



Étude technico-économique de filières de bioproduits industriels à base de produits ou de biomasses agricoles

Rapport synthèse final

Pour le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

2010

Experts en économie de l'environnement et des ressources naturelles



## Équipe

Recherche,  
analyse  
et rédaction

Catherine Lessard, Analyste en agroalimentaire  
Marjolaine Mondon, Assistante de recherche en agroalimentaire

Supervision scientifique  
et analyse

Sylvie Mondor, Directrice du secteur agroalimentaire - agroenvironnement  
Jean Nolet, Président

Relecture  
Mise en page

Lise Lapointe  
Josée Messier, Adjointe administrative

## Table des matières

INTRODUCTION.....	1
MÉTHODOLOGIE.....	2
1. IDENTIFICATION ET SÉLECTION DE FILIÈRES BIOINDUSTRIELLES, SOUS L'ANGLE AGRONOMIQUE ET ÉCONOMIQUE.....	4
1.1 IDENTIFICATION ET SÉLECTION DE FILIÈRES BIOINDUSTRIELLES .....	4
1.2 TYPES DE CULTURES ET BIOMASSES ET POTENTIEL AGRONOMIQUE .....	8
2. ANALYSE ÉCONOMIQUE ET ÉVALUATION GÉNÉRALE.....	10
2.1 FILIÈRE DE LA FERMENTATION –BIOÉTHANOL À BASE DE MILLET PERLÉ SUCRÉ.....	10
2.2 FILIÈRE DE L'HYDROLYSE ENZYMATIQUE – BIOÉTHANOL CELLULOSIQUE.....	11
2.3 FILIÈRE DE LA GAZÉIFICATION – CARBURANTS RENOUVELABLES.....	13
2.4 FILIÈRE DE LA DENSIFICATION – BIOCOMBUSTIBLES SOLIDES - GRANULES .....	14
2.5 FILIÈRE DE BIOMÉTHANISATION AVEC VALORISATION DU BIOGAZ SUR LE MARCHÉ DE L'ÉLECTRICITÉ.....	15
2.6 FILIÈRE DES MATÉRIAUX D'ORIGINE RENOUVELABLE - BIOFIBRES.....	16
2.7 ÉVALUATION GÉNÉRALE.....	17
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	19
ANNEXE .....	21
ANNEXE 1. RENDEMENTS DE PRODUCTION ET RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE .....	22

## Liste des tableaux

TABLEAU 1 - ÉVALUATION DE QUINZE FILIÈRES DE PRODUCTION DE BIOPRODUITS – CRITÈRES DISCRIMINANTS..	4
TABLEAU 2 - ÉVALUATION DE NEUF FILIÈRES DE PRODUCTION DE BIOPRODUITS – CRITÈRES LIMITANTS ET ACCESSOIRES.....	5

## Liste des figures

FIGURE 1 - LES DIFFÉRENTES ÉTAPES DU PROJET .....	2
---------------------------------------------------	---

## Introduction

---

Dans un contexte d'intérêt croissant envers les bioproduits industriels à valeur ajoutée, le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) se questionne sur la capacité des filières de bioproduits à contribuer aux revenus des agriculteurs du Québec. En effet, une variété d'intrants agricoles, qu'ils soient des résidus ou des cultures dédiées à la production de biomasse à des fins non alimentaires, peuvent servir de matières premières dans cette filière. L'objectif principal de *l'étude technico-économique de bioproduits industriels à base de produits ou de biomasses agricoles* est d'évaluer la rentabilité, la compétitivité ainsi que les impacts économiques de certaines filières bioindustrielles à base d'intrants agricoles québécois présentant le plus fort potentiel de succès d'un point de vue agricole et économique.

Le présent rapport présente une synthèse des résultats obtenus lors des analyses complétées dans le cadre de deux rapports préliminaires incluant les phases 1, 2 et 3, soit l'identification et la sélection des filières à l'étude, l'analyse technico-économique et l'évaluation générale. Le processus méthodologique adopté par ÉcoRessources Consultants et ses partenaires a permis d'identifier six filières industrielles de bioproduits présentant le plus grand potentiel de développement au Québec et de déterminer leur rentabilité économique compte tenu du contexte agricole actuel.

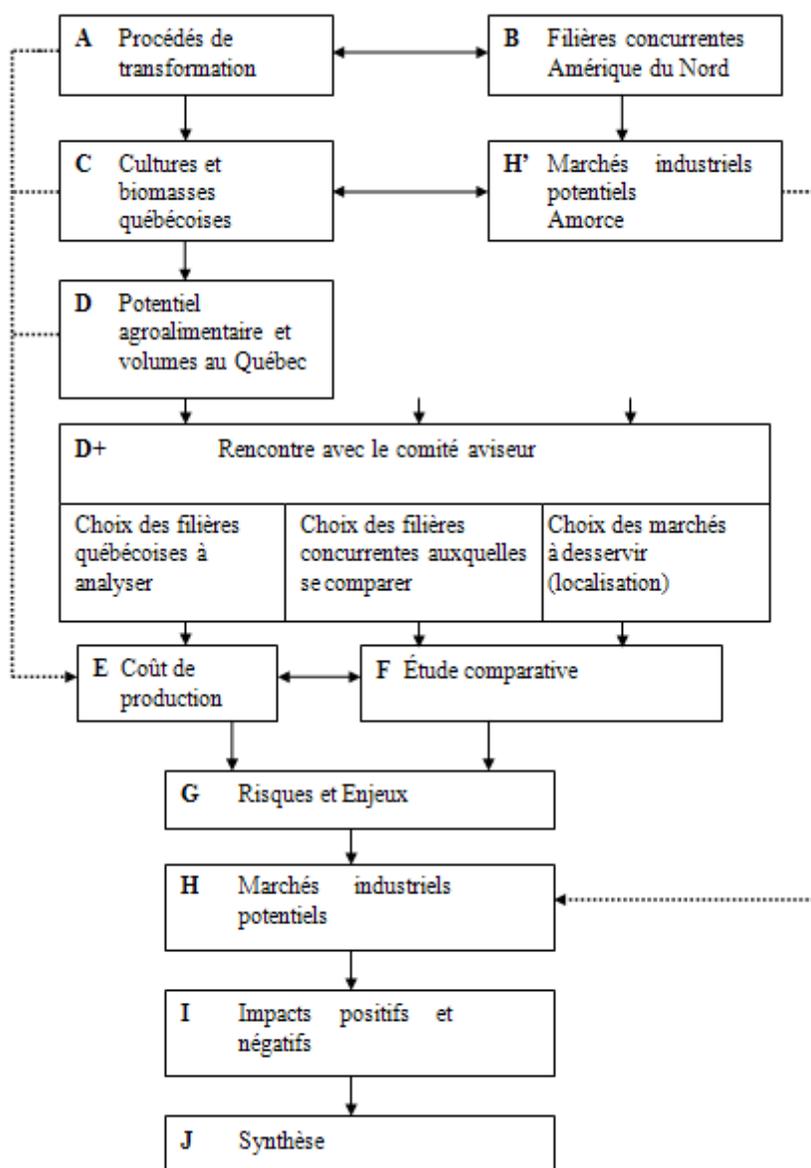
L'estimation des coûts totaux de production a fréquemment été établie sur la base de données provenant de différentes sources dont une revue de littérature plutôt que sur la base de données de l'industrie québécoise. Les données sont des ordres de grandeur, l'analyse de la rentabilité des filières est donc à prendre avec précaution.

