent le marché et la technologie¹¹.
- Dans une optique de réduction des émissions de gaz à effet de serre, le bilan est mitigé et les biocarburants sont une solution à certaines conditions¹⁴ :
 - o que les émissions de CO₂ soient taxées,
 - o que l'approvisionnement soit local,
 - o que les filières de production permettent des réductions d'émissions effectives par rapport aux carburants fossiles (utilisation minimale de combustible fossile dans les procédés de production et de transformation de la biomasse énergétique)¹¹,
 - o que la remise en culture des jachères et des prairies en Europe soit évaluée en tenant compte de la quantité de carbone du sol qui serait libérée, le bilan des émissions en serait d'autant alourdi¹¹,
- la situation actuellement observée de croissance phénoménale de la production d'éthanol à partir de cultures alimentaires ne sera pas soutenable à long terme.
 - o le prix des céréales est en hausse,
 - o les stocks disponibles pour l'alimentation humaine diminuent (surtout dans les pays en développement,
 - o l'expansion dans certains pays se fait au détriment d'écosystèmes importants pour la biodiversité et pour les communautés locales¹¹.
- La première génération de biocarburants à base de produits agricoles n'est pas efficace d'un point de vue énergétique. La production d'éthanol à partir de

lignocellulose, plus efficace, devrait être favorisée à l'avenir²⁴. Les avantages attendus de cette filière incluent la limitation des besoins en terre, l'amélioration des rendements énergétiques et la réduction des coûts de production²⁴.

- Les matières lignocellulosiques exploitables incluent¹⁴ :
 - o Le bois-énergie (fabrication d'éthanol, transformation en granules, production de biogaz),
 - o Les résidus agricoles (tiges de canola, lin, tournesol, et pailles de céréales),
 - o Les cultures dédiées pérennes,
 - o Les résidus d'exploitation forestière.

6.2 Les recommandations pour un développement durable des filières biocarburants et bioproduits

Il est souhaitable pour le Québec d'adopter une vision d'ensemble qui tienne compte de tous les enjeux liés à l'exploitation de la biomasse. Les producteurs agricoles sont des acteurs directement concernés et ils doivent pouvoir participer à l'essor des biocarburants et bioproduits dans un cadre de vision globale.

Les agriculteurs devraient pouvoir agir et être appuyés aux échelles où ils peuvent exercer un certain contrôle sur les facteurs qui influencent la production, c'est-à-dire à la ferme et à l'échelle régionale principalement. À cet égard les politiques et mesures suivantes sont proposées :

- Élaborer des politiques favorisant la production d'énergie pour les besoins à la ferme et éventuellement pour fournir un marché local, ces politiques sont plus soutenables à long terme que les subventions pour la production d'éthanol.
- Faciliter la participation des agriculteurs aux mécanismes de séquestration du CO₂ et mettre en place des mesures qui résulte en une synergie entre le développement des biocarburants de seconde génération, la lutte aux changements climatiques, la mise en valeur des terres marginales (cultures pérennes ou bois énergétique) et l'essor économique des communautés rurales.
- Améliorer les mesures fiscales en taxant davantage les activités polluantes et en réduisant les contraintes économiques à l'utilisation des biocarburants, dans un souci toutefois d'équilibre entre l'offre et la demande afin de contrôler le développement du secteur.

Devant l'ampleur du phénomène de la production des biocarburants avec tous les enjeux concernés, il est des intervenants, surtout en Europe, qui recommandent une pause voire un moratoire dans le développement des investissements jusqu'à la maturité technologique et commerciale de la production des biocarburants de seconde génération^{11, 54, 56}.

Sans y aller d'une telle recommandation pour le Québec, il est des mesures qui permettent d'accélérer le développement de la seconde génération de biocarburants :

- soutenir de façon plus importante la recherche et le développement des carburants à base de lignocellulose et autres matières premières dans le but d'améliorer les bilans énergétiques et environnementaux;
- améliorer les méthodes de culture, incluant le choix judicieux des végétaux mêmes (favoriser les plantes pérennes, les espèces les plus productives et ayant des caractéristiques répondant aux besoins (teneur en huile, nombres de tiges, densité, peu exigeantes en eau, engrais) afin d'éviter les conséquences néfastes des monocultures intensives sur l'utilisation de l'eau, des sols et des produits phytosanitaires, cette avenue concerne d'ailleurs l'ensemble des pratiques agricoles et vise à rendre l'agriculture plus durable.

