



Bioénergie et biocarburants produits à partir de biomasse forestière

Michel Lachance, CQVB

22 avril 2008

Gatineau

*2e Symposium sur la valorisation de la biomasse forestière
et des résidus de transformation*

PLAN



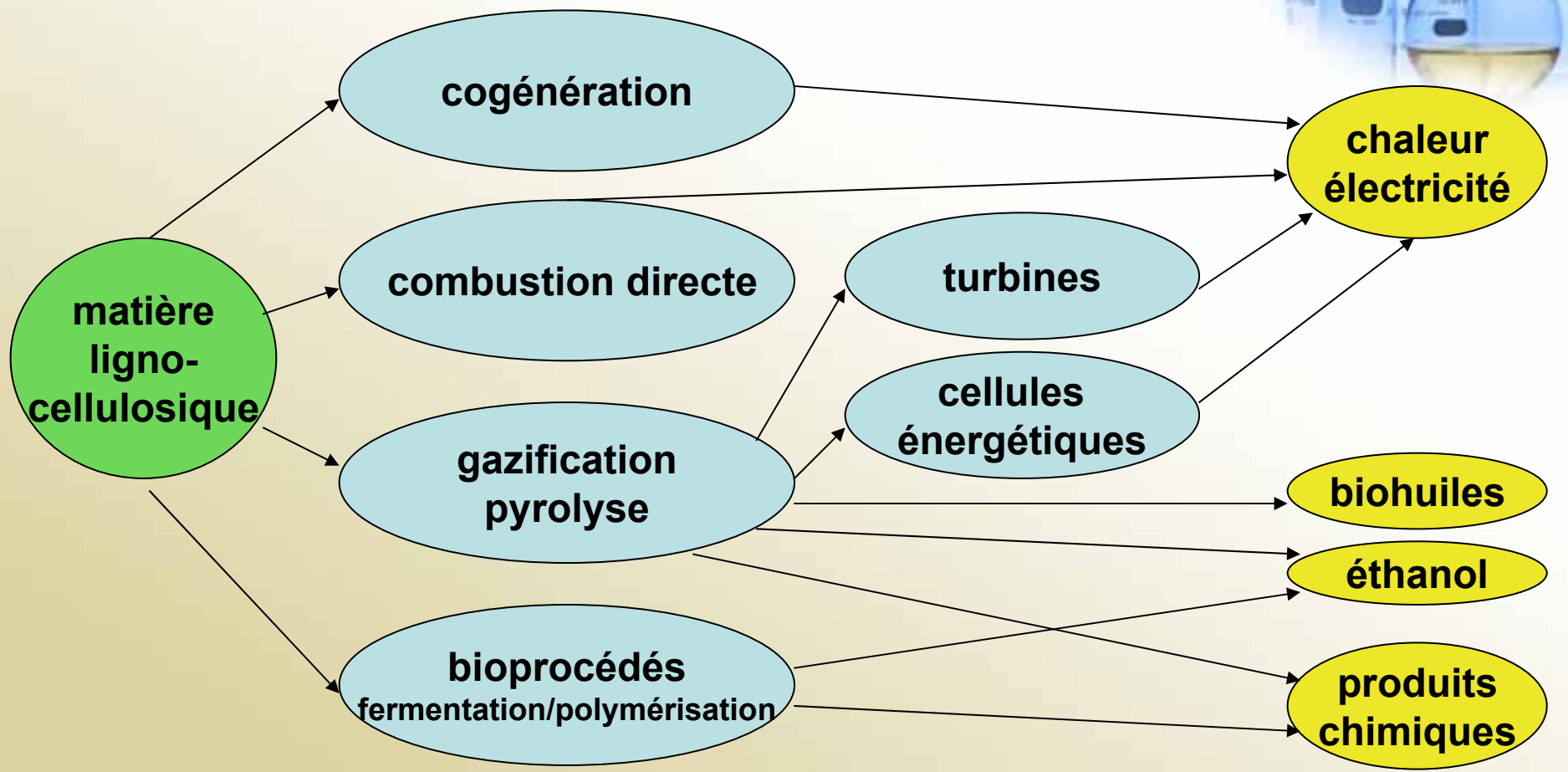
- ▶ **La filière bioénergie**
- ▶ **Biocombustion**
- ▶ **Biocombustibles solides**
- ▶ **Bioéthanol**
 - ◆ produit, matière première
 - ◆ utilisation
 - ◆ technologies de production et coproduits
 - ◆ industrie, environnement
- ▶ **Biohuiles**
- ▶ **Gaz de synthèse (syngaz)**
- ▶ **Biodiésel**
- ▶ **Facteurs clé favorisant l'essor de la filière**