Ce rapport décrit tout d'abord la méthodologie utilisée. Viennent ensuite les éléments ayant permis d'identifier les filières bioindustrielles les plus prometteuses de même que la justification du choix des filières. Enfin, une section décrivant le potentiel économique de chaque filière identifiée de même qu'une synthèse des constats complètent l'analyse.

## Méthodologie

La méthodologie adoptée par l'équipe de ÉcoRessources et ses partenaires pour répondre aux objectifs de l'étude se décline en plusieurs étapes interagissant entre elles. Cette section vise à décrire chacune des étapes ainsi que l'objectif visé par celles-ci. L'ensemble de la démarche, incluant les interactions entre les étapes, est illustré à la Figure 1.

FIGURE 1 - LES DIFFÉRENTES ÉTAPES DU PROJET



Comme on peut le constater à la lecture de la figure 1, les étapes A à D permettant de déterminer quelles filières sont les plus prometteuses, constituent la phase 1 du projet. Par la suite, les filières à analyser sont confirmées puis évaluées sous l'angle économique lors de la phase 2, regroupant les étapes E à G. La phase 3 couvre les étapes H et I, qui visent à compléter une évaluation générale des procédés de transformation des intrants agricoles en bioproduits. Le premier rapport préliminaire a regroupé l'analyse de la Phase 1 et le second, l'analyse des Phases 2 et 3.

Enfin, l'étape J constitue la synthèse des étapes réalisées précédemment et fait l'objet du présent rapport. À la fin du processus, les filières bioindustrielles les plus prometteuses, autant du point de vue économique qu'agricole sont ainsi identifiées. Cette synthèse reprend les principaux éléments d'analyse économique et de compétitivité. Nous invitons le lecteur à se reporter aux deux rapports d'étape précédents pour le détail des descriptions, des hypothèses, des coûts et des calculs.

Notons enfin que dans le cadre de cette étude, quatre grands types de biomasses du secteur bioalimentaire québécois ont été considérés : les cultures amylicées, les biomasses lignocellulosiques, les matières organiques résiduelles végétales et animales ainsi que les cultures oléagineuses.

# 1. Identification et sélection de filières bioindustrielles, sous l'angle agronomique et économique

## 1.1 Identification et sélection de filières bioindustrielles

À l'issue du processus de sélection des filières les plus prometteuses, six filières sur 15 filières presentées au départ ont été retenues pour l'analyse économique subséquente. Comme le montre le tableau 1, plusieurs critères discriminants ont été utilisés pour faire le premier tri parmi ces filières incluant la maturité technologique du procédé (horizon de commercialisation de 3 à 10 ans) ainsi que la disponibilité et la variabilité de la biomasse.

**TABEAU 1 - ÉVALUATION DE QUINZE FILIÈRES DE PRODUCTION DE BIOPRODUITS – CRITÈRES DISCRIMINANTS**

Procédé et Bioproduit	Horizon de commercialisation	Disponibilité de la biomasse
Fermentation – Bioéthanol	Actuelle	Oui. Surtout intrants sur des terres qui servent présentement à la production alimentaire.
Hydrolyse enzymatique – Bioéthanol cellulosique	8 à 10 ans	Oui. Valorise plusieurs types de biomasse.
Transestérification – Biodiésel	Actuelle	Non. Intrants agricoles à faible contenu énergétique et qui présentent une plus grande valeur ajoutée, lorsque valorisés par les filières alimentaires.
Gazéification – Carburant renouvelable	5 à 10 ans	Oui. Valorise plusieurs types de biomasse. Toutefois, d'autres sources non agricoles (ex. : déchets municipaux) peuvent être plus concurrentielles pour l'approvisionnement.
Densification – Biocombustible solide – Granules	Actuelle	Oui. Valorise plusieurs types de biomasse. Mais compétition par d'autres filières.
Carbonisation – Biocombustible solide – Biocharbon	Actuelle, mais pas au Canada	Oui. Valorise plusieurs types de biomasse. Mais compétition par d'autres filières.
Pyrolyse – Biocombustible liquide – Biohuile	Actuelle, plus long pour l'alimentation des moteurs diésel	Oui. Valorise plusieurs types de biomasse.
Biométhanisation – Biocombustible gazeux – Biogaz	Actuelle	Oui. Valorise plusieurs types de biomasse.
Biofibre	Actuelle	Oui. Valorise plusieurs types de biomasse. Mais compétition par d'autres filières.
Biolubrifiant	Actuelle	Non. Les intrants agricoles présentent une plus grande valeur ajoutée, lorsque valorisés par les filières alimentaires plutôt que par ces filières.
Biosolvant	Actuelle	
Détergent et surfactant	Actuelle	
Biocatalyseur	Actuelle	
Synthèse de l'acide azélaïque – Élément précurseur	5 ans	
Distillation – Huiles essentielles	Actuelle	Oui. Valorise plusieurs types de biomasse.

Tel qu'énoncé dans ce tableau, toutes les filières respectent le critère d'applicabilité technique dans un horizon de commercialisation relativement proche. Cependant, pour certaines d'entre elles, la biomasse n'est pas disponible ou est déjà utilisée par les filières alimentaires. Pour cette raison, les filières de la transestérification, des biolubrifiants, biosolvants, détergents et surfactants, biocatalyseurs ainsi que de la synthèse de l'acide azélaïque n'ont pas été retenues.

Une deuxième sélection parmi les neuf filières restantes a été réalisée sur la base d'autres critères tels que la valeur ajoutée lors du procédé, le potentiel de développement de la technologie, le potentiel de rentabilité, la réglementation favorisant ou défavorisant le développement de la filière, la présence de marchés locaux, le bilan environnemental de la filière, la disponibilité des données ainsi que la présence de brevets. Pour chacune des filières analysées, aucune demande de brevet nécessaire n'a été relevée. Le tableau 2 présente la caractérisation des procédés en fonction de ces sept critères.

**TABEAU 2 - ÉVALUATION DE NEUF FILIÈRES DE PRODUCTION DE BIOPRODUITS – CRITÈRES LIMITANTS ET ACCESSOIRES**

Procédé et bioproduit	Valeur ajoutée	Potentiel de développement	Potentiel de rentabilité	Réglementation	Marchés locaux	Bilan environnemental	Disponibilité des données
Fermentation – Bioéthanol	Faible	Des besoins à combler pour respecter la réglementation (280 Ml)	La rentabilité à partir des plantes sucrées n'est pas déterminée et pourrait être plus élevée que celle à partir de grains	Selon la réglementation fédérale, l'essence devra contenir 5 % de carburant renouvelable à partir de septembre 2010	Existants	Faible	Très bonne
Hydrolyse enzymatique – Bioéthanol cellulosique	Moyenne	Élevé	Incertain	Favorisante	Peu développés	Bon	Moyenne
Gazéification – Carburant renouvelable	Élevée	Très élevé	Incertain	Favorisante	Existants	Bilans considérés meilleurs que ceux des technologies de première génération	Moyenne
Densification – Biocombustible solide – Granules	Moyenne	Moyen à élevé	Incertain	Contraignante	Peu développés	Bon	Bonne
Carbonisation – Biocombustible solide – Biocharbon	Moyenne	Très élevé	Incertain	Contraignante	Absents	Bon	Bonne
Pyrolyse – Biocombustible liquide – Biohuile	Élevée	Élevé	Moyen	Indifférente	Absence	Nul	Bonne