6.3 Les choix pour le Québec

Les choix que pose au secteur agroalimentaire et à la société québécoise, le recours aux biocarburants concernent certains aspects abordés plus haut. Il est important d'autre part de considérer la question des bioénergies dans son ensemble, afin d'élargir les choix et les opportunités qui s'offre dans ce secteur au Québec.

En ce qui a trait à la recherche et au développement, les choix pour les biocarburants semblent déjà se dessiner en faveur de l'éthanol lignocellulosique, des projets étant déjà en phase pilote. À cet égard, il est important de mettre en place davantage de projets pilotes utilisant d'autres sources que le maïs, là où les conditions de base sont réunies en termes de disponibilité de biomasse et d'acceptabilité sociale.

L'éventuelle concurrence entre l'alimentation et l'énergie est une préoccupation qui est justifiée notamment au niveau de la production de céréales dans certains pays où les besoins alimentaires sont à peine comblés⁵⁴. Le Québec ne semble pas avoir à craindre une telle situation même dans un avenir lointain, mais l'impact pourrait se faire sentir au niveau des prix des aliments.

Le choix des bonnes filières est un point majeur du contexte actuel et ce choix doit évidemment se faire dans les meilleurs intérêts du Québec en général et des intervenants concernés par le développement des bioénergies en particulier. De façon générale, les communautés rurales disposent de matières premières provenant soit de l'exploitation forestière ou agricole, soit des secteurs municipaux et industriels, incluant les produits marins, soit d'une combinaison de ces sources de biomasse. Plusieurs facteurs et contraintes peuvent par ailleurs influencer le choix d'une approche technologique, notamment les types et volumes de biomasse disponible, les propriétés de cette biomasse, les technologies de transformation adaptées, les ressources humaines et financières disponibles, les besoins de la communauté, etc. Par exemple, la production de biogaz pourrait bien convenir dans certaines communautés rurales, ce type de production implique la participation de divers promoteurs (groupes de producteurs agricoles, entreprises forestières, municipalités, MRC, coopératives d'exploitation ou entrepreneurs) pour le développement d'une filière dite de l'énergie communautaire. Ce développement des bioénergies par les communautés offre d'ailleurs davantage de retombées socioéconomiques positives que les projets commerciaux traditionnels. D'ailleurs, dans plusieurs pays d'Europe, le développement des énergies vertes est passé par cette solution. Ce type de développement doit toutefois être soutenu par des politiques d'appui⁵⁶. L'annexe 2 présente un tableau qui décrit les possibilités de développement des filières bioénergétiques.

Le choix d'une technologie de production de bioénergie dépend de la nature, du prix et de la quantité de biomasse disponible. Pour la plupart des technologies, des économies d'échelle peuvent être réalisées en traitant un plus grand volume de biomasse. Le choix est aussi influencé par les gains que cette technologie permet de réaliser au chapitre de l'environnement (émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques, pollution des cours d'eau, dégradation des sols) de l'économie (bénéfices pour les promoteurs, les producteurs de matières premières et les collectivités) et de la société (création d'emplois valorisés).

L'acceptabilité sociale, en conformité avec les fondements du développement durable, devrait être une condition aux choix qui seront faits. La population doit être associée à ces choix et dans cet esprit, la Commission a en main les informations de base permettant de présenter les options qui pourraient faire l'objet de quelque forme de consultation. À l'échelle du Québec, les choix devront ainsi se faire en tenant compte de l'orientation déjà prise en faveur du développement durable. À l'échelle régionale, les situations particulières à chaque région guideront les choix sur lesquelles auront à se pencher les collectivités. Certains des éléments à considérer sont ⁵⁶ :