FILIÈRE BIOÉNERGIE



- ▶ **Biocombustion**
 - **combustion directe**
 - **cogénération**
- ▶ **Produits solides**
 - **biocombustibles secs: bûches, granules**
- ▶ **Produits liquides**
 - **substituts à l'essence: bioéthanol, biométhanol, biobutanol**
 - **substituts au pétrodiesel: biodiesel, biohuiles purifiées**
- ▶ **Produits gazeux**
 - **biogaz (méthane)**
 - **syngaz (gaz de synthèse)**

ROUTES de CONVERSION



Ressource

Transformation

Produits finaux



Bio-industries

www.cqvb.qc.ca

BIOCOMBUSTION (1)



- ▶ la biomasse utilisée pour combustion au QC vient majoritairement de la forêt et des industries de la transformation du bois et des pâtes/papiers (résidus agric. peu utilisés: peu disponibles, silice/métaux alcalins)

 - ▶ **biocombustion: brûler biomasse solide pour produire énergie sous forme de chaleur ou d'électricité**
 - combustion directe : produit chaleur (chauffage bâtiment, production eau chaude, chaleur pour procédés industriels)
 - cogénération : produit chaleur + électricité
- représente 9-10% de la production énergétique québécoise

BIOCOMBUSTION (2)



- ▶ **source d'énergie très rentable**
du moins si résidus forestiers sont abondants et accessibles:
la combustion de 4 t de bois économise 1 t de pétrole
et évite l'émission de 2,5 t de CO₂
- ▶ **technologies connues et au point**
- ▶ **défi: récolte, préparation, transport des résidus,**
si possible intégré aux opérations de récolte des bois
traditionnels
- ▶ **le choix d'utiliser la biomasse forestière pour combustion**
dépend de la garantie d'approvisionnement en biomasse
et des usages alternatifs de cette biomasse

BIOCOMBUSTIBLES SECS



- ▶ **procédé de densification de la matière ligneuse** issue souvent de résidus de la transformation du bois
- ▶ l'approvisionnement à partir de **cultures énergétiques** (saule, graminées) suscite l'intérêt, mais beaucoup d'essais à faire
- ▶ la biomasse condensée réduit les frais de transport et augmente la valeur énergétique de la biomasse
- ▶ 2 marchés: **granules de bois** (en essor mais relié au marché des poêles à granules), **bûches énergétiques** (en développement)
- ▶ les politiques de plusieurs pays européens favorisant les énergies vertes ont stimulé le marché des granules

BIOÉTHANOL – produit, matière première



PRODUIT: Bioéthanol = Éthanol = Alcool éthylique
CH₃-CH₂-OH (identique, peut importe la plateforme)

Peut être produit à partir de 3 plateformes distinctes:

- ▶ **Pf sucre:** canne, betterave à sucre, topinambour (Brésil, Europe)
- ▶ **Pf amidon:** maïs et blé (Canada, États-Unis)
- ▶ **Pf cellulose:** bioéthanol de seconde génération
 - résidus forestiers et agricoles (pailles et tiges de maïs)
 - cultures ligneuses à croissance rapide (saule, peuplier)
 - cultures énergétiques herbacées (panic, miscanthus, alpiste...)

