



McGill

AGR. AND ENV. SCIENCES

Bioresource Engineering

Enrichissement des serres en CO_2 à partir du chauffage au bois

Présenté par

Louis-Martin Dion

Dr. Mark Lefsrud, Dr. Valérie Orsat

Agriculture, Pêcheries
et Alimentation

Québec



**CRAAQ – Forum recherche et innovation en
serriculture 2010**

28 Octobre 2010

APERÇU DE LA PRÉSENTATION

- Origines et objectifs du projet
- Défis d'utiliser la biomasse
- La combustion & la gazéification
- Résultats préliminaires
- Perspectives pour l'industrie
- Conclusion

BÉNÉFICES DE L'ENRICHISSEMENT EN CO₂



Photo: Louis-Martin Dion

Espèces	Concentration optimale de (CO ₂)	Concentration atmosphérique moyenne (CO ₂)
Tomate	1 000 ppm	390 ppm
Concombre	1 200 ppm	390 ppm
Poivron	1 000 ppm	390 ppm
Lettue	1000 - 1500 ppm	390 ppm
Rose	1000 - 1200 ppm	390 ppm

Source: Conseil des productions végétales du Québec, 1988

➤ Augmentation de rendement: 20 à 60%

Source: (Critten & Bailey, 2002; Jaffrin et al., 2003; Mortensen, 1987; Sánchez-Guerrero et al., 2009; Tisserat et al., 2008; Willits & Peet, 1989; Wittwer & Robb, 1964)

SOURCES D'ENRICHISSEMENT EN CO₂

➤ Sources

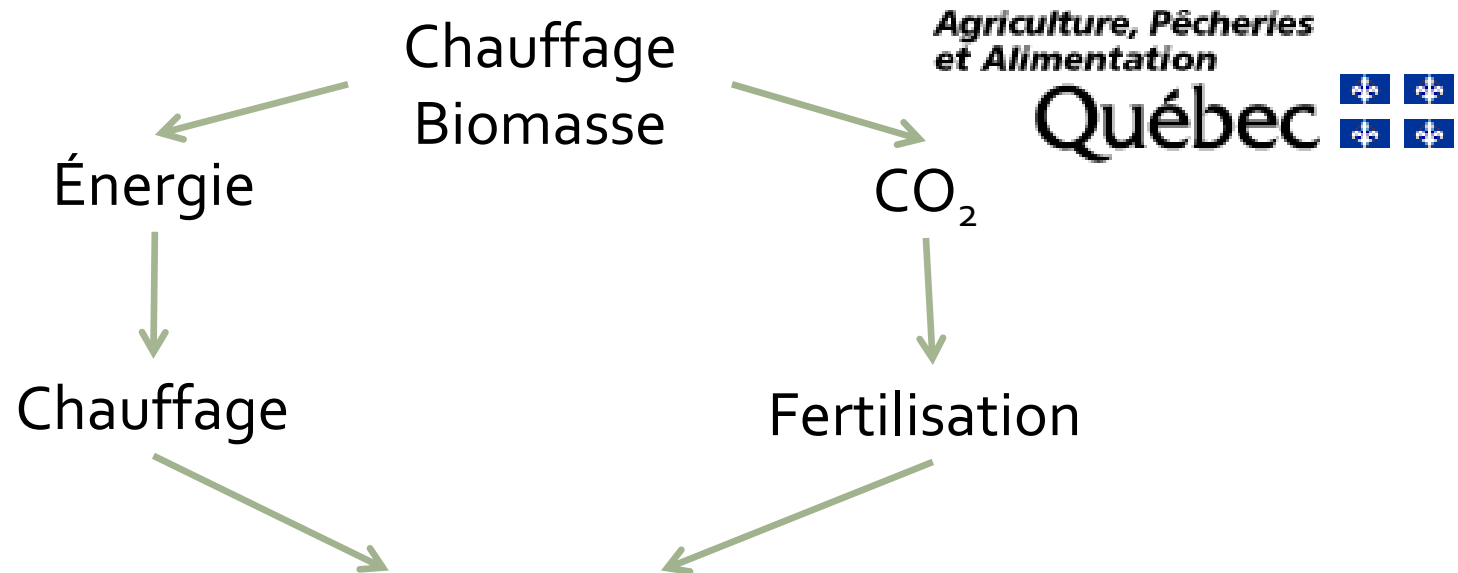
- Gaz naturel
- Propane
- CO₂ Liquide
- Gaz d'échappement de systèmes de chauffage

➤ Alternatives

- Biogaz de sites d'enfouissement
- Digesteurs anaérobiques
- Combustion de biomasse

OBJECTIFS DU PROJET DE RECHERCHE

- Campus Macdonald, Université McGill
 - M. Lefsrud, V. Orsat, P. Thomassin, D. Smith. L. Dion