- La gestion des déchets; en effet, dans bien des régions, les sites d'enfouissement sont à pleine capacité ou le seront dans un avenir rapproché. Cette situation favorise la mise en place de technologies comme la méthanisation ou la gazéification.
- La cohabitation agriculture-population rurale; puisque certaines technologies, comme la méthanisation, permettent de réduire les odeurs et la pollution diffuse, cette filière peut favoriser une cohabitation plus harmonieuse entre les agriculteurs et les autres usagers du milieu rural.
- La perte d'espace agricole est observée alors que l'on retrouve au Québec de plus en plus de terres en friche qui témoignent d'une diminution des activités agricoles. La culture des friches pour la production de biomasse peut contribuer à maintenir une certaine activité économique tout en conservant des paysages agroforestiers de qualité.
- La formation et la sensibilisation; les intervenants concernés doivent être au fait des nouvelles technologies disponibles, des programmes gouvernementaux favorisant l'implantation de nouvelles technologies ainsi que des tenants et aboutissants des options disponibles. Le public aussi doit être informé si l'émergence de projets communautaires est souhaitée ou pour favoriser le soutien local aux futurs projets. Il y a donc un besoin de vulgariser l'information de façon objective auprès de l'ensemble des citoyens et des promoteurs potentiels afin d'assurer une compréhension commune des technologies et des enjeux.

7. Glossaire

Biocarburants

Carburants produits à partir de ressources renouvelables pouvant se substituer aux carburants d'origine fossile. Ils sont destinés principalement au secteur des transports, on parle alors de biocarburants liquides. L'éthanol et le biodiesel sont les principaux biocarburants liquides produits commercialement. Le biobutanol est un alcool pouvant aussi être produit à partir de biomasse, sa production commerciale est en développement, notamment par BP au Royaume-Uni⁹.

On retrouve également des biocarburants solides fabriqués à partir de résidus agricoles (résidus de meuneries) ou forestiers ou de paille (panic érigé) que l'on transforme en granules servant au chauffage ou à la production d'électricité¹⁷.

Les carburants fabriqués à base de produits agricoles sont parfois appelés agrocarburants¹¹.

Le méthane constitue le principal biocarburant gazeux. Il est produit par fermentation anaérobie de la matière organique animale ou végétale. Les systèmes de production de biogaz sont des digesteurs qui peuvent fournir de l'énergie de chauffage à l'échelle de la ferme ou à plus grande échelle.

Biodiesel

Le biodiesel est un biocarburant fabriqué à partir de matière grasse issue de biomasse végétale vierge ou de résidus tels que les huiles de frites recyclées et les graisses animales. Les matières premières les plus communes sont extraites des plantes oléagineuses : l'huile de canola (appelé colza en Europe), l'huile de soja, l'huile de tournesol et l'huile de palme (Malaisie, Indonésie). Les huiles peuvent être utilisées natures (pressées et filtrées) directement dans les moteurs diesel. Elles peuvent aussi passer par un processus d'estérification (réaction chimique) qui donne l'EMHV (ester méthylique d'huile végétale). L'EMVH est généralement mélangé à du pétrodiesel dans des proportions de 2 % à 30 %. Les proportions les plus courantes sont le B2 (2%), le B5 (5%) et le B20 (20%) et il existe aussi du B100 qui est utilisé pur^{10, 18}. Les mélanges EMVH et pétrodiesel peuvent être utilisés dans les véhicules diesels fabriqués depuis 1994.

Bioéthanol

Alcool fabriqué à partir de matière végétale fermentée. La matière première provient de cultures sucrières (canne à sucre, betterave, topinambour) ou de cultures céréalières ou autres dont l'amidon est transformé en sucre (blé, maïs, pomme de terre)¹⁰. L'éthanol peut aussi être produit à partir de la lignocellulose contenue dans les plantes ligneuses ou autres (saules, paille). La production de carburants à partir de lignocellulose est encore en développement et pour cette raison les biocarburants issus de ce type de biomasse sont considérés comme des biocarburants de seconde génération (la production commerciale est prévue pour l'horizon 2015 et plus)¹³.