BIOÉTHANOL – utilisation



- ▶ en mélange dans l'essence : E5, E10, E85, E100
Ex indique le % de bioéthanol dans le mélange
- ▶ jusqu'à E20: aucun ajustement dans moteurs conventionnels;
plusieurs firmes développent des véhicules adaptés à E85
- ▶ caractéristiques fixes
- ▶ environ 40 % moins énergétique que l'essence (base pondérale)
mais plus dense: masse volumique supérieure de 7%
- ▶ E10 réduit de 3% la puissance du moteur
mais favorise une meilleure combustion
- ▶ indice d'octane très élevé : avantage pour moteur à essence
pouvoir antidétonant (lors d'allumage prématuré)
- ▶ Objectif canadien: 5% d'ici 2010
Objectif québécois: 5% d'ici 2012 (besoin au QC de 450 MI / an)

ÉTHANOL CÉRÉALES - techno. production



- ▶ Broyage (humide ou à sec)
 - ▶ Hydrolyse enzymatique et saccharification :
alpha-amylase + chauffage
glucamylase □ transforme amidon en sucres
 - ▶ **Fermentation**: levures □ convertit sucres en alcool éthylique
 - ▶ **Distillation**: augmente le taux d'alcool de $\pm 15\%$ à 96%
 - ▶ **Déshydratation** (ex: séparation membranaire de Vaperma):
 - éthanol anhydre
 - ajout d'un dénaturant ($\pm 2\%$) : pour éviter consommation humaine
- ⇒ **BIOÉTHANOL** + coproduits (CO₂ et drèches)

ÉTHANOL CELLULO. - techno. production



- ▶ **Prétraitement** : défibrage à explosion de vapeur
- ▶ **Hydrolyse** : cellulases □ sucres élémentaires
- ▶ **Séparation / déshydratation** : sépare lignine de liqueur et la valorise
- ▶ **Fermentation** : levures/bactéries □ sucres en alcool éthylique
- ▶ **Distillation** : augmente le taux d'alcool de $\pm 5\%$ à 96%
- ▶ **Déshydratation** : • Éthanol anhydre; • Dénaturant ($\pm 2\%$)
⇒ **BIOÉTHANOL** (75% cell+hémicell transformées) + coproduits

Coproduits:

1 t de biomasse □ 460 l éthanol (jusqu'à 700 l) + 520 kg CO₂
+ 500 kg lignine (liant, dispersant, antioxydant)

ÉTHANOL CÉRÉALES - industrie



Au Québec

- ▶ Une usine (Ethanol Greenfield) : capacité 120 M litres/an utilise 320 000 t/an de maïs (Pro-éthanol), <10% prodn maïs-grain QC

Au Canada

- ▶ 8 usines: capacité = 300 M l et devrait atteindre 18,9 M l/an (2015) soit 3,4% de la consommation nationale annuelle
- ▶ matière première : maïs (ON, QC) et blé (MB, SK, AB)

Aux États-Unis

- ▶ près de 80 usines en opération (autant en construction) capacité totale \approx 3,1 G l/an

Problématique:

source de revenus pour producteurs à proximité des raffineries
mais utilise terres agricoles de qualité

ÉTHANOL CELLULO. (paille, bois) - industrie



Au Québec

- ▶ Enerkem: usine pilote par gazéification / catalyse
projet de traitement de résidus ligneux: cap 4 MI /an

Au Canada

- ▶ logen (paille): usine de démonstration : capacité 2,5 MI / an
- ▶ Lignol (bois): procédé intégré transformant cellulose et lignine

Aux États-Unis

- ▶ plusieurs projets en construction: petite échelle, divers procédés
- ▶ 6 gros projets financés par DOE (385 M \$): production dans 4 ans
- ▶ Zhang-Lynd: prétraitement/saccharif acide/extraction organosolvant
valorise lignine, sucres hémicell, cellulose amorphe, acide acétique

Problématique : coût/disponibilité MP, techno, peu de conflits d'usage
fort potentiel de croissance, revenus d'appoint