*Agriculture, Pêcheries
et Alimentation*

Québec

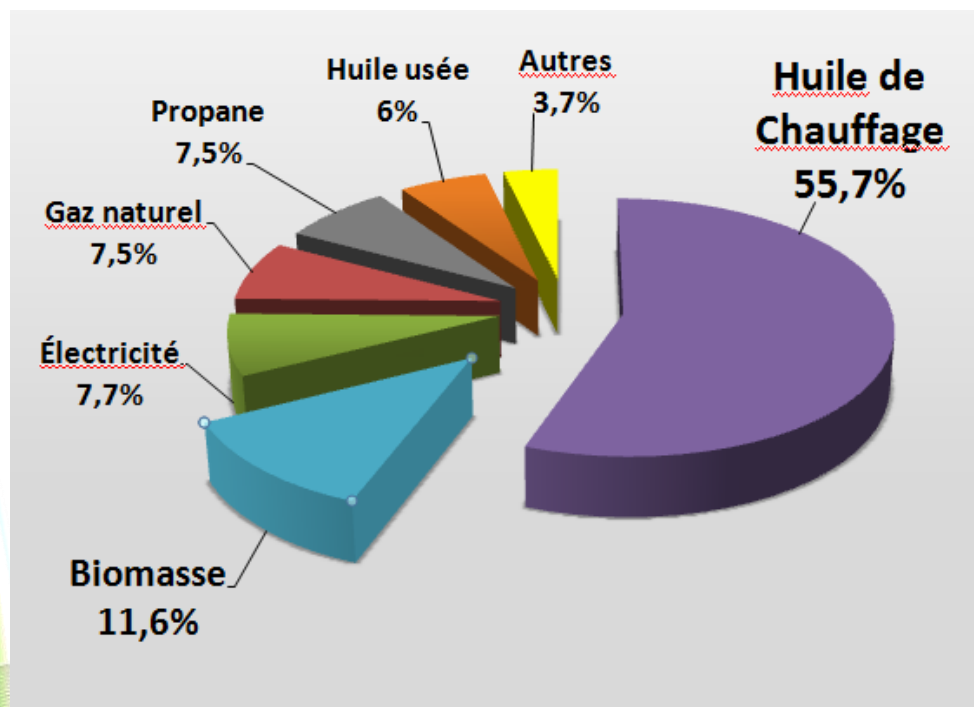


Photo: Louis-Martin Dion

MARCHÉ CIBLE: L'INDUSTRIE SERRICOLE

Pourquoi se concentrer sur le chauffage à la biomasse au Québec?

- Grande demande énergétique
- Potentiel de marché intéressant



Sources de chauffage des producteurs en serre québécois en 2007			
Huile de chauffage	448	55.7	%
Biomasse	96	11.9	%
Électricité	62	7.7	%
Gaz naturel	60	7.5	%
Propane	60	7.5	%
Huile usée	48	6	%
Autres	30	3.7	%

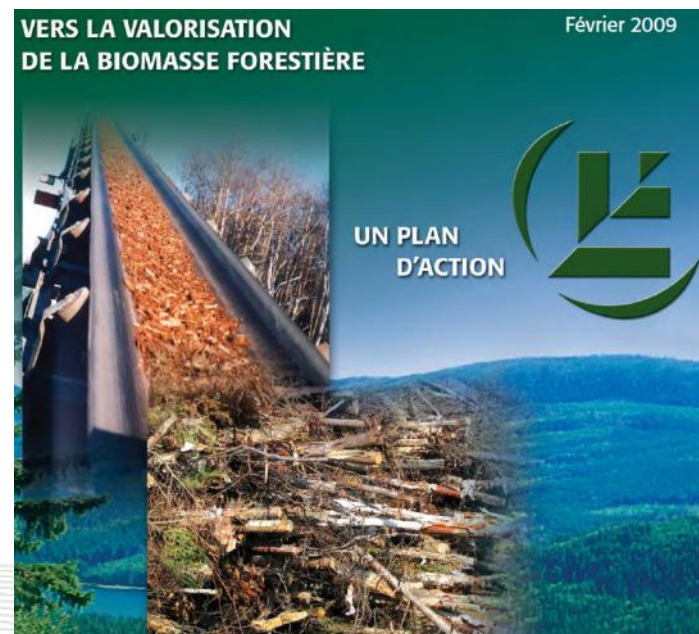
Source: SPSQ, 2007

VALORISATION DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE

- Agence de l'efficacité énergétique
 - Réduction de consommation de mazout lourd
- Source Renouvelable
- Carbone Neutre

**Agence de l'efficacité
énergétique**

Québec



Source: Ministère des Ressources naturelles et de la Faunes du Québec

BIOMASSE

Type de biomasse

	Unités	Granules de Bois	Copeaux de Bois
Teneur en humidité	%	8-12	10-50
Densité en vrac	t/m ³	0,56-0,75	0,18-0,35
Valeur calorifique	GJ/t	17-18	10-11
Prix approximatif	\$ CAN/t	~130-200	~70



www.meec.ie



www.alternativeenergysource.org

ENERGEX

The Largest Wood Pellet Fuel Manufacturer in North America.