Les alcools peuvent être mélangés à l'essence à raison de 5 % (E-5), 10 % (E-10), 85 % (E-85) ou utilisés purs (surtout au Brésil où 15 % du parc automobile est adapté à ce type de carburant)⁹. Lorsque mélangé à l'essence jusqu'à une proportion de 10 %, les moteurs de véhicules peuvent utiliser ce type de carburant sans modification.

Deux procédés existent pour la fabrication d'éthanol à partir de maïs-grain, le procédé anhydre (sec) et le procédé hydraté (humide).

Le procédé hydraté produit davantage de co-produits que le procédé anhydrique. Parmi ces co-produits on retrouve³⁸ :

- le gluten (peut être utilisé comme herbicide naturel ou un supplément alimentaire hautement protéiné pour les animaux),
- le germe,
- l'huile,
- le dioxyde de carbone,
- le sirop de maïs.

Le coût de construction et d'opération des usines avec procédé hydraté est plus élevé que dans le cas du procédé anhydrique. C'est pourquoi les usines d'éthanol hydraté sont plus volumineuses, permettant de réaliser des économies d'échelle.

Les usines d'éthanol avec procédé anhydrique sont généralement plus, plus faciles à construire et à opérer. Elles produisent généralement seulement de l'éthanol et des drêches sèches de distillerie vendues comme aliment pour le bétail. Un petit nombre de ces usines captent et vendent le CO₂ comme co-produit³⁸.

Biomasse

Fraction biodégradable des produits provenant de l'agriculture (comprenant les substances végétales et animales), de la sylviculture et des industries connexes, ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et municipaux. Par exemple : Bois, paille, cultures énergétiques, déchets de l'agriculture, des industries agroalimentaires, les plantes et les déchets animaux¹².

Bioproduits

Produits fabriqués à partir 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 urbains². Il est possible de définir sept catégories de ressources dont on peut tirer matériaux et molécules renouvelables³ :

1. Alimentaires
2. Bio déchets et sous produits "humides"
3. Déchets et sous-produits "cellulosiques"
4. Bois et assimilés
5. Cultures cellulosiques dédiées, agricoles et forestières
6. Cultures spécifiques (fruits, graines et tubercules)
7. Biomasse aquatique et marine

Les bioproduits fabriqués au Québec incluent principalement les produits biochimiques, les biopesticides, les panneaux de fibres et agri-fibres, les bioplastiques, et les biocapteurs et biocatalyseurs⁵.

Dans le présent document, il est fait référence principalement aux bioproduits issus de cultures agricoles.

Lignocellulose

La lignocellulose forme les tissus de soutien des végétaux (tiges, troncs, feuilles...) ¹³. Le potentiel de production d'éthanol est beaucoup plus important avec toute cette matière comme l'illustre l'exemple suivant³⁹ :

Un hectare de canne à sucre produit environ 25 tonnes de sucres simples et 8 tonnes de mélasse, il produit également de 50 à 60 tonnes de biomasse non comestibles mais cependant potentiellement convertibles en éthanol. La biomasse lignocellulosique offre de meilleures perspectives en termes de réduction des coûts de production à moyen et même à court terme, par son abondance et son prix potentiellement inférieur aux autres substrats, malgré la complexité accrue des procédés pour en extraire de l'éthanol.