BIOÉTHANOL - environnement



- ▶ **Composé non toxique et biodégradable**
- ▶ **Bilan énergétique:**
quantité d'énergie produite à partir d'une unité d'énergie fossile:
variable selon les études:
 - maïs : maximum 1,17 (soit 7730 à 9250 MJ/m³)
Greenfield (Varennnes) : tendra vers 1,3 d'ici 5 ans
 - cellulose : bilan positif de 4,4 à 6,6 (bilan élevé: un atout)
- ▶ **Bilan gaz à effet de serre**
 - maïs : réduction de l'ordre de 15 à 30% mais à un coût élevé
 - cellulose : réduction de l'ordre de 85%
- ▶ **Éthanol cellulosique:**
ne requiert pas l'utilisation intensive de bonnes terres agricoles

BIOÉTHANOL - enjeux

Selon TDDC, plusieurs forces doivent être en place pour que le Canada atteigne ses objectifs:

- ▶ Assurer approvisionnement stable en matières premières
- ▶ Ententes avec distributeurs d'essence afin d'ajouter du bioéthanol dans l'essence
- ▶ Conditions d'utilisation obligatoire du bioéthanol
- ▶ Allègement fiscal approprié
- ▶ Soutien au niveau des coûts en capital
- ▶ Technologies qui diminuent coûts d'investissement / exploitation
- ▶ Mise en place d'un solide marché des coproduits
- ▶ Nécessité d'un approche de **gestion intégrée des ressources**



BIOHUILE

- ▶ **Condensat liquide noir**
issu des résidus forestiers/agricoles
- ▶ **Principalement utilisée comme huile à chauffage**
- ▶ **Procédé de liquéfaction directe ou pyrolyse rapide**
qui décompose la structure de la biomasse en < 2 secondes
produits: 60% de biohuile, 20% de charbon solide, 20% de gaz
- ▶ **Contient plusieurs molécules d'hydrocarbones** comme celles
dérivant du pétrole, donc **peut être raffinée en ≠ produits chimiques**
- ▶ **Actuellement, une infime part du marché des carburants** mais
on entrevoit une croissance par petites unités peu dispendieuses
- ▶ **Canada: leader mondial dans application industrielle de cette techno**
Pyrovac (Québec), Ensyn (Ontario), Dynamotive Energy (CB)



SYNGAZ - produit, matière première



- ▶ **gaz de synthèse: combustible intermédiaire créé par gazéification thermo-chimique pouvant convertir des matériaux carbonés (hétérogènes) en CO et hydrogène**
- ▶ **ce gaz, dégoudronné, dépoussiéré et lavé à les mêmes propriétés que le gaz naturel**
- ▶ **le procédé de gazéification est sensiblement le même pour différentes matières traitées, mais le traitement du gaz doit être adapté**

SYNGAZ – sur lit fluidisé (1)



- ▶ **Enerkem: techno de gazéification pouvant produire chaleur, électricité, hydrogène, carburants liquides (éthanol, méthanol, diesel) à partir du syngaz**
- ▶ **exige gros volumes de matières premières: résidus forestiers/agricoles, déchets municipaux triés (tout sauf verre / métal)**
- ▶ **la culture de végétaux à croissance rapide est envisagée pour sécuriser l'approvisionnement**
- ▶ **valoriser vieux poteaux téléphone: produit méthanol puis éthanol**
- ▶ **coproduits: matériau inerte pour routes / construction**
- ▶ **procédé testé mais peu d'usines en opération**
- ▶ **investissements importants (50M\$), donc: avantage d'être à proximité des sources de MP**

SYNGAZ – Fischer-Tropsch (2)



- ▶ **Choren: technologie allemande de gazéification et de synthèse Fischer-Tropsch produisant un gaz biosynthétique appelé BtL (*Biomass to Liquid*)**
- ▶ **gros volumes de matières premières requis: résidus forestiers / agricoles mais aussi cultures énergétiques**
- ▶ **le carburant BtL ne contient ni soufre, ni composés aromatiques et réduit beaucoup le contenu en NO et en particules**
- ▶ **nécessite peu ou pas de modifications des moteurs**
- ▶ **coproduits: naphta, méthanol, paraffines, carburants spéciaux (DME)**
- ▶ **procédé possiblement énergivore: pyrolyse / gazéification / FT**
- ▶ **projet de 50 M\$ pour la construction d'une usine en Alberta (2008)**