Procédé et bioproduit	Valeur ajoutée	Potentiel de développement	Potentiel de rentabilité	Réglementation	Marchés locaux	Bilan environnemental	Disponibilité des données
Biométhanisation – Biocombustible gazeux – Biogaz	Élevée	Très élevé	Le biogaz peut être valorisé sous forme d'énergie thermique. Mais rentabilité faible (car impossibilité de vendre de l'électricité au réseau d'Hydro-Québec)	Contraignante	Absence	Bonne diminution des GES	Très bonne
Biofibre	Élevée	Très élevé	Faible	Indifférente	Peu développés	Bon	Très bonne
Distillation – Huiles essentielles	Variable	Moyen	Incertain	Contraignante	Existence	Non disponible	Faible

À la lumière des critères mentionnés dans les tableaux 1 et 2, six filières ont été choisies :

1. Fermentation-Bioéthanol – Millet perlé sucré : En raison de son potentiel de développement au Québec et de l'utilisation possible de millet perlé sucré pour la production d'éthanol en complémentarité avec la production de fourrages;
2. Hydrolyse enzymatique – Bioéthanol cellulosique : En raison de la rentabilité et de l'acceptabilité sociale de la filière cellulosique ainsi que de la grande variété de matières premières produites par les industries agricoles et forestières pouvant être valorisées par cette filière;
3. Gazéification – Carburant renouvelable : En raison du potentiel de commercialisation du procédé, de la panoplie de matières premières pouvant être grandement valorisées ainsi que du bilan environnemental qui serait considéré supérieur aux technologies de première génération;
4. Densification-Biocombustible solide – Granules : En raison de l'amélioration des technologies permettant d'utiliser les résidus du secteur agricole et les cultures lignocellulosiques à des fins énergétiques ainsi que du potentiel d'exportation des granules;
5. Biométhanisation-Biocombustible gazeux – Biogaz : En raison de la présence de technologies offrant la possibilité de valoriser les effluents d'élevage et autres biomasses;
6. Matériaux d'origine renouvelable – Biofibre : En raison du développement des constructions dites écologiques et de l'important impact socioéconomique qu'une telle filière pourrait avoir sur les régions.

Les filières n'ayant pas été retenues sont les suivantes :

1. Carbonisation - Biocombustible solide – Biocharbon : Considérant le coût de la matière première, ainsi que la valeur du produit fini, ce procédé ne semble pas apporter beaucoup de valeur ajoutée à la biomasse. Le développement de cette filière au niveau nord-américain, voir mondial, ne semble pas être priorisé par l'industrie des énergies renouvelables, étant donné la faible valeur du produit fini. Bien qu'il existe une diversité de sources de biomasse qui pourrait alimenter cette filière, nous dénotons une absence de marché pour ce bioproduit. Par ailleurs, les filières qui sont en compétition avec la carbonisation pour ces mêmes sources de biomasse sont nombreuses : la combustion directe, la fabrication de granules et de bûches, la méthanisation et la fermentation, ainsi que les autres filières de bioproduits (fabrication de panneaux de paille, de panneaux isolants, etc.). C'est pourquoi cette filière n'a pas été retenue.
2. Pyrolyse - Biocombustible liquide – Biohuile : Cette filière n'est pas retenue principalement pour deux raisons. D'une part, les technologies de pyrolyse n'ont pas encore franchi les étapes de développement qui permettent des unités techniquement viables, économiquement rentables et socialement acceptables. D'autre part, le réseau de distribution des biohuiles n'existe pas au Québec. Considérant le coût de la matière première, ainsi que la valeur du produit fini, ce procédé ne semble pas apporter beaucoup de valeur ajoutée à la biomasse.
3. Distillation - Huiles essentielles : Cette filière n'a pas été retenue pour les analyses subséquentes du mandat du fait que peu de données sont disponibles par rapport à la taille optimale d'une usine et sa rentabilité. Nonobstant ce fait, l'huile essentielle est un produit de niche à forte valeur ajoutée, mais la filière dans son ensemble reste marginale et présente un potentiel de développement moyen.

## 1.2 Types de cultures et biomasses et potentiel agronomique

### *Types de cultures et biomasses*

Vingt-six sources de biomasses résiduelles agricoles et alimentaires susceptibles d'être techniquement utilisées au Québec ont été analysées, à savoir :

- Cultures amylacées : avoine, blé, maïs, orge, pomme de terre, triticales;
- Cultures oléagineuses : soya, canola, tournesol, lin, cameline;
- Cultures sucrières : betterave à sucre, chicorée, millet perlé sucré et sorgho sucré, topinambour;
- Cultures lignocellulosiques : plantes fourragères, panic érigé, saule à croissance rapide, peupliers hybrides, chanvre industriel, *Miscanthus giganteus*;
- Matières organiques résiduelles végétales : paille de céréales, fibre de maïs, résidus forestiers, résidus du secteur de la transformation agroalimentaire;
- Matières organiques résiduelles animales : déjections animales.

Trois critères de sélection ont été appliqués : le rendement de production brut à l'hectare, le rendement énergétique à l'hectare, ainsi que le coût de production. Le tableau à l'annexe 1 résume les rendements à l'hectare rapportés par l'Institut de la statistique du Québec pour l'année 2008, qui a servi d'année de référence; ainsi que le rendement énergétique des cultures, évalué à l'aide de plusieurs hypothèses extraites de la littérature scientifique.

L'approvisionnement en biomasse pour les filières de bioproduits dépendra de la capacité de la part des producteurs de bioproduits industriels d'offrir aux producteurs agricoles du Québec un prix pour la biomasse permettant la rentabilité de sa production et de sa commercialisation.

Sur la base de données partielles, il a été possible d'analyser la rentabilité des cultures dédiées (panic érigé, saule à croissance rapide, peupliers hybrides, chanvre industriel, *Miscanthus giganteus*) pour le Québec. Ainsi, l'analyse économique de l'approvisionnement des filières, a été fondée sur la capacité de payer des filières à l'étude. Cette capacité de payer des filières doit s'aligner sur le prix des matières premières livrées à l'usine. Les biomasses de cultures conventionnelles (céréales, foin, etc.) produites actuellement au Québec devront recevoir un coût d'approvisionnement livré à l'usine<sup>1</sup> fondé sur le prix du marché, soit en moyenne 202 \$/tonne métrique (plus les subventions) (en excluant la chicorée).

Dans le cas des biomasses de cultures dédiées (panic érigé, saule à croissance rapide, etc.) produites actuellement en « zones cultivées », le coût d'opportunité des producteurs agricoles face à la production de biomasse est en moyenne de 303 \$ par hectare<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Le coût d'approvisionnement livré à l'usine comprend le coût de production incluant le coût de récolte et d'entreposage, le profit net des cultures concurrentes ainsi que les coûts de transport.

<sup>2</sup> Dans le cas des biomasses (cultures conventionnelles ou dédiées) produites dans des zones non cultivées actuellement (terres en friche), les coûts d'approvisionnement seront égaux au montant le plus élevé entre le coût de production par hectare et le prix offert par les acheteurs actuels.

