



CONSULTANTS FORESTIERS



# Granules ou poudre de bois comme alternatives vertes pour les minières

Thème: Développement nordique durable  
Salon des technologies environnementales du Québec,  
Québec, 12 mars 2014

*Jean-François Côté, ing.f., M.Sc.  
Consultants forestiers DGR*

# Plan de présentation



1. Le contexte
2. Les propriétés des divers combustibles
3. Les technologies pour la production thermique et pour la génération électrique
4. Des exemples
5. Le cas Stornoway Diamonds - Projet Renard

# Contexte



- Acceptabilité sociale par les communautés occupant le territoire
- Prix élevé de l'énergie
- Objectif de réduction des GES
- Éloignement des sources d'approvisionnement en carburant
- Impacts/risques environnementaux



Deloitte.

## Equation Nord

Formule gagnante  
pour des affaires prospères  
dans le nord du Québec

Énergie

## Paradoxe québécois

Si les infrastructures de transport sont la colonne vertébrale du développement nordique, l'énergie influence la viabilité des projets miniers. Il s'agit même du nerf de la guerre dans certains cas où les projets sont très éloignés des infrastructures hydroélectriques.

# Propriétés des combustibles



- Nature fossile ou renouvelable
- Importation ou de source locale
- Émissions atmosphériques / empreinte environnementale
- Prix / efficacité
- Densité énergétique
- Fluidité, transport, entreposage, sécurité

# Propriétés des combustibles



## Valeur calorifique du bois

Tableau de l'effet du pourcentage d'humidité sur la valeur calorifique du bois

% d'eau (base humide)	Valeur calorifique BTU/LB	Chaleur d'évaporation BTU/LB*	Chaleur disponible BTU/LB	Chaleur disponible GJ/tm
0	8 500	0	8 500	19,8
10	7 650	120	7 530	17,5
20	6 800	240	6 560	15,3
30	5 950	360	5 590	13,0
40	5 100	480	4 620	10,7
50	4 250	600	3 650	8,5
60	3 400	720	2 680	6,2
70	2 550	840	1 710	4,0

1,63

\* Enthalpie de l'évaporation égale à 1 200 BTU/LB.

Adapté de : *La combustion efficace du bois* (Yvon Bruneau) 1979.

# Propriétés des combustibles



## Équivalences calorifiques

**Tableau d'équivalences calorifiques et de coûts relatifs de certains combustibles.**

*(le taux d'efficacité des systèmes est considéré équivalent pour toutes les sources)*

Forme d'énergie	Unité	MJ/Unité	kWh/Unité	Btu/Unité	Coût/unité*	\$/GJ	\$/tm <sub>10%</sub>
Électricité	<b>kWh</b>	<b>3,60</b>	<b>1,00</b>	<b>3 413</b>	0,075	20,83	363
Gaz naturel	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>37,89</b>	<b>10,53</b>	<b>35 922</b>	0,40	10,56	184
Mazout léger	<b>L</b>	<b>38,80</b>	<b>10,78</b>	<b>36 785</b>	0,85	21,91	381
Mazout lourd	<b>L</b>	<b>42,50</b>	<b>11,81</b>	<b>40 292</b>	0,65	15,29	266
Propane	<b>L</b>	<b>25,53</b>	<b>7,09</b>	<b>24 204</b>	0,50	19,58	341
Poudre de bois à 10%	<b>kg</b>	<b>17,40</b>	<b>4,83</b>	<b>16 500</b>	0,180	10,34	180

\* hypothèses des prix courants des combustibles.

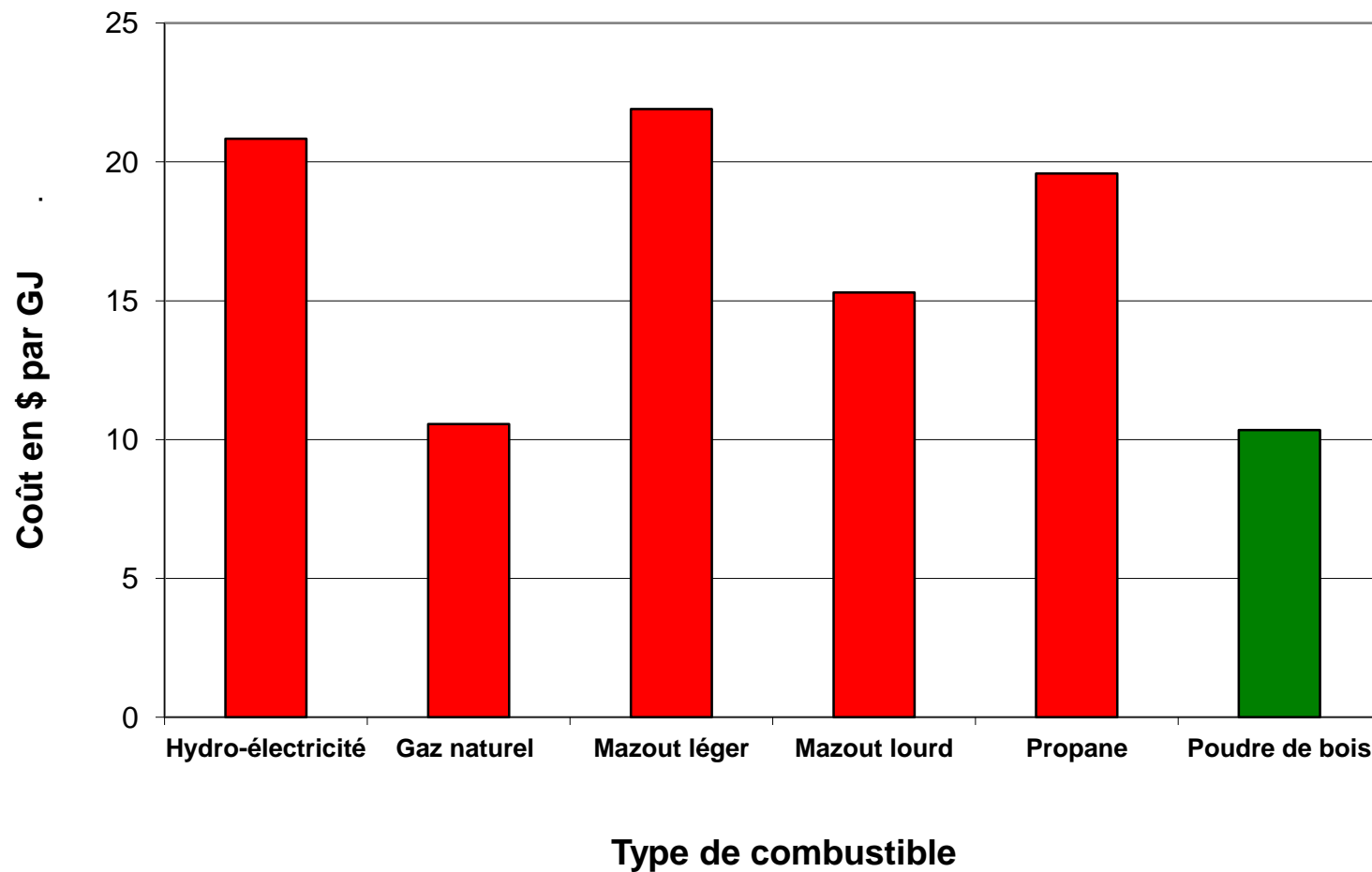
Pour la poudre de bois, une valeur de 0,18 \$/kg correspond à 180 \$/tonne métrique (à 10% d'humidité).