BIODIÉSEL – produit, matière première



- ▶ **Macromolécule** comprenant C, H et O
ester méthylique d'huile végétale (EMHV)
ou ester éthylique (EEHV) : biodiésel complètement « vert »
- ▶ **Matières premières :**
 - huiles végétales provenant de cultures oléagineuses (canola, soya, tournesol, huile de palme)
 - gras animal et huiles de friture recyclées
 - huiles de poisson provenant d'usine de transformation
 - cellulose (en développement)
- ▶ **Objectif du gouv. fédéral: 500 MI de biodiésel d'ici 2010**

BIODIÉSEL – utilisation



- ▶ en mélange au pétrodiesel : B2, B5, B20, B100
- Bx indique le % de biodiesel dans le mélange
- ▶ jusqu'à B20, aucun ajustement dans les moteurs conventionnels
de B20 à B90: modifications ; B100 requiert précautions
- ▶ caractéristiques variables selon le type d'huile et d'alcool utilisés
pour transestérification (alcool éthylique / méthylique / butylique)
- ▶ environ 10 % moins énergétique que le diesel (en terme massique)
39,8 MJ/kg vs 45,2 MJ / kg
- ▶ indice cétane plus élevé : donc intéressant pour l'autoallumage
- ▶ plus grande onctuosité (remplace le soufre)
- ▶ viscosité plus élevée (requiert additif par temps froid)

BIODIÉSEL – technologies de production



- ▶ **Prétraitement (production d'huile)**
 - **pressage (à froid ou à chaud) ou extraction**
 - **traitement acide (pour graisses recyclées)**
- ▶ **Transestérification de l'huile**
 - **réaction avec alcool (méthanol, éthanol) avec catalyseur (NaOH)**
 - **décantation**
 - **récupération de l'excès d'alcool**
- ▶ **Purification pour produire huile purifiée ou biodiésel et glycérol**
⇒ BIODIÉSEL + coproduits

Coproduits: glycérine (glycérol), tourteau (aliment d'animaux, granules)
◆ **produire 500 ML de biodiésel ⇒ production de 50 ML de glycérol**

BIODIÉSEL – industrie



Au Québec

- ▶ 2 usines (Rothsay): capacité totale 65 M litres / an
matière première : gras animaux + huiles recyclées de restaurants

Au Canada

- ▶ 3 usines : capacité totale 435 M litres / an
matières premières : canola et autres sources de d'huiles et gras

Aux États-Unis

- ▶ ≈ 90 usines en opération, ≈ 15 en construction
capacité totale : 1,4 milliard de gallons / an
- ▶ Tyson Foods: projet de 1,1 Gl/an (gras de poulet), idem Smithfield

Problématique:

Rentabilité dépend de: coût matière première, subventions, prix diésel
Coût élevé des tests de certification

BIODIÉSEL – environnement



- ▶ **Composé non toxique et biodégradable**
- ▶ **Un impact : possible réduire consommation camions**
- ▶ **Bilan énergétique variable**
d'un bilan négatif de 0,46 (tournesol) ou 0,8 (soya)
à un bilan positif de 4,5 à 5,5 (canola)
- ▶ **Bilan gaz à effet de serre variable**
B2 génère 1 à 2% moins d'émissions de GES que le pétrodiesel
B20 génère 12 à 18% moins d'émissions de GES
B100 génère 64 à 92% moins d'émissions de GES

FACTEURS CRITIQUES

- ▶ prix de l'énergie
- ▶ approvisionnement en biomasse
- ▶ prix de la biomasse
- ▶ coûts de production
- ▶ valorisation des coproduits
- ▶ facteurs politiques
- ▶ facteurs environnementaux
- ▶ facteurs sociaux





MERCI !

questions?