### *Potentiel agronomique*

Aujourd'hui au Québec, il semble illusoire de penser que la production de biomasse pour les différentes filières de bioproduits à partir des superficies actuellement en production connaîtra un vaste essor à moyen terme. On peut avancer que les approvisionnements de la biomasse agricole ne seront pas nécessairement liés aux superficies actuelles, mais plutôt liés aux prix que les filières de bioproduits seront prêtes à payer.

La production de cultures dédiées sur les terres en friche ou encore en zones riveraines où la production de cultures annuelles est interdite pourrait contribuer à une augmentation de la production de biomasse destinée à ces filières. Toutefois, bien qu'il existe plus de 100 000 ha de terres agricoles abandonnées à l'échelle du Québec, leur remise en valeur générant des bénéfices économiques grâce à l'approvisionnement des filières de bioproduits reste encore à démontrer.

Le potentiel de la biomasse qui provient de cultures déjà bien établies semble légèrement moins intéressant que celui des résidus d'origine animale et forestière et des cultures qui sont présentement marginales. Toutefois, les résidus de cultures de céréales, d'oléagineux et d'autres grains représentent des volumes intéressants du point de vue agronomique. De plus, l'utilisation des matières organiques résiduelles végétales et animales est une avenue présentant un potentiel certain pour la production de biogaz.

De nombreuses biomasses agricoles peuvent être valorisées par différents procédés. De plus, les filières capables de valoriser un plus grand nombre de sources de biomasse devraient être favorisées. En considérant les informations dont nous disposons, nous avons limité l'analyse subséquente aux sources de biomasse suivantes : fourrages (millet perlé sucré), résidus de cultures agricoles et résidus forestiers, panic érigé, saule à croissance rapide et effluents d'élevage (fumiers et lisiers).

## 2. Analyse économique et évaluation générale

---

L'analyse économique des six filières bioindustrielles sélectionnées lors des étapes précédentes a impliqué i) l'évaluation des coûts de production, de transport et de manutention de la biomasse, des bioproduits et coproduits finaux, de l'usine jusqu'aux marchés potentiels; ii) l'analyse de la compétitivité et de la rentabilité de ces filières avec celles des filières concurrentes lorsque l'information était disponible, iii) l'identification des enjeux et risques d'affaires, iv) l'identification des marchés industriels potentiels pour les bioproduits québécois ainsi que v) l'évaluation des impacts positifs et négatifs potentiellement associés au développement de ces filières.

Rappelons tout d'abord que les filières d'approvisionnement devaient respecter les deux critères de base suivants : les sols agricoles déjà utilisés à des fins alimentaires ne seront pas détournés à d'autres fins et chaque culture dédiée devra respecter les normes environnementales en vigueur au Québec.

Nous tenons également à mentionner que l'analyse des coûts est basée sur des estimations pour le Québec effectuées à partir de la littérature. En effet, le caractère émergent des filières fait en sorte que les coûts sont de nature hypothétique. Même dans le cas où les coûts sont connus et documentés, ceux-ci ne seront pas nécessairement représentatifs de tous les projets de développement. De plus, même lorsque la filière est déjà développée au Québec, les entreprises contactées ont été réticentes à nous fournir des données financières pour des raisons de confidentialité.

Ainsi, les coûts présentés doivent être considérés comme des approximations dans le contexte québécois ; davantage de données sur la rentabilité de la filière seraient nécessaires avant de confirmer, ou non, la rentabilité d'un projet.

La présente section résume ainsi pour chacune des six filières sélectionnées les principales caractéristiques, leur compétitivité et les conditions s'y afférant.

### 2.1 Filière de la fermentation –bioéthanol à base de millet perlé sucré

#### *Principales caractéristiques*

Le procédé de fermentation consiste en la production de bioéthanol, un alcool éthylique, par la fermentation de sucres suivie d'une distillation. La fermentation peut utiliser de la biomasse riche en sucre ou en amidon, tels le millet perlé, la betterave sucrière, le maïs, l'orge, le blé, la pomme de terre. Le maïs et le blé sont actuellement les principaux intrants pour cette production en Amérique du Nord en raison de leur densité et de leur facilité de transport. La technologie est éprouvée depuis plusieurs années à l'échelle commerciale. La production d'intrants agricoles pour l'industrie de la fermentation constitue un marché lucratif pour les producteurs agricoles. Cependant, le détournement de productions principalement vouées au marché alimentaire vers une autre fin, entraîne une faible acceptabilité sociale de la filière.

Ainsi, advenant le cas du développement de la filière bioéthanol au Québec, et du questionnement social entourant l'utilisation de terres agricoles pour la production de cultures énergétiques, une filière alternative a été étudiée. Le millet perlé sucré a été choisi comme sous-filière alternative dans notre analyse en raison de ses rendements attendus, de son faible coût de production de fourrage, et de son effet bénéfique dans la rotation des cultures. Cette culture a également l'avantage d'être bien documentée en raison de travaux de recherche entrepris au Québec.

### *Compétitivité et conditions*

- Il existe un marché domestique potentiel important pour la filière du bioéthanol au Québec à base de millet perlé sucré. Le développement de cet intrant requiert que ses coûts soient comparables à ceux de la sous-filière traditionnelle à base de maïs-grain;
- Selon des budgets partiels réalisés par le MAPAQ, pour un rendement de 40 tonnes par hectare (base 40 % de matière sèche), les coûts moyens de production de millet perlé sucré sont évalués à 45,50 \$/tonne (gestion de 2 coupes entreposées en silo-couloir et avec travail à forfait);
- En se basant sur un scénario optimiste incluant un rendement de 80 t/ha et un taux de sucre de la sève de 16 %, les coûts de production du millet perlé seront de 0,52 \$/l d'éthanol produit. Dans le cas d'un rendement de 40 t/ha, les coûts de production s'élèvent à 1,39 \$/l;
- Un approvisionnement en sève ou en mélasse de millet perlé sucré à proximité des usines de bioéthanol est capital pour réduire les frais d'exploitation;
- Sans prendre en compte les coûts de pressage ni d'énergie, qui pourraient s'avérer considérables, les coûts variables pour la sous-filière de bioéthanol à base de millet perlé sucré se situent entre 0,60 \$/l et 1,73 \$/l;
- En 2006, le coût de production du bioéthanol à partir de blé ou de maïs au Canada était estimé entre 0,36 et 0,46 \$/l;
- En obtenant de hauts rendements et un produit d'excellente qualité ainsi qu'en maximisant les chaînes d'approvisionnement, le millet perlé sucré pourrait potentiellement être compétitif avec le maïs-grain comme source d'intrant pour la filière de la production d'éthanol par fermentation;
- La filière du bioéthanol reçoit significativement plus d'aide gouvernementale aux États-Unis qu'au Canada. De plus, la production de maïs-grain reçoit des aides gouvernementales dans le cadre des subventions au secteur agricole;
- Le prix des matières premières demeure le facteur déterminant dans l'évolution de l'ensemble des coûts de production des différentes filières du bioéthanol.