ÉMISSIONS

Émissions	Standards ASHRAE de qualité de l'air	Concentrations atmosphériques	Concentration visée dans la serre
Dioxyde de Carbone (CO ₂)	3500 ppm	390 ppm	1000 ppm
Monoxyde de Carbone (CO)	11 ppm	0.10 ppm	
Dioxyde d'azote(NO ₂)	0.05 ppm	0,02 ppm	
Particules fines	40 µg/m ³		
Dioxyde de soufre (SO ₂)	0.019 ppm		
Composés organiques volatiles (COVs)	0.05 ppm		
Ethylene (C₂H₄)	0.05 ppm		

PLATEFORME DE RECHERCHE

- Combustible
- Processus thermochimique
- Caractérisation et contrôle des émissions
- L'enrichissement en CO₂

PROCESSUS THERMOCHIMIQUE

➤ Combustion vs Gazéification



Photo: Louis-Martin Dion



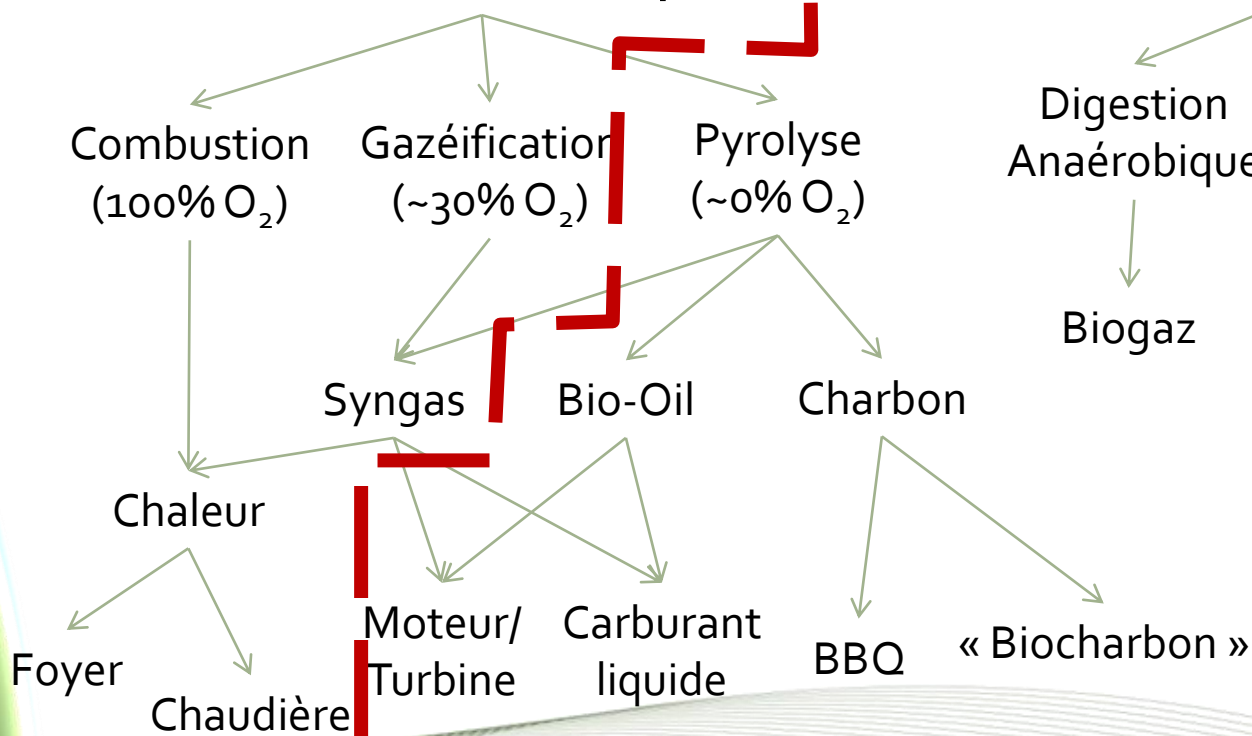
Photo: Louis-Martin Dion

BIOMASSE

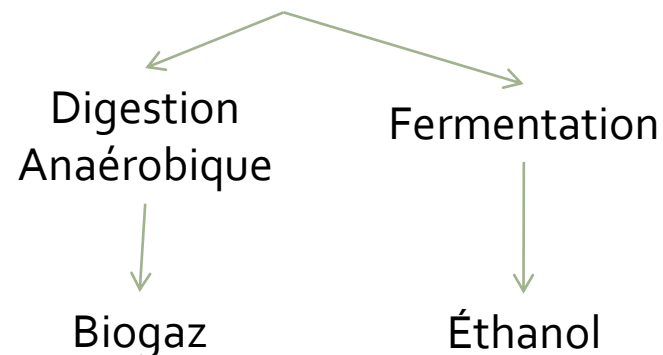
< 50% teneur en humidité

> 50% teneur en humidité

Conversion Thermochimique



Conversion Biochimique



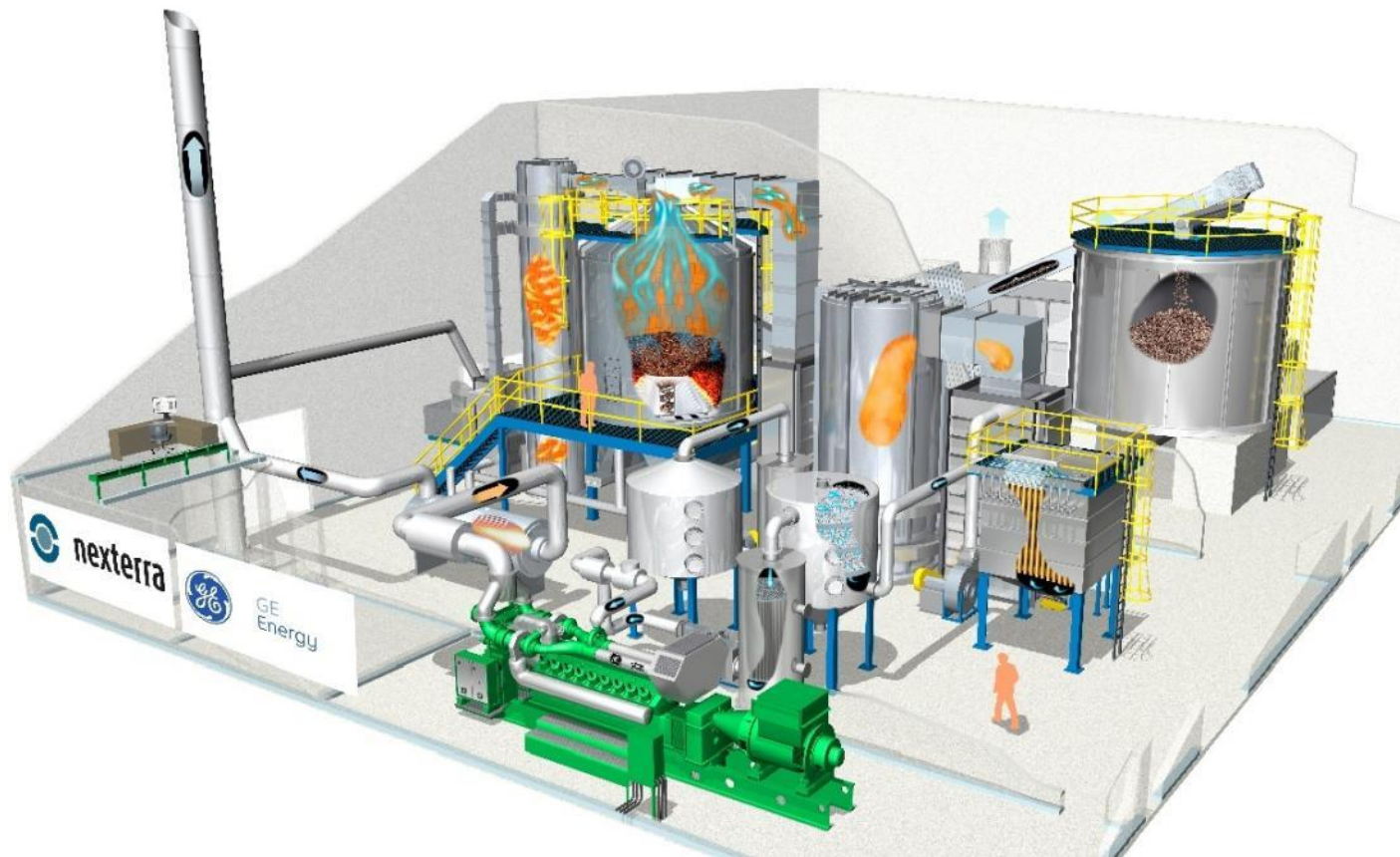
PROCESSUS THERMOCHIMIQUE

➤ Gazéification vs Combustion

- Efficacité net de conversion ↑
- Émissions de particules ↓
- Cendres ↑

GAZÉIFICATION

➤ À grande échelle:



Source: www.nexterra.ca

GAZÉIFICATION

➤ À petite échelle:



Photo: Louis-Martin Dion

GAZÉIFICATION

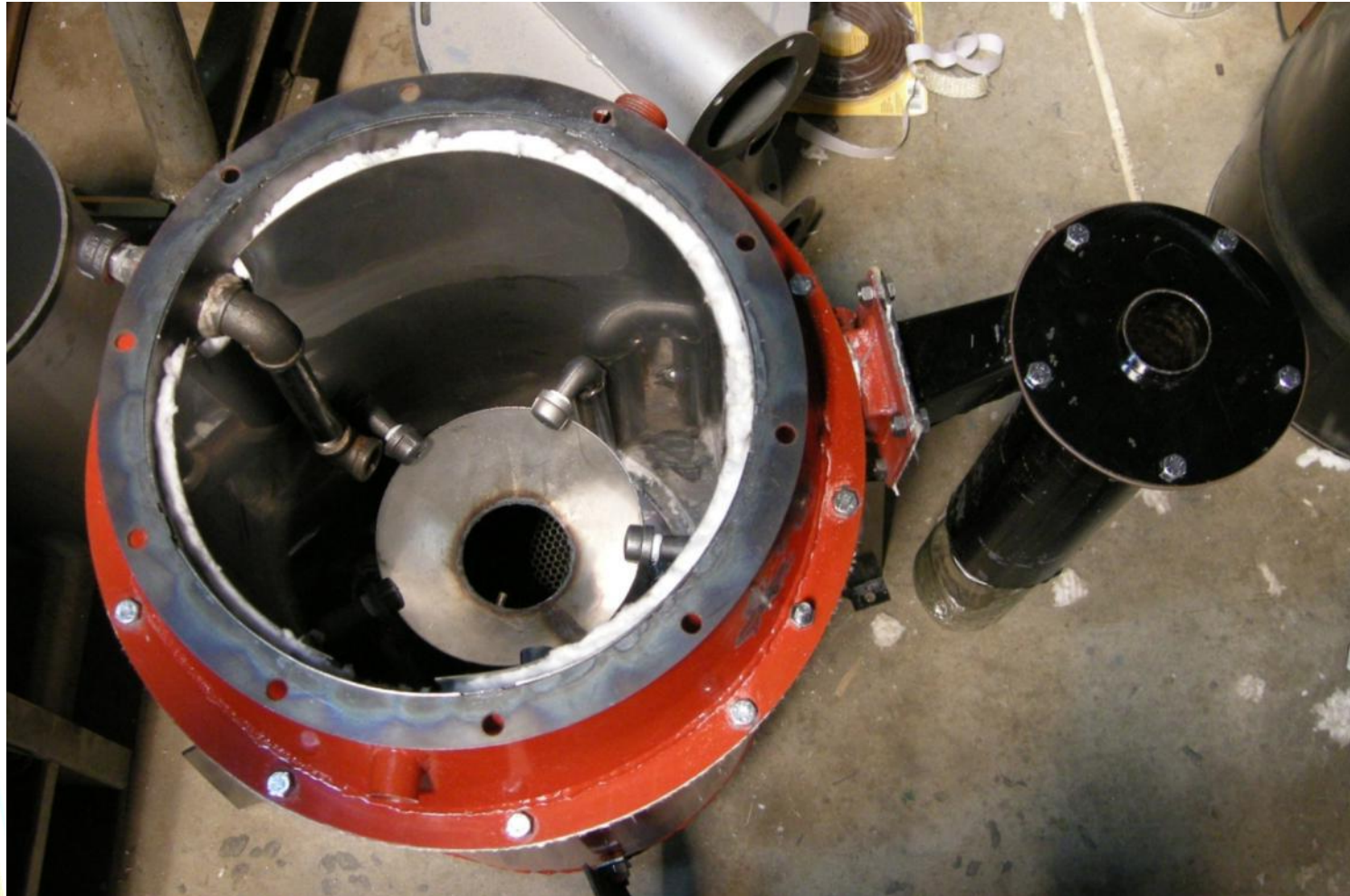


Photo: Louis-Martin Dion

GAZÉIFICATION

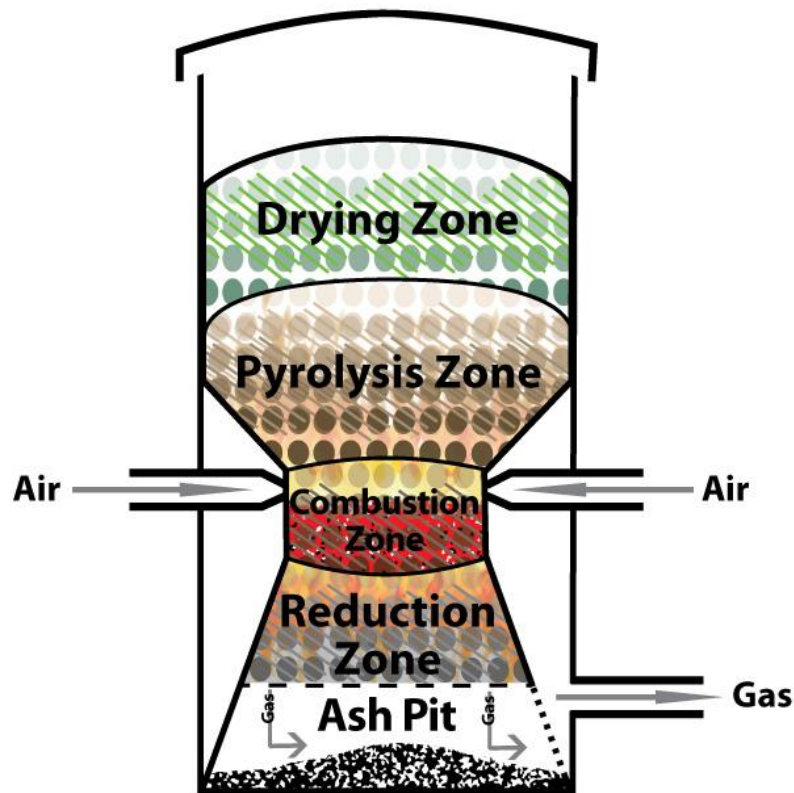