Source: [http://www.aee.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/facteurs\\_emission.pdf](http://www.aee.gouv.qc.ca/fileadmin/medias/pdf/facteurs_emission.pdf)

# Propriétés des combustibles



## Prix comparatifs des combustibles

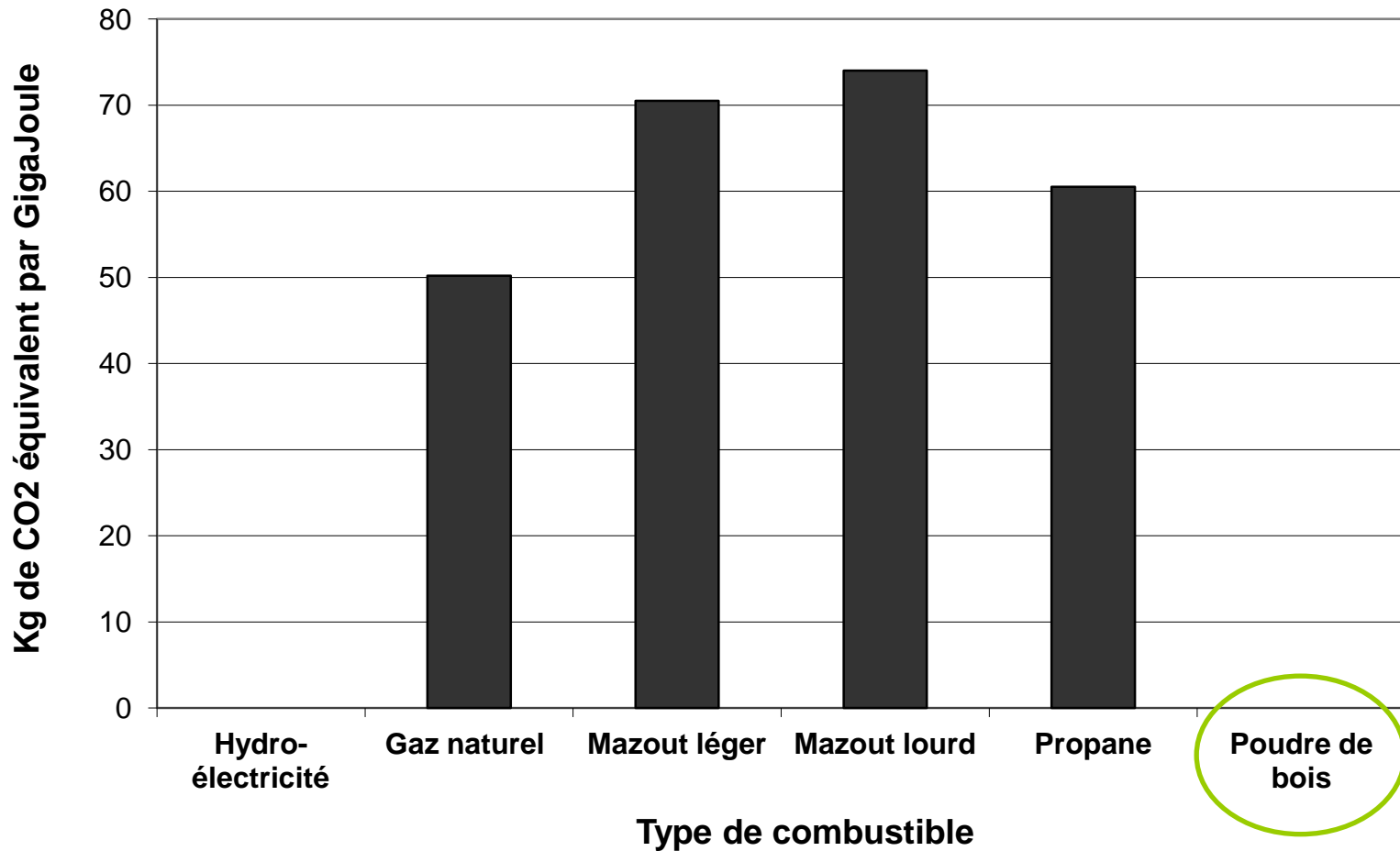




# Propriétés des combustibles



## Émissions de GES



# Propriétés des combustibles



## Densité et valeur calorifique

Combustibles	Densité	Valeur calorifique
Poudre à 10% humide	0,25 tm/m <sup>3</sup>	<b>4,4 GJ/m<sup>3</sup></b> (17,4 GJ/tm)
Granules à 10% humide	0,65 tm/m <sup>3</sup>	<b>11,3 GJ/m<sup>3</sup></b> (17,4 GJ/tm)
Briquettes à 10% humide	1,20 tm/m <sup>3</sup>	<b>20,9 GJ/m<sup>3</sup></b> (17,4 GJ/tm)
Diesel		<b>38,3 GJ/m<sup>3</sup></b> (38,3 MJ/litre)
Propane		<b>25,3 GJ/m<sup>3</sup></b> (25,3 MJ/litre)

# Technologies



## Technologies à biomasse conditionnée (sèche et raffinée)

- Nombreuses références mondiales
- Large fourchette de puissances/capacités
- Plusieurs fabricants reconnus
- Fiabilité, multi-fuel, simple à opérer
- Prix compétitif (CAPEX et OPEX) par rapport aux sources traditionnelles comme le diesel et le propane