*Pour être compétitive, la production de bioéthanol de première génération à partir de millet perlé sucré au Canada devra faire le poids vis-à-vis des subventions octroyées à l'industrie américaine du bioéthanol ainsi qu'aux subventions octroyées pour la production de la matière première privilégiée aujourd'hui, le maïs-grain (subventions qui permettent de produire de l'éthanol maïs-grain entre 0,30 et 0,40 \$/l aux États-Unis). Malgré tout, selon l'hypothèse d'un rendement en millet perlé sucré et d'un taux de sève maximums, cette culture pourrait être compétitive avec le maïs-grain pour la production de bioéthanol surtout si les coûts de transport et de pressage s'avèrent peu élevés.*

## **2.2 Filière de l'hydrolyse enzymatique – Bioéthanol cellulosique**

### *Principales caractéristiques*

L'hydrolyse enzymatique consiste en l'utilisation d'enzymes capables d'hydrolyser la cellulose en glucose. Le glucose produit lors de ce procédé peut servir à la production d'éthanol. Contrairement à la fermentation et à la transestérification, il s'agit d'un procédé de deuxième génération. L'hydrolyse enzymatique utilise comme intrants potentiels les résidus agricoles, forestiers ou industriels ainsi que les cultures énergétiques et les plantes ligneuses à courte rotation. Cette technologie n'est pas encore commercialisable et engendre des coûts d'investissement élevés. Cependant, à maturité, l'amélioration

des approvisionnements ainsi que le développement de cultures, bactéries, levures et enzymes plus efficaces devraient permettre de diminuer les coûts de production et d'augmenter la rentabilité.

La production d'éthanol par hydrolyse enzymatique a l'avantage d'avoir un impact environnemental moindre que l'éthanol produit à base de maïs. Cependant, les intrants pouvant être utilisés de façon rentable et stable restent à identifier. De plus, les cultures énergétiques qui pourraient être utilisées en sont encore au stade d'évaluation.

Plusieurs intrants possibles du procédé d'hydrolyse enzymatique (paille et foin) peuvent également être valorisés par d'autres filières, telles la densification et la production de biofibres (panneaux d'isolation thermique, panneaux de haute densité). De plus, la filière est en compétition avec d'autres procédés de production d'éthanol et de bioénergie (gazéification, pyrolyse, moteur à hydrogène ou électrique et carbonisation).

### *Compétitivité et conditions*

- Pour tous les types de biomasses envisagées, nous avons estimé qu'une tonne de biomasse permet de produire 286 litres d'éthanol;
- Le coût total de production du bioéthanol cellulosique varie selon le type de biomasse : entre 0,67 et 0,71 \$ par litre d'éthanol avec la paille de céréales, entre 0,62 et 0,66 \$ par litre d'éthanol avec la paille de maïs, entre 0,39 \$ et 0,56 \$ par litre d'éthanol avec la biomasse forestière, entre 0,57 \$ et 0,68 \$ par litre avec du panic érigé et entre 0,60 à 0,71 \$/l avec du saule à croissance rapide;
- Pour être rentable, la filière de la production de bioéthanol par hydrolyse enzymatique doit se comparer avec la filière de l'éthanol produite par fermentation, soit 0,52 \$/l à partir de maïs-grain;
- En comparant les sources de biomasse, la biomasse forestière reste la source de biomasse cellulosique la moins chère, du moins lorsque disponible dans un rayon d'approvisionnement variant entre 50 et 100 km. Les intrants agricoles pourraient difficilement concurrencer le très bas coût de cette biomasse;
- La paille de maïs pourrait éventuellement représenter une source intéressante de biomasse cellulosique;
- L'utilisation autant des terres déjà en culture que des terres marginales pour produire du saule à croissance rapide ou du panic érigé est irréaliste (enjeu respectivement social et technico-économique);
- L'enjeu le plus important lié à la production d'éthanol cellulosique au Québec est probablement la disponibilité de la matière première;
- La filière de bioéthanol cellulosique détient un potentiel supérieur aux technologies de première génération en matière de performance technique, économique et environnementale.

*La production de bioéthanol cellulosique à partir de résidus agricoles et de cultures dédiées n'est pas compétitive aujourd'hui au Québec. Des avancées technologiques permettant une optimisation de la chaîne d'approvisionnement et une réduction des coûts seront nécessaires pour gagner en compétitivité.*

## 2.3 Filière de la gazéification – Carburants renouvelables

### *Principales caractéristiques*

La gazéification consiste en une transformation sous l'effet de la chaleur d'un produit organique solide ou liquide en syngaz pouvant être utilisé comme combustible ou pour la fabrication d'alcools, d'éthers ou d'hydrocarbures. Les produits finaux potentiels sont un mélange d'alcool (éthanol, méthanol et autres), l'hydrogène, l'éther méthylique et l'électricité (par combustion du gaz synthétique intermédiaire produit). Chaque bioproduit issu de ce procédé représente différents marchés potentiels pour cette filière.

Ce procédé de troisième génération utilise des résidus de transformation de produits agricoles ou agroalimentaires, des plantes à croissance rapide, de la graisse animale ou tout autre type de matière organique. Compte tenu du stade de développement et de mise en opération de la technologie, ce procédé devrait être utilisé commercialement à court ou moyen terme.

La rentabilité du procédé dépend de la possibilité d'obtenir des intrants à très faibles coûts et du développement d'un réseau de distribution des produits finaux. En raison du grand nombre de matières premières pouvant être valorisées, la valeur ajoutée du procédé est élevée. La gazéification requiert un approvisionnement constant de matière première stable et homogène. Les usines étant de grande taille, le transport des intrants sur de grandes distances pose un défi important, tout comme la distribution des produits. De plus, le réseau d'infrastructure de distribution pour ce type de combustible rend sa commercialisation difficile.

Les intrants utilisés dans le procédé (paille et foin) peuvent être utilisés pour d'autres procédés (méthanisation) et d'autres produits finis (panneaux d'isolation thermique, panneaux de haute densité, granules; mais aussi dans la fabrication de litière et nourriture pour le bétail).

Le procédé de la plate-forme ou filière thermochimique (gazéification) produirait plus d'émissions d'oxyde d'azote que la plate-forme ou filière biochimique (hydrolyse enzymatique) mais produirait moins d'émissions d'oxyde de soufre et utiliserait moins d'eau.

### *Compétitivité et conditions*

- Le niveau d'homogénéité de la matière brute détermine les possibilités de valorisation et l'efficacité du procédé;
- Sans prendre en compte les coûts de transport du produit fini, les coûts totaux de gazéification - incluant les amortissements - varient entre 0,30 et 0,52 \$/litre d'éthanol ou d'équivalent essence, selon le produit fini obtenu et valorisé (éthanol, méthanol, hydrogène et mélange d'alcools);
- Puisqu'il n'existe pas d'information sur les coûts du transport du méthane, de l'hydrogène et du mélange de gaz, la rentabilité de ces productions sur différents marchés est difficilement qualifiable;
- En comparaison des technologies de production d'éthanol de première et de deuxième génération, les coûts en capital très élevés de la gazéification freinent le développement de la filière;
- Le procédé de gazéification pourrait être rentable dans le cas où des intrants sont disponibles et utilisables à faible coût ou à coût négatif. L'utilisation de biomasse d'origine agricole est aujourd'hui plus chère que la biomasse ligneuse provenant de résidus forestiers;

- De plus, compte tenu de la capacité de production des usines, l'approvisionnement basé principalement sur des intrants agricoles requerrait une quantité de terres agricoles très importante, ce qui laisse présager des enjeux sociaux importants;
- Au Canada, le développement de ce procédé se fait principalement avec les résidus municipaux, difficilement concurrentiels compte tenu de leur très bas prix, voire de leur prix négatif.