8. Références bibliographiques

- 1 : Worldwatch Institute. 2007. Food and Fuel: Biofuels Could Benefit World's Undernourished. Communiqué de presse. Worldwatch Institute – 15 août 2007. Site internet : <http://www.worldwatch.org/node/5300> (page consultée le 8 novembre 2007)
- 2 : BioProduits Canada et Industrie Canada. 2004. Feuille de route d'innovation sur les matières premières, les carburants et les produits industriels issus de la biomasse. 66 p.
- 3 : Roy, C. 2006. Biomasse, agriculture, sylviculture et climat. Présentation de Claude Roy, Coordonnateur Interministériel pour la valorisation de la biomasse. 17 p.
- 4 : Le Réseau des cultures vertes. Site internet. <http://www.greencropnetwork.com/pages/francais.html> (page consultée le 17 octobre 2007)
- 5 : Sparling, D., J. Cranfield, S. Henson, et P. Laughland, 2006, Enquête sur le développement des bioproduits : Analyse des résultats sommaires, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 120 pages
- 6 : Avérous, L. 2004. Biodegradable Multiphase Systems Based on Plasticized Starch: A Review. JOURNAL OF MACROMOLECULAR SCIENCE. Vol. C44, No. 3, pp. 231–274.
- 7 : Zilberman, D. 2007. The Intersection of Energy and Agriculture: Implications of Rising Energy Demand. USDA | Washington, DC. Agricultural and Resource Economics. University of California, Berkeley. Présentation 31 p.
- 8 : Volk, T, et al. 2006. Willow biomass opportunities. Présentation dans le cadre de la conférence Biocap « Towards a sustainable economy ». Ottawa, Ontario. 31 oct.-1 nov 2006. site internet : http://www.biocap.ca/conf2006/presentations/Volk_T.pdf (page consultée le 18 octobre 2007)
- 9 : Forge, F. 2007. Les biocarburants, politique énergétique, environnementale ou agricole ? Division des sciences et de la technologie. Service d'information et de recherche parlementaires. Bibliothèque du parlement. Canada. 12 p.
- 10 : Jancovici, J.-M. 2004. Que pouvons nous espérer des biocarburants ? Site internet : http://www.manicore.com/documentation/carb_agri.html (page consultée le 22 octobre 2007)
- 11 : Syrota, J. 2007. Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050. Rapport de synthèse. Centre d'analyse stratégique. Commission énergie. 161 p.

- 12 : ADEME. 2006. Biomasse, de nouveaux marchés ! Comment mobiliser la ressource? SEMINAIRE NATIONAL. 20 octobre 2005. Actes du séminaire. Département Bioressources. Direction des énergies renouvelables, des réseaux et des marchés énergétiques. 137 p.
- 13 : ADEME. 2007. LA VALORISATION DE LA BIOMASSE. Guide d'information à l'attention des administrations et des établissements publics. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie. 39 p.
- 14 : Ballerini, D. 2006. Les biocarburants. État des lieux, perspectives et enjeux du développement. IFP Publications. Editions technip. Paris. 348 p.
- 15 : MDDEP. 2006. Plan d'Action 2006-2012 du Québec. « Le Québec et les changements climatiques ». Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs. Gouvernement du Québec. 40 p.
- 16 : Iogen Corporation. Site internet : <http://www.ioegen.ca/company/facilities/index.html> (page consultée le 23 octobre 2007)
- 17 : REAP. 2004. Growing Interest in Grass Biofuels: An ecological response to energy concerns. Resource Efficient Agricultural Production Canada (REAP-Canada). Site internet : http://www.reap-canada.com/bio_and_climate_3_2.htm (page consultée le 23 octobre 2007)
- 18 : Ressources naturelles Canada. 2007. Atelier- Biodiesel 101 pour les gestionnaires de parcs de véhicules et les mécaniciens. Québec, 2 mars 2007. Présentation, site internet : http://www.evententreprise.com/event/bd101/qb_f.pps (page consultée le 24 octobre 2007)
- 19 : Conseil québécois du biodiesel. Site internet : <http://www.biodieselquebec.org/Pdf//differences.pdf> (page consultée le 24 octobre 2007)
- 20 : Bulletin Invest-Québec. Les biocarburants : en route vers 2012. Mars 2007, volume 14, numéro 1. Site internet : <http://www.investquebec.com> (page consultée le 17 octobre 2007)
- 21 : (S&T)² Consultants Inc. et Meyers Norris Penny LLP. 2004. Economic, financial, social analysis and public policies for fuel ethanol, phase 1. Préparé pour RN Canada.
- 22 : Agrisalon. 2007. Les betteraviers vont produire moins de sucre mais plus d'éthanol. 16 octobre 2007. Site internet : <http://www.agrisalon.com> (page consultée le 24 octobre 2007)
- 23 : Westcott, P. 2007. Ethanol expansion in the United-States. How will the agricultural sector adjust? United State Department of Agriculture. 18 p.