# Technologies: conditionnement



## Technologie *KDS Micronex* pour la production de poudre de bois



- Bois
- Écorce
- Tourbe
- Autres résidus organiques humides





# Technologies: conditionnement



## Produits

Poudre ou farine de bois



Granules de bois



# Technologies: conditionnement



## Produits



Briquettes de bois





# Technologies: conditionnement



Hammer mill - HM S/R series







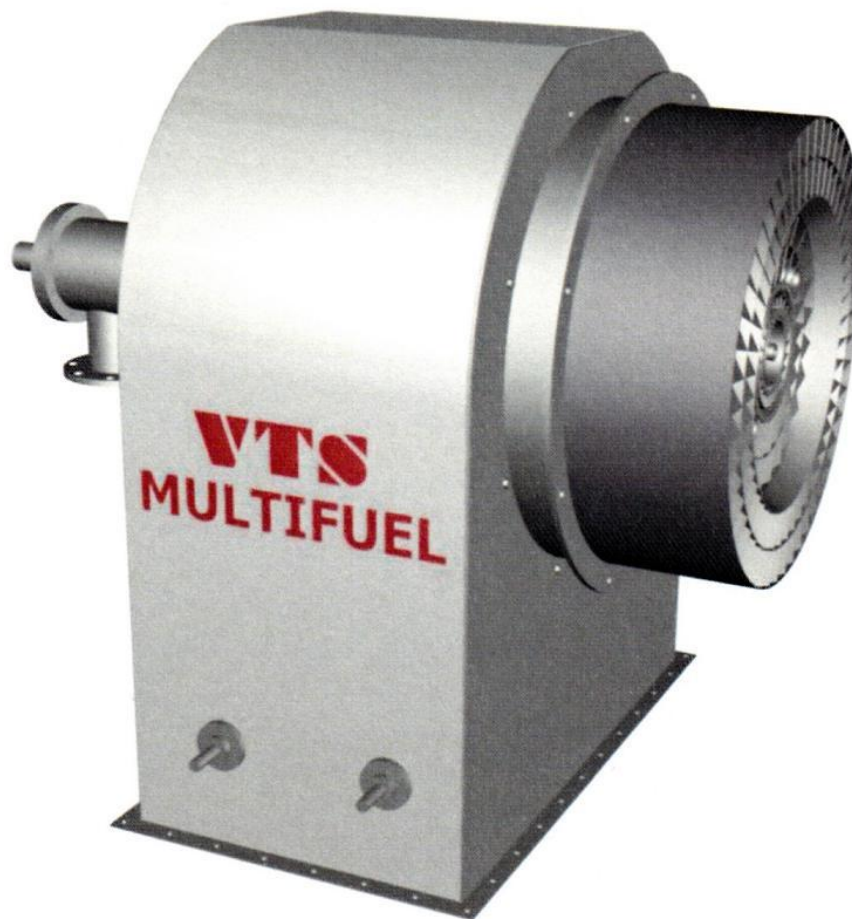


2014-03-12

17

# Technologies: combustion

## Brûleur MultiFuel (poudre de bois)





# Technologies: combustion



## Installations avec brûleurs MultiFuel (poudre de bois)

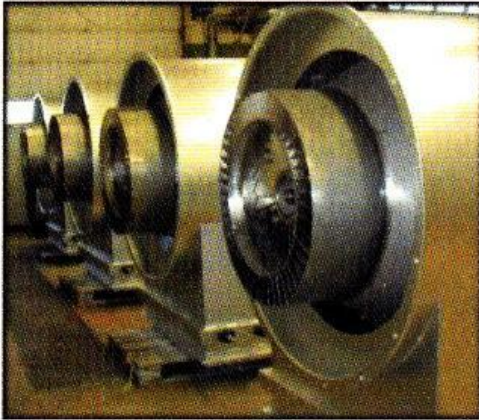
CUSTOMER	LOCATION	FUEL	THERMAL OUTPUT
ZPP Czarna Woda	Czarna Woda	Pulverized wood/Coal	8 MW
Metso Panelboard	Hannover, Germany	Pulverized wood/Natural gas	28 MW
Sweedwood Slovakia	Malacky, Slovakia	Pulverized wood/Natural gas	8 MW
Sweedwood Slovakia	Malacky, Slovakia	Pulverized wood/Natural gas	12 MW
Metso Panelboard	Hannover, Germany	Pulverized wood/Natural gas	25 MW
Nordic Paper	Säffle	Pulverized wood /Oil	25 MW
Tarkett Sommers	Hanaskog	Pulverized wood	8 MW
Pellet Flame	Prince George, Canada	Pulverized wood	15 MW
Particle Planner Co Ltd	Chonburi, Thailand	Pulverized wood	5 MW
Particle Planner Co Ltd	Chonburi, Thailand	Pulverized wood	11 MW
Orsaplattan AB	Orsa	Pulverized wood /Oil	3 + 5 MW
Byggelit Lockne	Östersund	Pulverized wood /Oil	5 MW
Byggelit Storuman	Storuman	Pulverized wood /Oil	4 MW
Laxspan AB	Laxå	Pulverized wood /Oil	4 x 5 MW
Chematur Engineering	Karlskoga	Pulverized wood	5.5 MW
Karlit AB	Karlholmsbruk	Pulverized wood /Oil	9 + 10 MW
Mebio	Valbo	Pulverized wood /Oil	7 MW
BioNorr AB	Härnösand	Pulverized wood /Gas	6 + 2 x 10 MW
Norrenergi AB	Solna	Pulverized wood /Oil	4 x 20 MW
Daiken	Malaysia	Pulverized wood /Oil	10 MW
Pellets Sp.z.o.o	Krojanty, Poland	Pulverized wood /Oil	10 MW
Stora Enso AB	Fors	Pulverized wood /Oil	2 x 25 MW
Söderenergi AB	Fittja	Pulverized wood /Oil	4 x 35 MW
Termoekonomi AB	Täby	Pulverized wood/Oil	6 MW



# Technologies: combustion



## MultiFuel (poudre de bois)



The Multifuel burner is the perfect solution for pulverised wood firing as well as firing of blends of fuels.

With a flexible design the Multifuel concept suits both small scale district heating or industrial applications as well as large power station or district heating boilers.

The Multifuel burner contains a propane-fuelled pilot burner that is the ignition source for the burner's oil flame, which in turn and after certain conditions are met, ignites the pulverised fuel. In addition, to being the start-up source, the oil burner can also provide full load operation. The oil lance is equipped with an air/steam atomising nozzle. The burner can also be designed for natural gas/LNG/LPG firing.

To date more than 40 pulverised wood burners have been delivered. The customers are found in the board, pellets and pulp & paper industries as well as district heating and CHP plants, in Sweden, Poland, Norway, Estonia, Slovakia, Canada, Brazil, Argentina, Malaysia, Thailand and India. The largest installation today is the 140 MWth boiler in the Fittja district heating plant in Stockholm.

# Technologies: combustion



## Brûleur WTS

**WTS**

**WTS powder burner system**

<http://www.wtsab.com/dokument/presentation.pdf>

# Technologies: combustion



## Brûleur WTS

**WTS**



### Industrial applications

Powder burner 5 MW for MW Power Sweden



The image shows a large industrial powder burner system. It features a prominent red cylindrical component and a black cylindrical component, surrounded by various pipes, valves, and electrical connections. The system is installed in a factory or industrial setting.



# **BIOMASS ENERGY SOLUTION FOR OFF-GRID REMOTE SITES**

Biomass energy is currently used as a reliable source of energy to various projects in America and Europe. Biomass fuel is transported from Canada to Europe to produce electricity at competitive price thanks to innovative technology.

The technology is composed of a bi-fuel burner that can use diesel or wood powder to produce CHP electricity and heat.



A first installation of this technology is currently planned in one of the off-grid communities in the North of Quebec and YAB Management is offering this solution to Nunavut communities and mining projects.

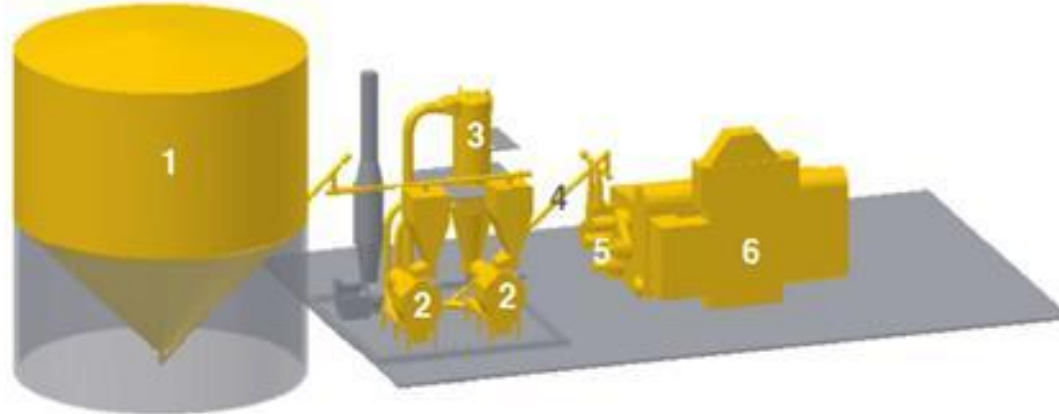
The biomass wood fuel would be shipped in the form of wood pellets from the south if a port is available. If no port is available, it would be barged in the form of wood bricks from the south of the James Bay.





The typical installation to produce heat is composed of 6 critical components:

1. Fuel storage area
2. Milling processing equipment to produce the powder
3. Filter
4. Feed-in conveyor system
5. Dual Fuel Burner
6. Boilers



Steam from boilers is then used to power a turbine to produce electricity. Remaining heat can be used for heating or for industrial or mining process.