Photo: Louis-Martin Dion

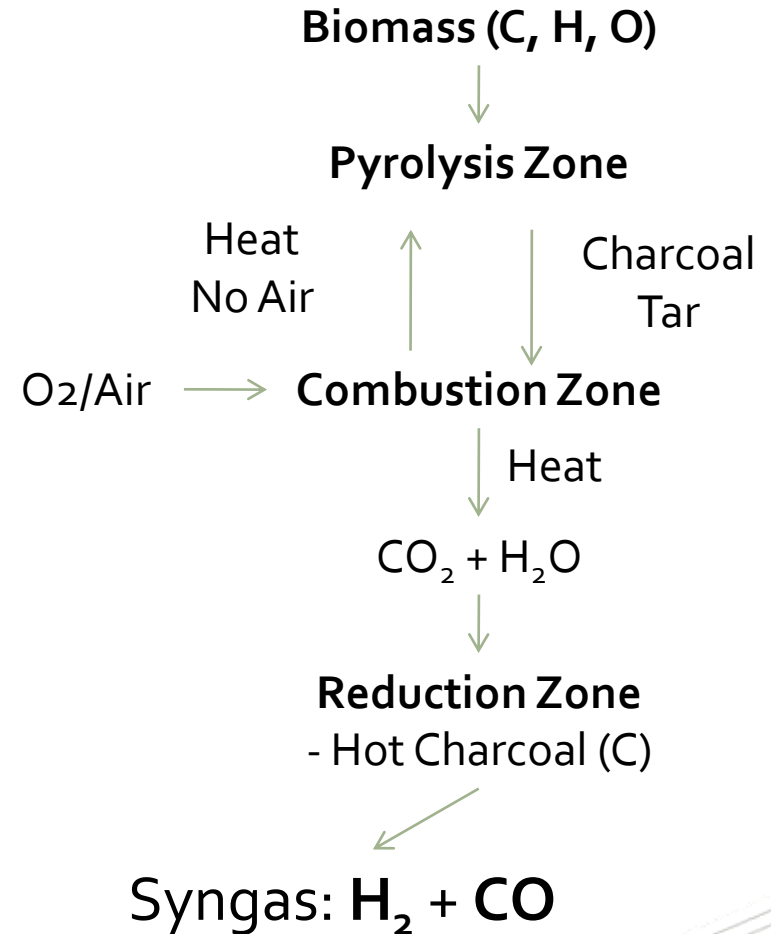
GAZÉIFICATION

Downdraft Gasifier

Nozzle and constriction (Imbert)