- 24 : INRA. 2005. L'ambivalence des filières biocarburants. INRA SCIENCES SOCIALES. no 2, décembre 2005. 8 p.
- 25 : Crutzen, P.J., A.R. Mosier, K.A. Smith et W. Winiwarter. 2007. N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. Atmospheric Chemistry and Physics Discussions. 7, 2007 : 11191-11205.
- 26 : Agriculture et agroalimentaire Canada. Site internet : http://www.agr.gc.ca/acaaf/bopi-imbp/index_f.php (page consultée le 19 octobre 2007).
- 27 : Budget 2007 du Canada. Site internet : <http://www.budget.gc.ca/2007/bp/bpc3f.html> (page consultée le 19 octobre 2007).
- 28 : Ressources naturelles Canada. Site internet : http://www.nrcan-nrcan.gc.ca/media/newsreleases/2007/200712b_f.htm (page consultée le 29 octobre 2007).
- 29 : Programme Écoaction. Site internet : <http://www.ecoaction.gc.ca/news-nouvelles/20070821-1-fra.cfm> (page consultée le 23 octobre 2007).
- 30 : MAPAQ, MDDEP, UPA. 2007. Plan d'action concerté sur l'agroenvironnement et la cohabitation harmonieuse. 2007-2010. Gouvernement du Québec. 28 p.
- 31 : Environnement Canada. Site internet : http://www.ec.gc.ca/cleanair-airpur/Branche_sur_l'air_pur_-_Regions/Region_du_Quebec/Activites_relatives_aux_transports-WS2D89E784-1_Fr.htm (page consultée le 23 octobre 2007).
- 32 : Conseil québécois du Biodiesel. Site internet : <http://www.biodieselquebec.org/Pages/biodiesel.html> (page consultée le 23 octobre 2007).
- 33 : Le Bulletin des agriculteurs. 2007. Aide fédérale au secteur des biocarburants. 4 octobre 2007. Site internet : <http://www.lebulletin.com> (page consultée le 17 octobre 2007).
- 34 : Presse canadienne. 2007. La production d'éthanol fera monter le prix des aliments. Le Devoir. 23 octobre 2007.
- 35 : L'OCDE pointe les effets pervers des biocarburants. Site internet : <http://www.news.fr>.

- 36 : Lemme, G. 2007. Implications of Emerging Technology on the Ethanol Industry. College of Agriculture and Biological Science South Dakota State University. Présentation 27 p.
- 37 : Summa, H. 2007. EU biofuels policy and effects on production, consumption and land use for energy crops. USDA Agricultural Outlook Forum 2007. Présentation. 19 p.
- 38 : EIA. Site internet : <http://www.eia.doe.gov/kids/history/timelines/ethanol.html> (page consultée le 24 octobre 2007).
- 39 : École Polytechnique fédérale de Lausanne. Site internet : <http://www.epfl.ch/> (page consultée le 26 octobre 2007).
- 40 : Environment News Service. 2007. Commercial Cellulosic Ethanol Plant Underway in Iowa. 5 Octobre 2007. Site internet : <http://www.ens-newswire.com/ens/oct2007/2007-10-05-097.asp>.
- 41 : Shrestha, D.S., et J. Van Gerpen. 2007. The biodiesel energy balance. Biodiesel Magazine. Octobre 2007.
- 42 : Kram, J.W. 2007. PetroSun announces algae-to-biodiesel advances. Biodiesel Magazine. Octobre 2007.
- 43 : Murphy, J. 2007. Carbon credits offer opportunity for biodiesel producers. Biodiesel Magazine. Octobre 2007.
- 44 : Perrault, H. 2007. Journée sur la méthanisation des engrais de ferme. Rapport final. 10 pages.
- 45 : Organisation de coopération et de développement économiques. 2007. http://www.oecd.org/document/62/0,3343,fr_2649_37459_38900158_1_1_1_37459,00.html (page consultée le 17 octobre 2007)
- 46 : Koizumi, T. et K. Ohga. 2007. Impacts of the Chinese fuel-ethanol program on the world corn market : an econometric simulation approach. Farm Foundation and ERS workshop global biofuel developments : modeling the effects on agriculture. Présentation.
- 47 : Roussel-Laby, F. 2007. Les agrocarburants à nouveau critiqués. Actu environnement. Site internet : http://www.actu-environnement.com/ae/news/etude_agrocarburant_ocde_3401.php4 (page consultée le 24 octobre 2007)