[www.yabmanagement.com](http://www.yabmanagement.com)

**Yves-André Bureau Ing. M.Sc.**  
President

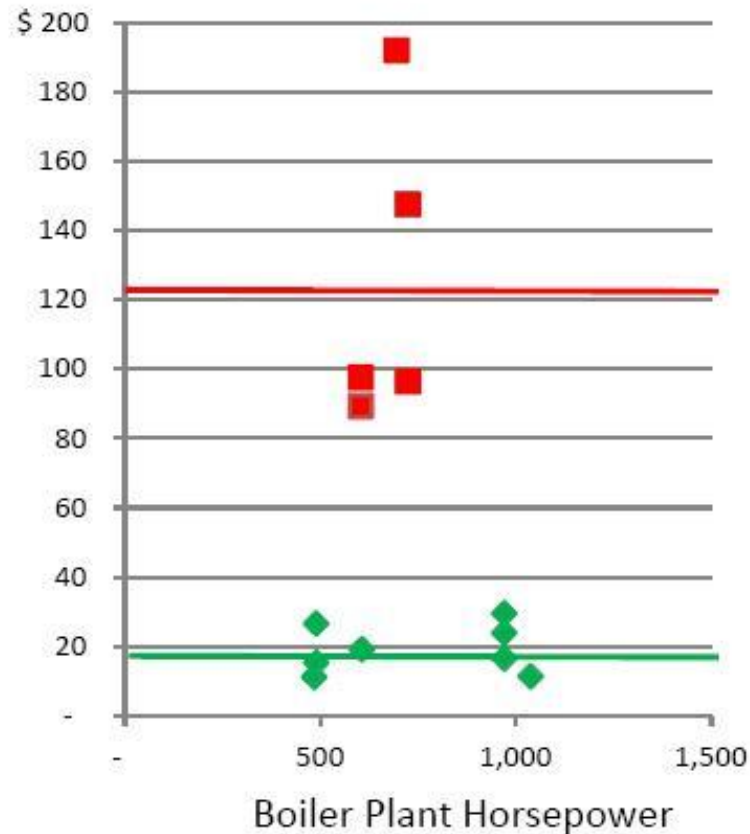
**YAB MANAGEMENT**

Cell: 514-772-0555

Office: 514-736-0555

# Capital Investment

Capital Invested Per  
MM Btu Steam  
Provided per Year



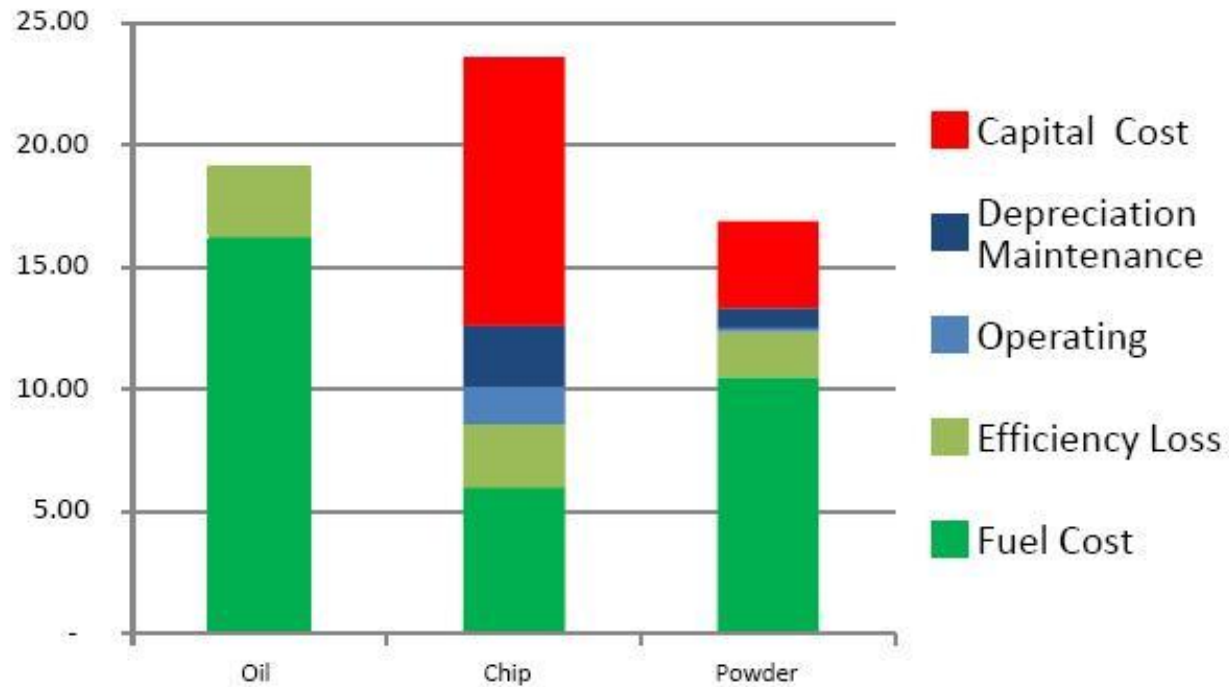
■ Wet Woodchip Solutions  
\$120 Average

◆ Wood Powder Suspension  
Combustion Systems  
\$19 Average

REC

2014-03-12

# \$/MM Btu Steam Delivered



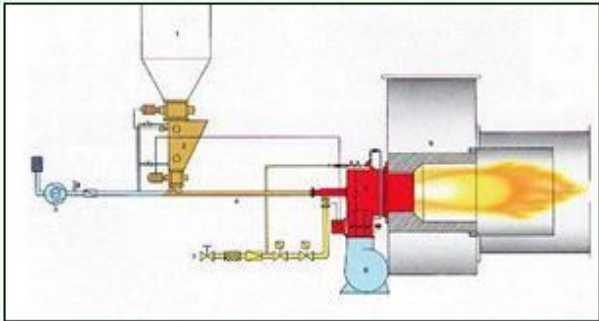
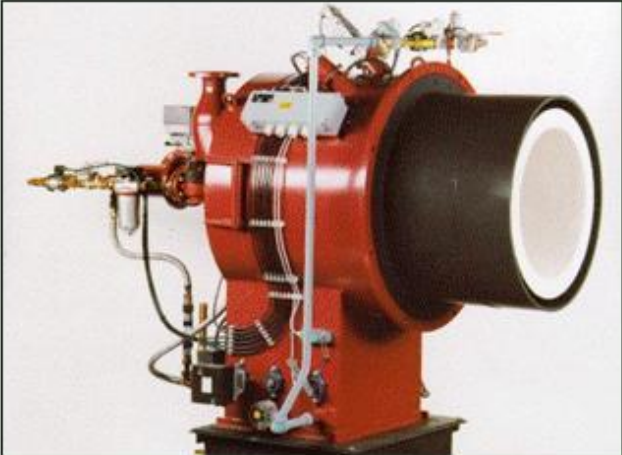
# Technologies: combustion