*Cette filière détient un bon potentiel de croissance au Québec étant donné le soutien politique et l'expertise technique, mais des défis techniques sont encore à relever. Les coûts de ce procédé dépendent fortement du type de biomasse utilisée et actuellement la biomasse agricole reste plus chère que toutes les autres. L'analyse et le suivi de projets pilotes et industriels à l'échelle canadienne permettront de qualifier la compétitivité de cette filière.*

## **2.4 Filière de la densification – Biocombustibles solides - Granules**

### *Principales caractéristiques*

Le procédé de densification consiste en l'extrusion de biomasse agricole ou forestière broyée et pressée à l'aide de rouleaux sur la paroi intérieure d'une matrice cylindrique perforée. Ce procédé permet de fabriquer des granules, des bûches et des briquettes de bois utilisés comme biocombustible dans des systèmes de chauffage. Les résidus de bois et de scieries, les cultures lignocellulosiques ainsi que les résidus agricoles peuvent être granulés. Nous avons étudié principalement la production de granules en raison de leur marché en croissance et du potentiel d'utilisation des produits agricoles comme intrants. Ceux-ci peuvent être utilisés pour produire de la chaleur et/ou de l'électricité, souvent en cogénération avec le charbon.

Cette technologie est déjà bien implantée au Québec, où la majorité de la production de granules de bois est exportée en raison d'une faible demande locale. En effet, au Québec, les granules de bois doivent être vendus au consommateur final à un prix inférieur à 280 \$/tonne pour être une source de chauffage moins chère que l'électricité.

Les filières concurrentes aux granules à base de résidus agricoles sont les granules de biomasse forestière et les autres systèmes de chauffage qui utilisent différentes ressources énergétiques telles que le charbon minéral, l'énergie nucléaire, l'énergie électrique, le gaz naturel, etc.

### *Compétitivité et conditions*

- Les principales entreprises de granulation au Québec utilisent très peu de biomasse agricole et préfèrent les résidus forestiers et de scieries comme principaux intrants;
- Les coûts de production de granules de panic érigé, incluant les amortissements, seraient entre 160 \$/t et 177 \$/t, tandis que ces coûts s'élèvent entre 124 \$/t et 160 \$/t pour des granules produits à partir de biomasse forestière;
- Ainsi, les coûts de production des granules à partir de panic érigé sont plus élevés que ceux produits à partir de biomasse forestière, principalement en raison des coûts de production de la matière première. La biomasse agricole deviendrait plus rentable que la biomasse forestière si celle-ci atteignait un coût supérieur à 56 \$/t, incluant le transport;
- Vendus au même prix, les granules de panic érigé pourraient être rentables par rapport aux granules de bois si le transport du produit fini se faisait sur une distance maximale de 200 km;

- La culture de panic érigé présente des avantages environnementaux et permettrait de valoriser les terres marginales, mais la production de panic érigé sur des terres de bonne qualité aurait un coût d'opportunité élevé et pourrait s'avérer non acceptable socialement;
- Le marché d'exportation américain, privilégié par les producteurs québécois en raison de sa proximité, est présentement difficilement accessible compte tenu de la production domestique américaine croissante et du support étatique « *Biomass Crop Assistance Program* » instauré en 2009;
- Le principal risque associé au développement de la filière de granulation de la biomasse agricole est lié à la disponibilité de la matière première et à son coût.

*Le Québec pourrait être compétitif du point de vue économique dans la fabrication de granules à partir de plantes énergétiques pérennes (panic érigé surtout, compte tenu des coûts de production moins élevés que pour le saule à croissance rapide). Cependant, les coûts de transport de la matière première, les technologies de production et la logistique d'approvisionnement doivent être optimisés pour atteindre cette rentabilité. Présentement, le coût des matières premières constitue le principal frein au développement de cette filière, de même que l'approvisionnement énergétique traditionnel du Québec qui pousse les producteurs de granules québécois vers l'exportation.*

## **2.5 Filière de biométhanisation avec valorisation du biogaz sur le marché de l'électricité**

### *Principales caractéristiques*

La biométhanisation est la digestion anaérobique de matière organique pour produire du biogaz. Les effluents d'élevage, les résidus de culture et de transformation agroalimentaires et les boues peuvent être utilisés comme intrants. Le biogaz peut être valorisé sur trois marchés : le marché du gaz naturel, le marché thermique, où le biogaz alimente des bouilloires, et le marché de l'électricité, où il est utilisé comme combustible. La valeur ajoutée est élevée compte tenu de l'utilisation de matières premières ayant une très faible valeur marchande.

Tant du point de vue des GES que du bilan énergétique, la biométhanisation à la ferme constitue l'une des formes d'énergie renouvelable présentant le meilleur bilan.

### *Compétitivité et conditions*

- La production de biogaz distribué sur le marché du gaz naturel est difficilement envisageable dans le contexte québécois (coût de purification et réglementation du système de distribution);
- La variation annuelle des besoins en chaleur d'une exploitation agricole et l'impossibilité de stoker le biogaz produit impliquent une utilisation uniquement pour les fermes qui peuvent utiliser l'ensemble du biogaz tout au long de l'année;
- La combinaison de production d'énergie électrique et thermique est envisagée, bien que les prix de rachat actuels de l'électricité au Québec affectent la rentabilité d'une telle valorisation;
- Selon le modèle d'estimation, les coûts de production de biogaz, incluant les amortissements et les subventions, sont de 14,2 ¢/kWh à partir de fumiers de bovins et de 24,3 ¢/kWh à partir d'ensilage de maïs et de 11,3 ¢/kWh pour le lisier de porc;

- Pour être rentable, la production d'électricité à la ferme au Québec doit revenir moins chère que le prix de vente de l'électricité, qui varie entre 4,57 et 7,49 ¢/kWh au Québec. Donc la production n'est pas rentable actuellement;
- De plus au Québec, il est impossible actuellement de vendre l'électricité excédentaire produite, le réseau de distribution d'électricité n'étant pas accessible.

*La production de biogaz à la ferme peut représenter un levier important du développement régional par la diversification des revenus des producteurs agricoles et l'augmentation du nombre d'emplois. Parmi les marchés potentiels de valorisation du biogaz, le marché de l'électricité semble le plus prometteur pour le secteur agricole québécois. Toutefois, les prix faibles de l'électricité au Québec rendent cette filière non rentable actuellement. Au-delà des prix, l'accès au réseau de l'électricité produite à partir de biogaz reste un autre point à régler. D'autre part, le prix des énergies fossiles ne peut être concurrencé par le prix de production du biogaz. Toutefois, ces prix pourraient augmenter rapidement; un certain nombre de projets pourrait alors susciter un intérêt et démontrer une certaine rentabilité. Les annonces récentes de développement de plusieurs projets de biométhanisation au sein de municipalités au Québec vont influencer le marché et la valorisation des intrants (déchets ménagers, résidus agroalimentaires, intrants agricoles, etc.).*

## **2.6 Filière des matériaux d'origine renouvelable - Biofibres**

### *Principales caractéristiques*

Les biofibres sont utilisées dans la fabrication de panneaux d'isolation thermique, en nattes ou en matelas semi-rigides. Nous avons analysé la catégorie des isolants thermiques flexibles à base de paille pour le marché de la construction car elle est celle pour laquelle les coûts de production sont le plus documentés. Ce processus comprend les étapes de désagrégation des balles de paille (provenant de matière lignocellulosique), le nettoyage de la paille pour enlever la poussière minérale et les roches, le broyage, le séchage, l'encollage avec des liants synthétiques ou naturels, la formation du matelas et la compression. Les matériaux produits à partir de biofibres peuvent être valorisés sur plusieurs marchés : l'industrie de la construction, de l'automobile, de l'aéronautique, des emballages, des équipements de manutention, de l'électronique et des pâtes et papiers. Les panneaux de biofibres sont produits commercialement et ont un fort potentiel de développement.