- 48 : Recchia, B. La biomasse pour l'avenir de l'agriculture. Agribionet. Site internet : <http://www.agribionet.biz/client/page1.asp?page=2392&clef=66&Clef2=11> (page consultée le 29 octobre 2007).
- 49 : Maison de l'Agriculture de l'Aisne. 2007. Les agromatériaux : des débouchés prometteurs. Site internet : http://www.agri02.com/pages/Dossier/dossier_detail.php?IdD=1952 (page consultée le 30 octobre 2007).
- 50 : CAAAQ. Document d'une table ronde organisée par la CAAAQ. Bioénergie, fibres, médicaments : de nouvelles voies pour l'agriculture. Avril 2007.
- 51 : Agrobionet. La biomasse pour l'avenir de l'agriculture. Site internet : <http://www.agrobionet.com>. (page consultée le 30 octobre 2007).
- 52 : Agriculture et agroalimentaire Canada. Chanvre industriel. Site internet : <http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1174595656066&lang=f>.
- 53 : Lanaupôle. Site internet : <http://www.lanaupole.com/>
- 54 : ONU. 2007. Jean Ziegler qualifie le recours aux biocarburants de 'crime contre l'humanité'. Centre de nouvelles ONU. Site internet : <http://www.un.org/apps/newsFr/storyF.asp?NewsID=15101&Cr=Ziegler&Cr1=biocarburants> (page consultée le 0 octobre 2007).
- 55 : Site internet de Nicolas Sarkozy : <http://www.sarkozynicolas.com/jose-bove-salue-les-conclusions-du-grenelle-sur-les-ogm/> (page consultée le 1 novembre 2007)
- 56 : CEPAF. 2007. La production de biocarburants dans les milieux ruraux du Québec. Rapport présenté au Ministère des affaires municipales et des régions. Gouvernement du Québec. Centre d'expertise sur les produits agroforestiers. Mai 2007. 146 p.

ANNEXE 1

Liste des projets financés au Québec dans le cadre de l'initiative des marchés de biocarburants pour les producteurs (IMBP)

Liste des projets financés au Québec dans le cadre de l'initiative des marchés de biocarburants pour les producteurs (IMBP)

Les fonds consentis au titre de l'IMBP, qui totalisent 992 563 \$, sont versés par l'intermédiaire du pour douze projets de production de biocarburants au Québec, et ce, comme suit :

- 300 000 \$ à la Fédération des producteurs de bovins du Québec pour le développement des phases d'ingénierie menant à la construction d'une usine intégrée de transformation des sous-produits d'abattage et d'animaux morts en biocarburants;
- 187 808 \$ à Nutrinor, Coopérative agroalimentaire du Saguenay, au Lac Saint-Jean, pour la préparation d'un plan d'affaires et la conduite des études requises pour la construction d'une usine de microproduction de biocarburant;
- 108 800 \$ à la Société 9043-3616 Québec Inc., de Saint-Alexis-de-Montcalm, dans Lanaudière, pour la réalisation d'une étude de faisabilité et la préparation d'un plan d'affaires en vue de la construction d'une usine de production de biocarburant à partir d'infrastructures existantes;
- 98 393 \$ au Potager Meunier Inc., de Saint-Roch-de-L'Achigan, dans Lanaudière, pour la conduite d'une étude de faisabilité concernant la construction d'une usine pilote de production d'éthanol et de sous-produits à partir de saules;
- 71 561 \$ à la Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec afin de positionner les céréaliculteurs au Québec et favoriser la saisie des débouchés sur les marchés des biocarburants;
- 70 256 \$ à la Ferme Gaston Roy, de Sainte-Marguerite, pour la réalisation d'une étude de faisabilité concernant une usine de production de biocarburant dans la région de Québec;
- 42 999 \$ à la Coopérative fédérée du Québec, à Montréal, pour la collecte d'information en vue de l'élaboration d'une politique de développement des biocarburants et de la conduite d'une étude de faisabilité concernant la production d'éthanol et de biodiesel;
- 39 375 \$ à Serge Quintal, de Saint-Ignace-de-Standbridge, pour la réalisation d'une étude de faisabilité et la préparation d'un plan d'affaires en vue de la construction d'une usine de production de biodiesel;
- 23 800 \$ au Syndicat des producteurs de cultures commerciales du Centre-du-Québec pour la réalisation d'une étude de faisabilité au sujet de la production de biodiesel à partir d'huile d'oléagineux;
- 19 580 \$ à l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement, à Sainte-Foy, pour la détermination des possibilités de production de biomasse à