## CK Dust Burner : brûleur hybride Körting (multi-fuel) poudre de bois, huile, gaz

**CK Dust Burner**

**Dust/Oil/Gas/Multifuel**

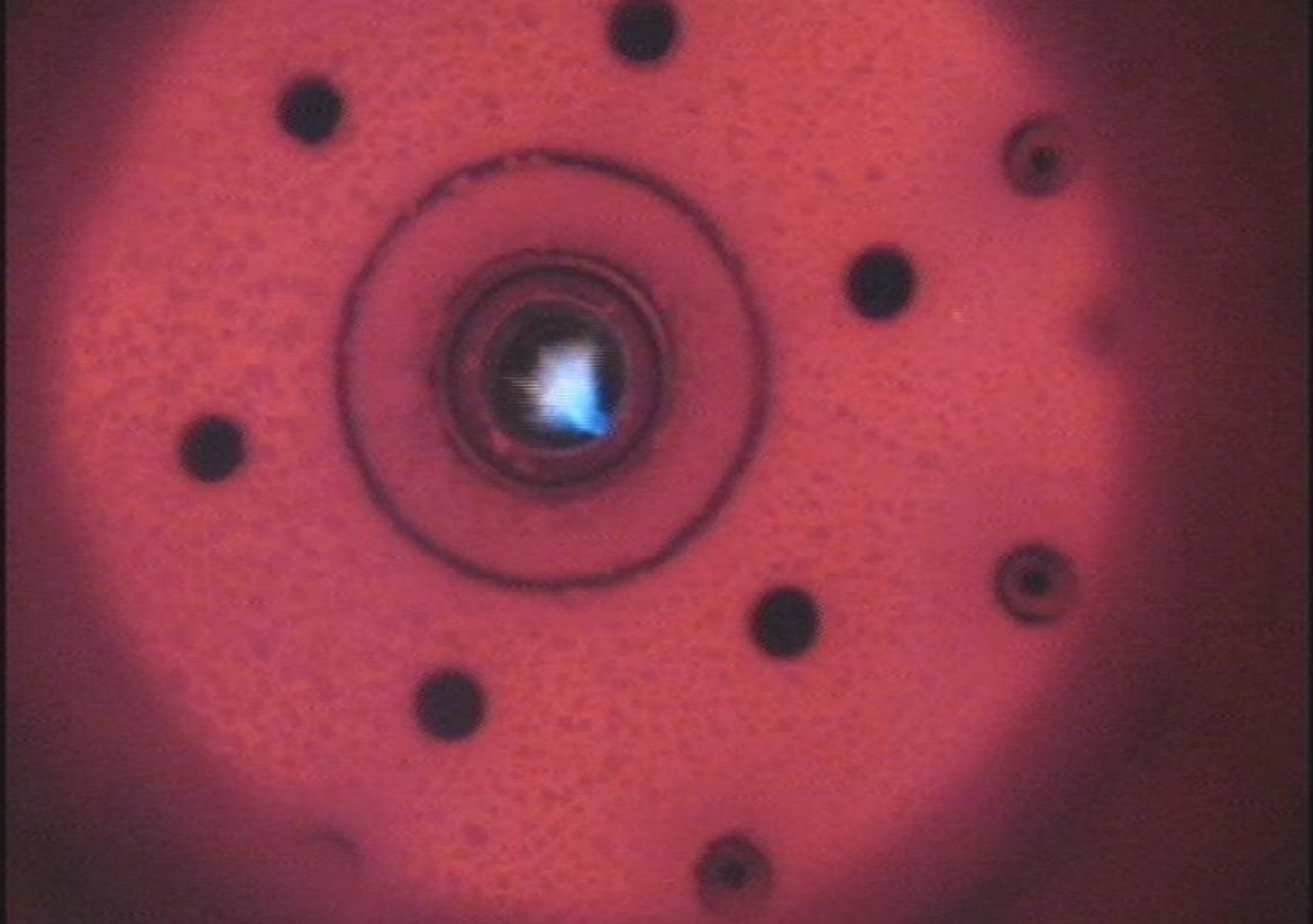


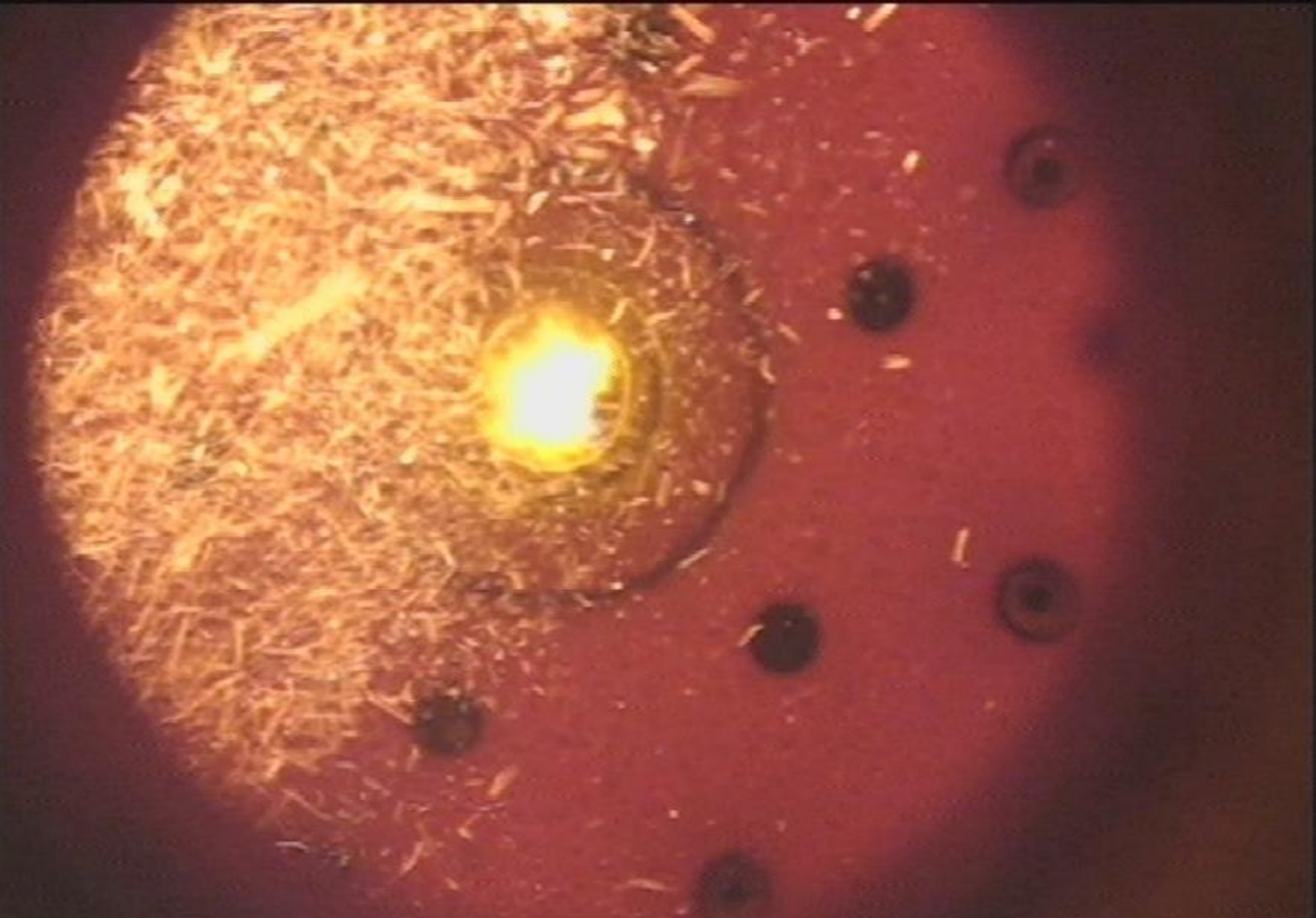
- Capacity range 3 - 50 MW
- Fuel types:
  - Wood dust/Light fuel oil
  - Wood dust/Heavy fuel oil
  - Wood dust/Natural gas
- Control range 1 : 5
- Combustion of wood and lignite without fuel (oil/gas) in boiler or drying plants.
- More than 300 Körting dust firing plants are in operation worldwide.
- Schematic view of the dust/gas firing system