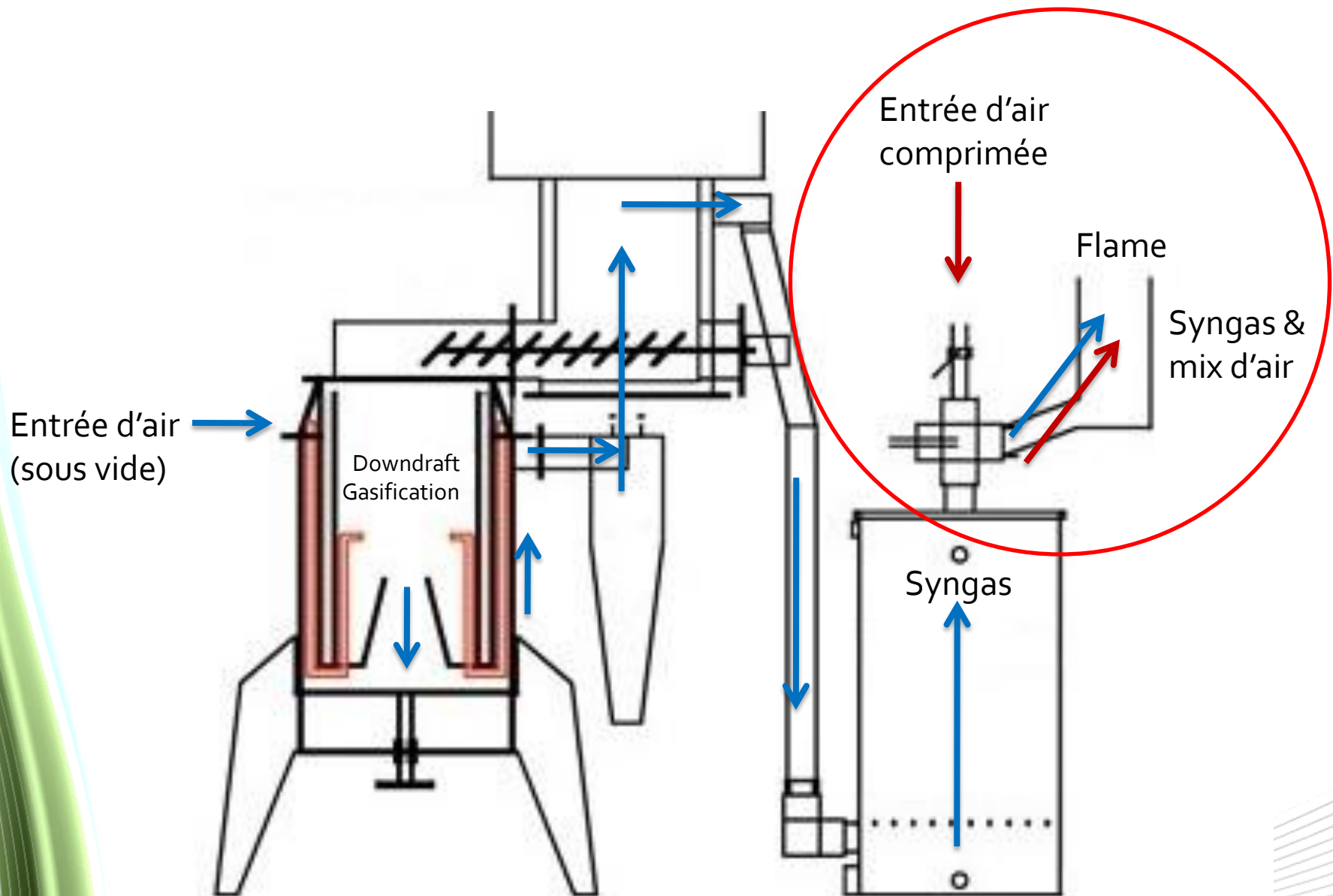
Source: All Power Labs
(www.gekgasifier.com)



GAZÉIFICATION



Photo: Louis-Martin Dion



COMBUSTION DU SYNGAS

Syngas ($\text{H}_2 + \text{CO}$) Air (O_2)

Combustion

$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Chaleur}$

Combustion incomplète:

- CO
- NO_x
- COVs (e.g. éthylène)
- autres



Photo: Louis-Martin Dion

COMBUSTION DU SYNGAS

- Nécessité d'optimiser le brûleur à Syngas



Photo: Louis-Martin Dion

INSTALLATIONS



Photo: Louis-Martin Dion

GAZÉIFICATION

➤ Valorisation des cendres



Photo: Louis-Martin Dion

RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES

Émissions de Monoxyde de Carbone (CO)

	Fournaise à Combustion	Gazéificateur
Tests préliminaires		20 000 ppm
Moyenne	1200 ppm	40 ppm
Minimum	35 ppm	0,2 ppm

Seuil de toxicité du CO

11 ppm

Émissions d'éthylène (C₂H₄)