Généralement, ces technologies ont des impacts réduits sur l'environnement. Qui plus est, à la fin de leur cycle de vie, ces panneaux peuvent être utilisés comme matière première pour la fabrication de bioénergies et autres bioproduits.

Notons cependant que les intrants utilisés pour produire des isolants naturels peuvent aussi être utilisés en biométhanisation et dans la fabrication de granules, de litière et nourriture pour le bétail.

### *Compétitivité et conditions*

- Le coût total de production d'isolants thermiques flexibles à base de paille (incluant les amortissements), avec transport sur une courte distance est de 42 \$/m<sup>3</sup> d'isolant, dont un coût de matières première de 16 \$/m<sup>3</sup>;
- Le prix au détail estimé pour ce type de produit au Québec s'élèverait à 110 \$/m<sup>3</sup> (le fort écart entre le coût de production et le prix de détail s'explique par les coûts de distribution);

- Le prix au détail des produits concurrents varie entre 29 et 38 \$/m<sup>3</sup> pour la laine de verre et entre 60 et 85 \$/m<sup>3</sup> pour la laine de roche;
- Les isolants thermiques à base de paille fabriqués au Québec pourront difficilement concurrencer ceux produits dans l'ouest du Canada en raison du prix élevé de la matière première au Québec;
- L'absence de marché ou la faible demande pour des isolants à base de paille rend difficile l'investissement dans une ligne de production au Québec;
- Le marché qui pourrait être visé serait celui de la construction verte où les utilisateurs sont probablement prêts à payer une prime pour les qualités environnementales de la fibre.

*Parmi les différents marchés potentiels de valorisation des matériaux d'origine agricole, le marché de la construction est actuellement le plus développé en Amérique du Nord. Cependant, les prix de vente des panneaux à base de paille sont encore beaucoup plus élevés que ceux des isolants en laine de verre ou en fibre de roche. De plus, la demande actuelle au Québec pour des isolants à base de paille est très faible.*

## 2.7 Évaluation générale

Du point de vue économique, l'analyse démontre que l'approvisionnement en matière première représente le coût le plus important pour une majorité de filières. Seuls les résidus forestiers constituent actuellement la source capable d'offrir les quantités requises de biomasse à un prix concurrentiel qui permettrait la rentabilité et le développement des quelques filières à l'étude. Pour qu'à plus long terme les autres sources de biomasse d'origine agricole puissent approvisionner les filières bioindustrielles, il faudra optimiser la chaîne de récolte et abaisser les coûts de transport grâce à des avancées technologiques et une meilleure coordination de la chaîne d'approvisionnement.

La filière de la production d'éthanol par la fermentation de la mélasse de millet perlé sucré pourrait avoir un certain potentiel, compte tenu de l'estimation préliminaire des coûts et de la possibilité de valoriser ce produit par une filière déjà existante. Cependant, plusieurs éléments d'incertitude demeurent : les coûts de pressage et de transport, la capacité de produire de façon optimale et l'adhésion des producteurs agricoles envers ce type de production.

Dans le cas des filières produisant du bioéthanol et d'autres carburants renouvelables par hydrolyse enzymatique et gazéification, le défi réside principalement dans la capacité d'approvisionner une usine de taille optimale avec des intrants agricoles ne concurrençant pas directement les cultures produites à des fins alimentaires. En effet, la quantité de terres marginales au Québec n'est pas suffisante pour soutenir le développement de cultures énergétiques. Ceci est essentiellement dû au fait que les terres marginales sont habituellement de moins bonne qualité que les terres en culture et qu'elles sont fractionnées et réparties dans diverses régions du Québec, ce qui augmente les coûts de récolte et de transport. L'approvisionnement d'une usine de taille optimale nécessiterait donc l'utilisation de terres présentement vouées à des fins alimentaires, ce qui diminue l'acceptabilité sociale d'un projet. De plus, pour la gazéification, la biomasse forestière et les matières résiduelles municipales semblent avoir un meilleur potentiel économique que la biomasse agricole. Les filières de l'éthanol et des carburants renouvelables ont cependant un marché prometteur à l'échelle québécoise et les procédés d'hydrolyse enzymatique et de gazéification, une fois adoptés et optimisés à l'échelle commerciale, pourraient être compétitifs par rapport à l'éthanol produit par la fermentation du maïs-grain.

La filière de fabrication de granules énergétiques à partir de panic érigé, ou de saule à croissance rapide, comporte également des problèmes d'approvisionnement. De plus, la biomasse d'origine

agricole est plus chère que la biomasse forestière. Dans le cas de la méthanisation, le procédé n'est pas compétitif en raison du faible coût de l'électricité au Québec et de l'impossibilité de la vendre sur le réseau. Enfin, les panneaux isolants thermiques flexibles à base de paille pourraient avoir un certain potentiel de développement, mais strictement sur le marché des matériaux de construction renouvelables. En effet, les isolants de laine de roche et de fibres de verre demeurent beaucoup moins chers.

## Conclusion et recommandations

---

Tant dans la présence d'opportunités d'affaires que dans la perspective d'utiliser de façon optimale les terres marginales disponibles sur le territoire québécois, force est de constater que l'implantation potentielle de cultures dédiées et le développement de filières de bioproduits suscitent enthousiasme et questionnement. Dans ce contexte, le présent exercice visait à dresser un portrait réaliste de la situation et à établir sur une base comparable les mérites économiques de chacune des filières étudiées.

Nous avons évalué la rentabilité, la compétitivité et les impacts économiques de certaines filières bioindustrielles à base d'intrants agricoles présentant le plus fort potentiel de succès à court et à moyen terme. Plus précisément, les filières de la production de bioéthanol par la fermentation du millet perlé sucré, de la production de bioéthanol cellulosique par hydrolyse enzymatique, de la production de carburants renouvelables par gazéification, de la production de granules énergétiques par densification, de la production de biogaz et de méthanisation ainsi que de la production de matériaux d'origine renouvelable à base de biofibres ont été analysées.

Si le tableau présenté demeure honnête et réaliste, il n'en est pas moins incomplet compte tenu des données disponibles. Le lecteur aura alors en tête qu'il s'agit de filières documentées selon toutes les données disponibles à la date de rédaction du rapport et dont la présence au Québec reste fragmentaire.