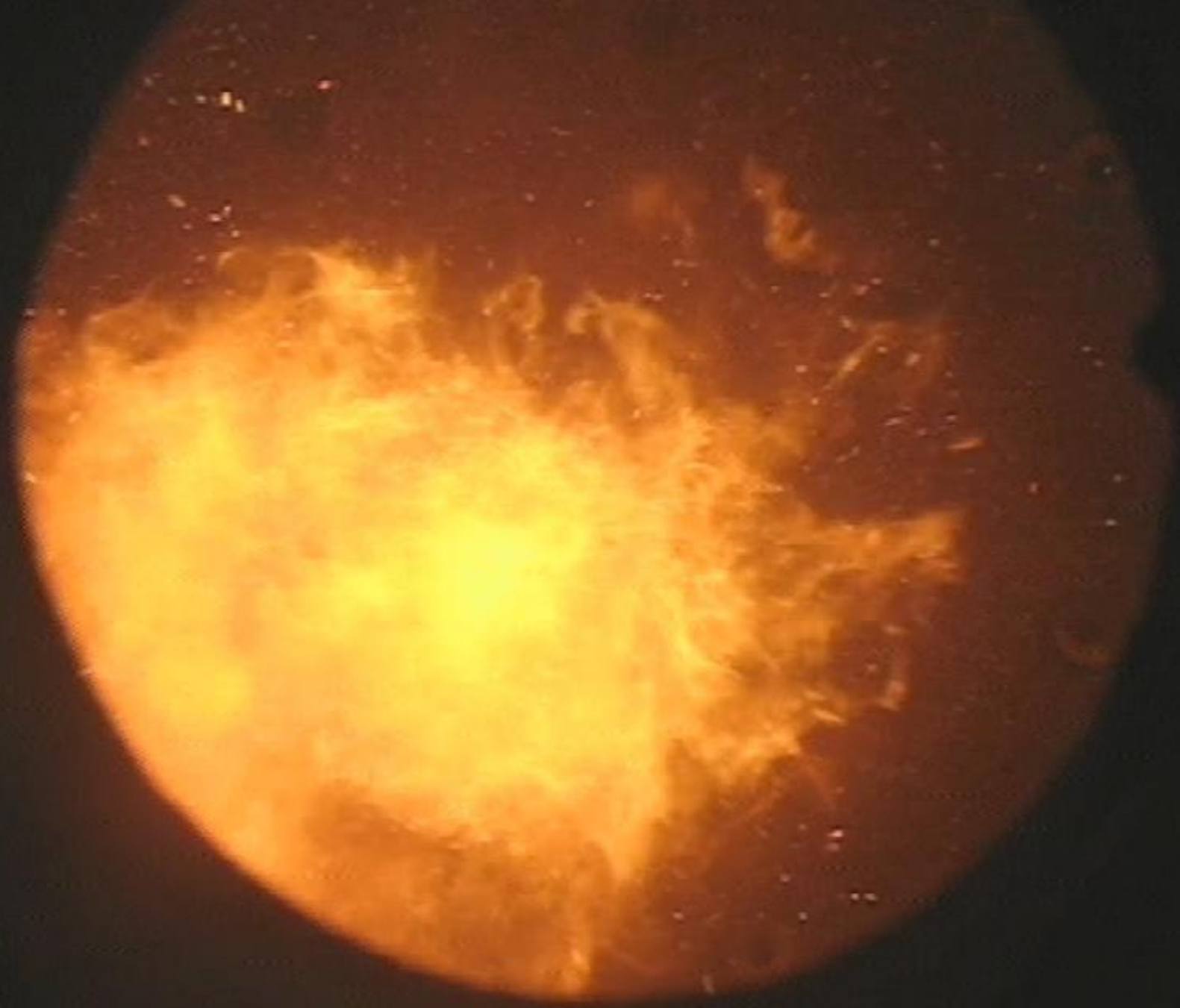
  

1. Wood dust bin
2. Wood dust dosing
3. Delivery air condenser
4. Dust conveying pipe
5. CK - Koerting - dust/natural gas burner
6. Combustion air fan
7. Gas fittings group
8. Hot gas generator









2014-03-12

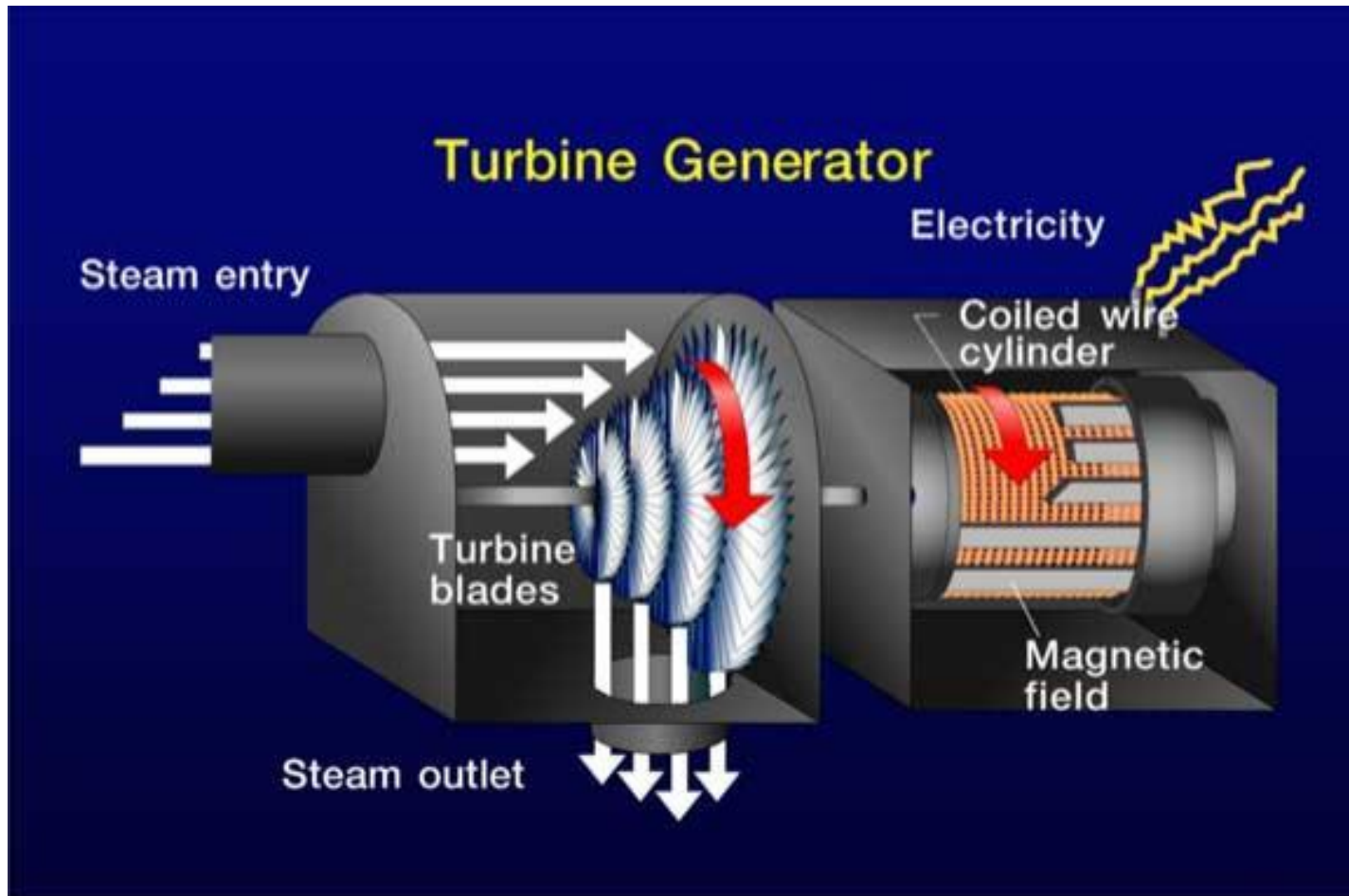
31



# Technologies



## Turbine à vapeur (génération électrique)



Like all steam turbine generators, the force of steam is used to spin the turbine blades which spin the generator, producing electricity.