Gazéificateur	Seuil de toxicité
0,047 ppm	0,050 ppm

CONTRÔLE DES ÉMISSIONS

➤ Séparation du CO₂ par membrane

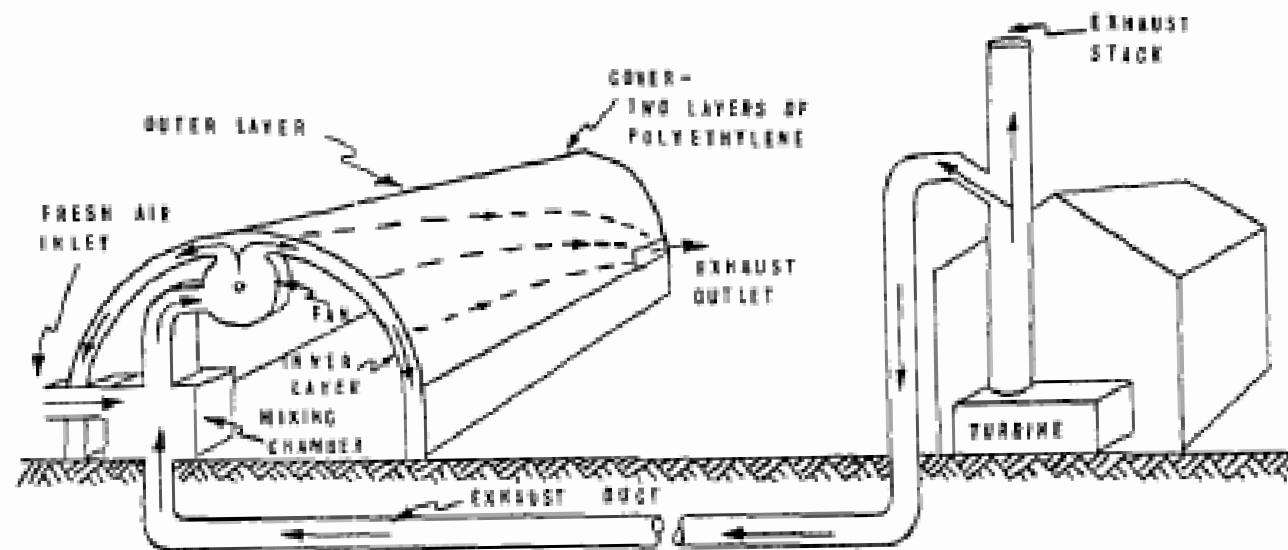


Figure 1 - Gas fired turbine exhaust scheme for heating and carbon dioxide enrichment of greenhouses (Gas filtering system patented in Canada and U.S.A.).

PERSPECTIVES POUR L'INDUSTRIE

- À petite échelle: Gazéificateur
 - Brûleur optimisé
 - Utilisation de résidus locaux
 - Système automatisé
 - Récupération de la chaleur produite
- À grande échelle:
 - Systèmes à combustion directe
 - Système de séparation du CO₂ par membrane

CONCLUSION

- Les défis de l'enrichissement des serres en CO₂ à partir du chauffage au bois
- Plateforme de recherche et d'éducation sur la production et l'utilisation de la biomasse énergétique

RÉFÉRENCES

- ASHRAE, 2009. 2009 ASHRAE handbook fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.
- Chau, J., Sowlati, T., Sokhansanj, S., Preto, F., Melin, S., Bi, X., 2009a. Economic sensitivity of wood biomass utilization for greenhouse heating application. *Applied Energy*, 86, 616-621.
- Critten, D.L., Bailey, B.J., 2002. A review of greenhouse engineering developments during the 1990s. *Agricultural and Forest Meteorology*, 112, 1-22.
- De Nevers, N., 2000. Air pollution control engineering, Second Edition ed, McGraw-Hill, Boston.
- Graham, L.E., Graham, J.M., Wilcox, L.W., 2003. Plant Biology, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Hanan, J.J., 1998. Greenhouses - Advanced Technology for Protected Horticulture, CRC Press.
- Hicklenton, P.R., 1988. CO₂ Enrichment in the Greenhouse - Principles and Practices, Timber Press, Portland, Oregon.
- Jaffrin, A., Bentounes, N., Joan, A.M., Makhoul, S., 2003. Landfill Biogas for heating Greenhouses and providing Carbon Dioxide Supplement for Plant Growth. *Biosystems Engineering*, 86, 113-123.
- Léveillé, F., Gendreau, L., 1998. Évaluation de l'innocuité et du rendement technico-économique d'un générateur de CO₂ à maïs pour les serres. Centre d'information et de développement expérimental en sericulture (CIDES).
- Maginnes, E.A., Green, G.H., 1978. Greenhouse Heating with Exhaust Gases. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 87, 343-350.
- McKendry, P., 2002. Energy production from biomass (part 2): conversion technologies. *Bioresource Technology*, 83, 47-54.
- Mortensen, L.M., 1987. Review: CO₂ enrichment in greenhouses. Crop responses. *Scientia Horticulturae*, 33, 1-25.
- Scholes, C.A., Kentish, S.E., Stevens, G.W., 2008. Carbon Dioxide Separation through Polymeric Membrane Systems for Flue Gas Applications. *Recent Patents on Chemical Engineering*, 1, 52-66.
- Van Loo, S., Koppejan, J., 2008. The handbook of biomass combustion and co-firing, Earthscan, London; Sterling, VA.

REMERCIEMENTS

- Dr. Mark Lesfrud, Department of Bioresource Engineering
- Dr. Valérie Orsat, Department of Bioresource Engineering
- Dr. Jeffrey Bergthorson, Department of Mechanical Engineering

- John W. Arsenault, Energex



- David Giard, Consumaj



- Wood Pellet Association of Canada

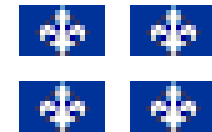
- M.A.P.A.Q.

- NSERC



**Agriculture, Pêcheries
et Alimentation**

Québec



McGill

AGR. AND ENV. SCIENCES
Bioresource Engineering

MERCI!

QUESTIONS ?