Malgré tout, certains constats de base émergent, notamment au niveau du potentiel réel des cultures dites dédiées. Même si certains essais de culture ont été documentés, il est impossible pour l'instant, compte tenu des données disponibles, de brosser un portrait clair des possibilités agronomiques et économiques réelles de chacune des cultures pour toutes les régions du Québec. La difficulté est encore plus importante pour les régions où abondent les terres marginales (Bas-Saint-Laurent, Abitibi, Gaspésie). À titre d'exemple, de nombreux essais de panic érigé ont été documentés mais peu parmi ceux-ci ont révélé un rendement à la hauteur des résultats attendus à l'extérieur de la région immédiate de Montréal. Certains essais ont bien été menés dans les régions périphériques mais les rendements obtenus furent peu concluants. Or, les zones agricoles situées dans la plaine du St-Laurent sont déjà densément utilisées et les possibilités d'implantation de cultures dédiées y sont en compétition avec un éventail important de possibilités. De plus, les terres marginales y sont rares. Afin de déterminer réellement le potentiel des cultures dédiées, des essais sur une base plus large doivent être réalisés et documentés dans des zones où abondent les terres marginales.

Qui plus est, dans la recherche de rentabilité des filières, produire une biomasse à faible coût ne constitue pas le seul défi. Encore faut-il récolter cette biomasse et la transporter à l'usine dans une forme optimale. Or dans ce domaine, au Québec, beaucoup reste à faire. Les processus de récolte traditionnels sont orientés vers l'entreposage et l'utilisation d'un faible volume à la fois, tout le contraire des besoins d'une usine. Par ailleurs, les coûts de transport constituent souvent un déboursé important dans cette chaîne d'approvisionnement. Certains auteurs mentionnent un rayon d'approvisionnement de 100 km comme étant un seuil maximum. Cette donnée doit cependant être relativisée. Au Québec, un rayon de cette ampleur peut vouloir dire des coûts d'approvisionnement beaucoup plus importants compte tenu de l'interdiction du transport lourd sur le réseau routier municipal et des distances réelles à parcourir en kilomètres linéaires. Il sera alors judicieux de déterminer quelle est la superficie de terres marginales disponible pour une culture dans un rayon viable d'approvisionnement d'une usine avant même de penser à son implantation.

Ainsi, un réel potentiel de développement d'une filière bioindustrielle implique un approvisionnement suffisant en matières premières, la compétitivité de la matière première agricole avec d'autres types de matières premières, la rentabilité du processus de transformation et la présence d'un marché rémunérant correctement la filière.

À la lumière de ces éléments, le potentiel de développement des filières étudiées ne peut pas être confirmé. Cependant, la situation pourrait changer à la suite de nouvelles politiques ou de changements sociaux. Par exemple, le rachat de l'électricité issu du procédé de méthanisation à bon prix pourrait stimuler la filière de production d'électricité à partir de biogaz. Le soutien public au développement de l'industrie de la construction verte serait bénéfique au secteur des biofibres. Mais la production d'énergie à grande échelle à partir de biomasse agricole reste problématique.

Dans ce contexte, les recommandations suivantes peuvent être effectuées :

- Le présent mandat a confirmé que les données sur les coûts et la rentabilité des filières des bioproduits au Québec restent extrêmement limitées, en raison, entre autres, du faible niveau de développement de plusieurs de ces filières et de la réticence de l'industrie à partager certaines données financières. Des projets ont également été annoncés sans qu'une réelle analyse de la rentabilité ne soit effectuée. Nous recommandons donc de faire une veille du développement des technologies émergentes ainsi que d'établir un meilleur dialogue avec l'industrie de façon à saisir leurs besoins précis.
- Pour l'instant, et compte tenu du niveau de développement des filières, il est ardu de conseiller au MAPAQ de soutenir l'une ou l'autre des filières des bioproduits. Cependant, l'éthanol à base de millet perlé sucré et les isolants thermiques flexibles à base de paille méritent une attention approfondie car elles se dégagent comme ayant le plus grand potentiel économique. Des études spécifiques à ces filières, ainsi que le soutien financier de la recherche permettant de les développer, pourrait être indiqué.
- La rentabilité de la production de biomasses agricoles est difficilement quantifiable en raison de l'absence d'essai aux champs pendant plusieurs années dans une variété de conditions climatiques et géographiques. Le développement des biomasses agricoles doit aller de pair avec celui des technologies permettant de les valoriser. Pour l'instant, les producteurs agricoles n'ont que peu d'incitatifs à produire des cultures énergétiques en raison du risque financier associé. Une meilleure documentation du potentiel technique et financier ainsi que la sécurisation des marchés restent donc nécessaires avant de promouvoir ces cultures.

## *Annexe*

## Annexe 1. Rendements de production et rendement énergétique

Types de biomasses	tonnes/ha*	GJ/ha**
<b>Cultures amylicées</b>		
Avoine	2,18	± 48°
Blé	2,82	± 29°
Mais (maïs-grain seulement)	8,25	± 94°
Orge	2,65	± 21°
Pomme de terre	29,4	± 63,82°
Triticale	n.d.	± 29 (blé) °
<b>Cultures sucrières</b>		
Chicorée	55 à 70	± 40 à 168°
Millet perlé sucré et sorgho sucré	± 80 (humide)	± 100,33°
Topinambour	40 à 50	7,6 à 27,9°
<b>Cultures lignocellulosiques</b>		
Plantes fourragères Foins (déclassés/non commercialisés)	5,63	± 17°
Panic érigé	8 à 13	± 196°
Saule à croissance rapide	10 à 25	± 346,5°
Peupliers hybrides	12 à 20 m <sup>3</sup> /ha	18 GJ/tonne°
Chanvre industriel	Graine : 0,5 à 1,5 t/ha Fibre : 5 à 10 t/ha	48 à 96°
<i>Miscanthus giganteus</i>	10 à 25	± 320,77°
<b>Cultures oléagineuses</b>		
Soya	2,62	± 19°
Canola/Colza	1,89	± 35°
Tournesol	2,5	± 26°
Lin	1,26	± 15°
<i>Camelina sativa</i>	0,75 à 2,51	± 34,48°
<b>Matières organiques résiduelles végétales</b>		
Pailles de céréales	0,32 à 0,55	± 4,37°
Fibres de maïs	4,125	± 39,5°
Résidus forestiers	Variable	16 à 19,1 GJ/t°
Résidus du secteur de la transformation agroalimentaire	n.d.	n.d.

Matières organiques résiduelles animales		
	Total Québec (tonnes)	GJ****
Déjections***	16 744 232	± 7 413 835 °

\* Rendements à l'hectare pour l'année 2008 rapportés par l'Institut de la statistique du Québec.

\*\* Calculs effectués à partir de la littérature, détaillés à l'Annexe 2 du rapport de la phase 1.

° Potentiel réellement accessible calculé en fonction des technologies déjà éprouvées et commercialisées.

° Potentiel théorique maximum établi par la littérature.

\*\*\* Basé sur les données du recensement de l'agriculture de 2006, effectué par Statistique Canada.

\*\*\*\* Calculé à partir de ratio des m<sup>3</sup> de biogaz par tonne de fumier et l'utilisation du méthane pour la production d'énergie. Ceci constitue donc un potentiel théorique maximum. À noter qu'une fois digérées par le processus de méthanisation, les déjections animales peuvent tout de même être utilisées comme fertilisants sous forme de digestat.