# Technologies: combustion

## Brûleur BioSwirl (granules broyées)



# Technologies: combustion



## Installations avec brûleurs BioSwirl (granules broyées)

CLIENT	LIEU	COMBUSTIBLE	PUISSANCE THERMIQUE
Sörmlands län	Ökna	Pellets	0.6 MW
Enköping Energi AB	Enköping	Pellets	17 MW
Strängnäs Energi AB	Mariefred	Pellets	1 MW
Segeströms Såg AB	Fagersta	Sciure de bois	3 MW
Riksbyggen	Brunflo	Pellets	2 MW
Ö-vik Energi AB	Sjålevad	Pellets	2.1 MW
Fort F Svea Livgarde	Kungsängen	Pellets	3 MW
Surahammar Energi AB	Wirsbo	Pellets	1 MW
Kabi Pharmacia	Kungsängen	WRD/acétone	8 MW
Vattenfall AB	Tanumshede	Pellets	3 MW
Charlottenberg Kommun	Charlottenberg	Pellets	2+4 MW
Armada Fastighets AB	Åkersberga	Pellets	2x3.3 MW
Tarkett AB	Ronneby	Poudre de bois	3.5 MW
Karlshamn AB	Karlshamn	Pellets	3x12.5 MW
Skellefteå Kraft AB	Ersmark	Pellets	8 t/h vapeur
Skellefteå Kraft AB	Skellefteå	Pellets	7 t/h vapeur
Specialfastigheter	Sandö	Pellets	1.5 MW
Fort V	Berga Örlogsskola	Pellets	3 MW
Göteborg Energi	Skarvikshamnen	Pellets	4 MW
Hammarö Energi	Hammarlunden	Pellets	4 MW
Forshaga Energi	Forshaga	Pellets	3 MW
Habo Energi	Habo	Pellets	1.5 MW
Umeå Energi	Röbäck	Pellets	25 MW
Gällivare Värmeverk	Gällivare	Pellets	2x6 MW
Smedjebacken Energi	Smedjebacken	Pellets	9 MW
Jokkmokks Värmeverk	Jokkmokk	Pellets	3 MW



## Exemple de conversion de chaudière aux granules



BRÛLEUR À GRANULES  
UTILISÉ POUR UNE  
CONVERSION DE  
CHAUDIÈRE

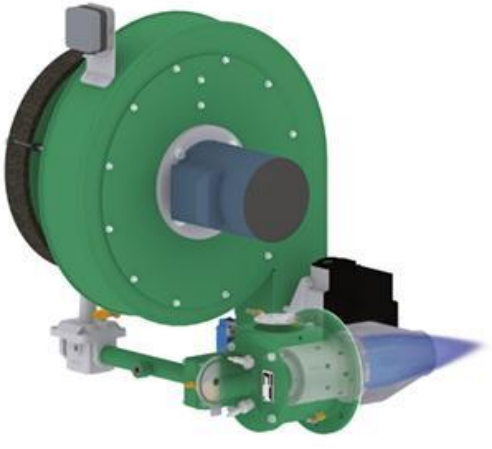


Lakson International Development Inc.  
Development of Alternative Energy Projects  
*Développement des Projets en Énergie Alternatives*





# Brûleurs au propane pour le chauffage de l'air des galeries souterraines des mines

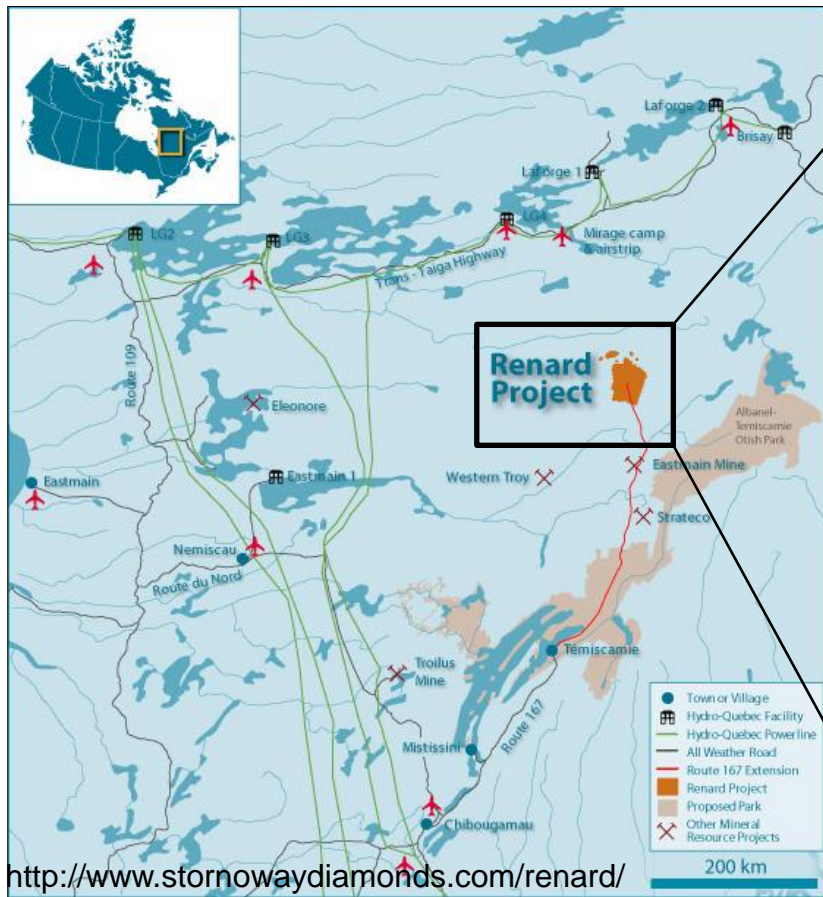


2014-03-12

# Cas: *Stornoway – Projet Renard*



## Co-génération à la biomasse sèche





# Cas: *Stornoway – Projet Renard*



## Power Generation Average Load

- Installation électrique: 12,3 MW
- Demande électrique moyenne: 8,3 MW
- Énergie additionnelle requise pour:
  - Chauffage Mine: 19,85 GJ/h
  - Chauffage Usine: 16,12 GJ/h
  - Chauffage Camp: 4,72 GJ/h

# Cas: *Stornoway – Projet Renard*



## Scénario au diésel

NI 43-101 Technical Report – Feb 28, 2013

- CAPEX : 39,5 M\$
- Prix net du diésel: 1,00 \$/litre
- Coût d'électricité calculé à 0,299 \$/kWh
- Coût d'approvisionnement annuel en diésel et propane: **32 M \$/an**



# Cas: Stornoway – Projet Renard



## ÉCONOMIQUE

- Sur la base énergétique, le carburant bois coûte moins que le diésel ou le gaz naturel:

<b>Pouvoir calorifique inférieur et coût unitaire</b>				
	Unité	MJ/Unité	Coût/unité	\$/GJ
<b>Gaz naturel (gazeux)</b>	<b>m<sup>3</sup></b>	34,26		
<b>Diésel</b>	<b>L</b>	36,02	1,00	<b>27,76</b>
<b>Propane</b>	<b>L</b>	25,53	0,60	<b>23,50</b>
<b>Fibre de bois à 10%</b>	<b>kg</b>	16,00	0,25	<b>15,63</b>



## CONCEPT PROPOSÉ

- Fournir toute l'énergie sous forme de **vapeur** produite avec de la fibre de bois à 10% d'humidité comme carburant;
- *back-up* automatique au pétrole léger;
- Électricité produite par 2 turbo-générateurs de 6 MW chacun;
- En support de pointe et d'urgence: 2 génératrices au diésel de 2,5 MW chacune.