partir de divers légumes, ainsi que de la qualité de leur complexe lignocellulosique pour la transformation en éthanol;

- 16 000 \$ à Les Huiles naturelles d'Amérique, Les Cèdres, pour la réalisation d'une étude de faisabilité concernant la production de biocarburant dans une petite usine dans le Suroît (dans l'ouest de la Montérégie);
- 13 991 \$ à la Coopérative agricole Profid'Or, à Joliette, dans Lanaudière, pour la conduite d'une étude de faisabilité concernant la construction d'une usine de production d'éthanol à partir de betteraves à sucre.

ANNEXE 2

Choix de filières bioénergétiques

Opportunités de développement selon le type et la quantité de biomasse disponible

Biomasse disponible	Technologies associées	Forme de biocarburants produits	Opportunités
Forestière : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Résidus de transformation du bois (écorces, sciures, rabotures) ▪ Résidus d'opérations forestières (élagage, parterres de coupe, sinistres) 	a) Densification	Bûches et granules	Marché de créneaux
	b) Combustion directe	Chaleur	Proximité des utilisateurs et de la source d'énergie
	c) Cogénération	Chaleur Électricité	Présence d'une entreprise utilisatrice
	d) Pyrolyse mobile	Biohuile	Petite quantité de biomasse in situ
	e) Gazéification* Hydrolyse enzymatique*	Éthanol	Prix élevé du pétrole Volonté politique
Agricole : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Déjections liquides ▪ Déjections animales sèches ▪ Culture de céréales ▪ Culture de topinambour ▪ Culture d'oléagineux ▪ Végétaux à croissance rapide : saules, graminées, etc. ▪ Résidus de cultures 	a) Méthanisation	Chaleur Électricité	Surtout pour les régions en surplus
	b) Pyrolyse	Biohuile	Présence d'élevage sur litière
	c) Fermentation	Éthanol	Proximité d'une bioraffinerie (Vareennes)
	d) Fermentation	Éthanol	Proximité d'une unité de première transformation
	e) Estérification	Biodiésel	Autoconsommation (entreprises, coopératives agricoles, municipalités)
	f) Densification*	Bûches et granules	Valorisation de superficies sous-utilisées
	a) Méthanisation	Chaleur Électricité	Présence d'un bioréacteur à proximité
	g) Hydrolyse enzymatique*	Éthanol cellulosique	Proximité d'une bioraffinerie
	a) Méthanisation	Chaleur Électricité	Présence d'un bioréacteur à proximité
	b) Pyrolyse	Biohuile	Accès à une unité mobile
g) Hydrolyse enzymatique*	Éthanol cellulosique	Proximité d'une bioraffinerie	
Municipale et Industrielle : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Collecte de matières organiques (résidus de cuisine, feuilles mortes, etc.) ▪ Boues municipales ▪ Résidus de transformation agroalimentaire ▪ Huiles et gras animal (résidus d'abattoirs, produits marins, etc.) ▪ Résidus secs (municipalités, industries) 	a) Méthanisation centralisée	Chaleur Électricité	Proximité d'un lieu de traitement de matières résiduelles
	b) Estérification	Biodiésel	Proximité d'usines de transformation
	c) Gazéification*	Chaleur Électricité Éthanol Méthanol	Proximité d'un lieu de traitement de matières résiduelles

* En phase précommerciale

source : CEPAF. 2007