# Cas: *Stornoway – Projet Renard*



## CONCEPT PROPOSÉ

- Les chaudières et les équipements de production d'électricité sont placés à l'endroit initialement prévu pour la production d'énergie thermique;
- Des lignes de vapeur avec retour de condensat desservent les sites qui requièrent de la chaleur ou de l'eau chaude, incluant les postes de ventilation souterraine de la mine;
- Les bâtisses pour les génératrices ainsi que pour la production d'énergie thermique au campement ne sont plus requises;
- Le carburant bois est entreposé dans des silos afin d'assurer le contrôle de l'humidité.



# Cas: *Stornoway – Projet Renard*



## Séquence du procédé et Références – biomasse sèche

- Silos d'entreposage de granules de bois
- Unité de raffinage des granules en poudre
- Brûleur à poudre (hybride)
- Chaudière classique (fire tube)
- Turbine à vapeur
- Générateur d'électricité et
- Distribution de chaleur (vapeur) au réseau

# Cas: *Stornoway – Projet Renard*



## ÉCONOMIQUE – bois

- Un CAPEX inférieur à celui du scénario au diésel;
- Un OPEX inférieur à celui du GNL;
- Une stabilité du prix du biocombustible;
- Des crédits-carbone encore plus avantageux que de passer du diésel au gaz naturel;
- 100% des retombées économiques en région.



## Fiabilité du système

- Les équipements proposés sont utilisés ailleurs dans le monde, depuis longtemps;
- Performants;
- Sécuritaires;
- Faciles à opérer;
- Peu d'entretien;
- Fiables





## Sécurité d'approvisionnement

- L'approvisionnement en fibre de bois n'est pas problématique, il existe des surplus de cette matière en région et ailleurs au Québec;
- Il existe également, dans un rayon acceptable, une disponibilité importante de granules de bois qui peuvent être utilisées.
- À défaut de fibre de bois, les brûleurs hybrides peuvent passer automatiquement à la consommation de diésel (ou de gaz) et ainsi éviter des ruptures de fourniture.

# Cas: *Stornoway* – *Projet Renard*



## Santé et sécurité

### Atténuation des risques par rapport au GNL:

- Transport mois long, et impact réduit en cas de déversement;
- Entreposage sans complication;
- Protection plus limitée - incendie/explosion
- Impact moindre à l'activité sismique
- Fuites de carburant: aucun risque

# Cas: *Stornoway – Projet Renard*



## Sommaire des avantages de la solution « bois »

- Coûts plus faibles en capitaux
- Coûts d'opération plus faibles
- Électricité moins chère \$/kWh
- Émissions de GES presque nulles
- **Retombées régionales** vs GNL ou diesel
- Camionnage par du personnel régional
- Plus d'emplois dans les communautés locales



# Cas: *Stornoway – Projet Renard*



## Cendres de bois

- Valorisation agricole régionale
- Restauration d'anciens sites miniers
- Transport de retour dans les remorques vers Chibougamau
- 1% (cendre de bois) à 3% (cendre d'écorce) de la masse du biocombustible requis

# Cas: Stornoway – Projet Renard



## Comparaison entre GNL et granules pour la cogénération

	Gaz Naturel Liquéfié	Granules (ou biocombustible sec)
Fiabilité du Processus	Nouveau et très limité à des sociétés spécialisées	Très connu et répandu en Europe. Le système est <b>hybride</b> , pouvant fonctionner à la biomasse ou au diesel/au gaz.
Visite possible d'installations	Inconnu, peu d'installations disponibles	Centrales à biomasse brute : Plusieurs installations : Chapais-Énergie, Senneterre, St-Félicien, Fibrek, Dolbeau, Fortress Cellulose à Thurso, etc. Centrales aux granules en Europe, en Ontario, aux États-Unis... Seule la partie chaudière est une variante plus performante du système.
Source de matière première	Limitée à une seule compagnie qui fournis le GNL Il faut réserver la capacité d'avance.	Plusieurs scieries peuvent fournir le bio-combustible, dont Chantiers Chibougamau, Barrette-Chapais et autres, en plus des producteurs actuels de granules dont LG qui est situé à Mashteuiatsh.
Coût d'infrastructure	Très cher	Classique et économique
Facilité d'opération	Dangereux, risque d'explosions	Facile, sécuritaire et écologique
Possibilité de chauffage intégrée	Oui. Requiert d'autres équipements sophistiqués pour la récupération d'énergie pour le chauffage.	Oui. Production de vapeur pour le chauffage et le procédé. Possibilité additionnelle de récupération d'énergie du système pour du chauffage d'appoint. Système éprouvé.

# Cas: Stornoway – Projet Renard



## Comparaison (suite)

	Gaz Naturel Liquéfié	Granules (ou biocombustible sec)
Coût d'administration et d'opération	Nécessite du personnel pour gérer et administrer les opérations, l'entretien et le stockage du GNL; équipements sophistiqués.	Nécessite aussi du personnel pour gérer et administrer les opérations, mais tout est beaucoup plus simple quand il s'agit de manutentionner un matériel solide, propre et non dangereux.
Subvention	Inconnu	Possible
Espace d'entreposage	Complicé, dangereux et coûteux	Simple, sécuritaire et moins coûteux
Coût et risque de transport	Très coûteux et risqué (il s'agit d'une matière classée dangereuse); Première fois au Québec, sur une distance de plus de 1 000 km, dont 350 km sur des chemins forestiers.	Sécuritaire et traditionnel. Coût moins élevé car les sources d'approvisionnement potentiel sont régionales.
Contrôle d'humidité	Non applicable	Peut être requis, selon la nature et l'état de densification du biocombustible.
Efficacité	Bonne	Bonne, comparable.
Impact sur l'environnement	Le GNL est un combustible fossile, donc émetteur de GES. Le cycle de vie du GNL, depuis son extraction, jusqu'à son transport et son utilisation, en fait un combustible à forte empreinte environnementale  Réduction de 20 à 25 000 tm/an des émissions de GES par rapport au diesel.	Combustible non fossile, renouvelable, à faible empreinte de carbone. Ouvre à la possibilité de réclamation de crédits de CO2 sur le marché du <i>Western Climate Initiative</i> .  Réduction de 75 000 tm/an des émissions de GES par rapport au diesel.



# Cas: Stornoway – Projet Renard



## Comparaison (suite)

	Gaz Naturel Liquéfié	Granules (ou biocombustible sec)
Impact social régional & Acceptabilité sociale	L'utilisation du GNL ne génère aucun bénéfice pour la région.  La gestion des risques a-t-elle été exposée aux communautés?	Création de plusieurs emplois dans la région d'utilisation au Québec : conditionnement de la biomasse/fabrication de granules, transport vers le site du projet, récupération et gestion des cendres de bois, etc.
Retombées économiques directes en région	Aucune, sur des achats de l'ordre de 15 M \$/an en GNL.	Le remplacement du GNL par un biocombustible à prix équivalent laisserait 15 M\$/an en retombées directes. Sur l'horizon minimum de 11 ans d'exploitations de la mine, ce sont plus de 165 M\$ qui demeureraient dans la région.
Impact économique au Québec	Achat de gaz à l'étranger et perte de devises de plusieurs millions par année.	Conservation des devises au Québec, création d'activité industrielle locale et impacts fiscaux plus avantageux pour les gouvernements du Québec et du Canada.
Partenariat d'affaire	Inconnu	Possibilité de partenariat avec des opérateurs/investisseurs pour la centrale de cogénération électrique et avec des fournisseurs locaux.



# Questions?



**DGR**  
CONSULTANTS FORESTIERS

Jean-François Côté , ing.f., M.Sc.

[jeanfrancois.cote@dgr.ca](mailto:jeanfrancois.cote@dgr.ca)

870, avenue Casot, Québec (QC)

(418) 683-2385