

CONSULTATION GENERALE
Le secteur énergétique au Québec -
Contexte, enjeux et questionnements

MEMOIRE

pour La Commission de l'Economie et du Travail
Edifice Pamphile - Le May
1035 rue des Parlementaires, 3ème étage
QUEBEC QC G1A 1A3

de Consultants AGREN Canada Inc
135A Avenue Mont-Royal Ouest
MONTREAL QC H2T 2S9

ENERGIES RENOUVELABLES

POUR LE NORD DU QUEBEC

Claude B. ANGER, ing

Montréal, le 30 Janvier 2005

Mémoire

ENERGIES RENOUVELABLES POUR LE NORD DU QUEBEC

Résumé du Contenu

Ce mémoire veut attirer l'attention sur trois sortes d'énergies renouvelables qui sont actuellement négligées dans le Nord du Québec et qui, pourtant, pourraient rendre de grands services, bien adaptées aux conditions locales.

Mini Hydro-électricité

Des petites centrales hydro-électriques pourraient produire de l'électricité à un coût inférieur au prix payé pour le carburant utilisé dans les centrales Diesel.

Dans le Nord il n'y a pas d'eau dans les rivières en Hiver alors que les besoins sont les plus grands. Une mini-centrale doit donc être construite autour d'un lac, et non pas à des chutes, des rapides ou en barrant des gorges.

Ce mémoire donne les caractéristiques de ce que devrait être une centrale construite "autour d'un lac": seuil déversoir, amenée d'eau vers les turbines, etc.

Et une centrale hydro-électrique présenterait des avantages certains sur une centrale Diesel.

Un SITE DE DEMONSTRATION est proposé pour INUKJUAK (4MW)

Eoliennes - Production Directe de Chaleur

Quand il n'y a pas de vent, une éolienne ne produit pas d'électricité. Et l'électricité ne peut pas être stockée!

La chaleur peut, elle, être stockée par exemple dans le roc.

Et produire de la chaleur serait plus simple que produire de l'électricité: pas besoin de synchronisation à 60 Hz, pas de vitesse de vent de démarrage et d'arrêt, etc.

Un SITE DE DEMONSTRATION est proposé pour QUAQTAQ

Gazeification du bois - gazogènes

La technologie de gazeification du bois est connue car bien utilisée pendant la 2ème guerre mondiale surtout en France.

Les principes de gazeification, l'équipement nécessaire, la préparation du bois et le coût du kWh obtenu sont rappelés dans un rapport déjà donné il y a 15 ans au Secrétariat des Affaires Autochtones. Des gazogènes seraient maintenant encore plus compétitifs qu'en 1991 pour produire de l'électricité et récupérer de la chaleur dans les villages du Centre Nord du Québec, et avec de grands avantages socio-économiques.

MINI HYDRO-ELECTRICITE

Les 13 villages Inuit ont tous des centrales Diesel. Chez les Cris la centrale hydro-électrique de Wemindji n'a connu que des déboires. Kuujjuamiut a essayé d'équiper la High Fall, à une dizaine de kilomètres de Kuujjuak, mais sans succès (il n'y a pas de débit en hiver).

Actuellement le carburant Diesel (unifié) est certainement très cher, même pour Hydro-Québec, puisqu'il suit plus ou moins le prix du Petrole Brut. Le prix du carburant est de loin la partie la plus importante du coût du kWh Diesel. Au contraire le kWh hydraulique dépend surtout du coût en capital de l'équipement de la centrale. Actuellement les taux d'intérêt très bas, et même pour de longues durées, rendent les mini-centrales hydro-électriques très compétitives. Un coût de \$6,000 ou \$8,000 du kW installé, qui paraît possible, donnerait un kWh inférieur au "coût évité" du Diesel.

Centrale "autour d'un lac"

Le lac doit être assez grand afin de permettre un marnage (drawdown) acceptable pour l'environnement. Le débit spécifique dans son bassin versant doit alimenter le lac pour le débit d'équipement. Heureusement il y a beaucoup de grands lacs au Québec.

A l'exutoire du lac, un barrage doit être construit le plus bas possible, juste pour le marnage envisagé (plus un barrage est haut, plus il est cher). Ce doit être essentiellement un évacuateur de crue, car au printemps ces crues sont énormes. L'eau doit être dirigée vers les turbines par des canaux, des conduites forcées, même un tunnel, avec une prise d'eau restant sous la glace dans tous les cas. Il vaut mieux placer l'usine à l'écart du lit normal de la rivière sortant du lac pour ne pas l'inonder. L'usine sera souvent au bord de la mer puisque tous les villages sont sur la côte. Un vieux brise-glace d'occasion ferait un très bon camp de base pour sa construction.

La hauteur de chute devrait être supérieure à 20m afin d'équiper l'usine avec Francis ou Pelton, plus avantageuses que des Kaplan et il est presque indispensable d'éviter les multiplicateurs de vitesse.

Voir aussi page suivante le texte d'un mémo en Anglais que j'ai écrit pour le Labrador.

MINI HYDRO-ELECTRICITY
in CANADIAN NORTH

Hydro-electricity plants in the North face difficulties due to cold weather: frasil, freezing of valves, pipes, etc, but nevertheless you can find hydro power plants at high latitudes in Greenland, Iceland, Scandinavia, Siberia and Canada:

Whitehorse Rapids 43MW in Yukon, Twin Gorges 22MW and 3 plants on the Snare River in NWT. Three small grids distribute this electricity around Whitehorse, Pine river and Yellowstone.

Scores of isolated communities, less populated are presently supplied by Diesel engine power plants. Diesel oil is more and more expensive and hydro-electricity might be considered. The needs of the villages go from 1 to 8MW which means mini-hydro.

Since in the North the flow of the rivers is very low in Winter when the needs are high, potential sites for mini-hydro have to be looked at in a different way from what is done in the South. Sites have to be found at lakes, not at falls or steep slopes along rivers.

The lake has to be large to store enough water for Winter with a drawdown acceptable for the environment. The specific flow in the watershed has to be high enough to bring enough water to the lake. A dam at the exit of the lake should be built as low as possible to take care of the drawdown and keep the water intake below the ice. This dam should be also the spillway, large and solid since Spring flood is often 20 or 50 times average flow. Cyclopean concrete for its building would allow the use of local material and local labour.

Water should be taken out of the lake through conduits, sluices or even tunnels (all with small diameters since flows are small in mini-hydro) and directed towards a head as high as possible, 25m+, to equip the plant with Francis or Peltons (Kaplan is expensive). The higher the head, the smaller the flow for the same capacity and the lower the drawdown.

Two or three turbines per plant should be considered to have different maintenance schedules and to match consumptions as some turbines have low efficiency below 45% of their rated capacity and even do not run at all below 30%. This would mean small turbines which actually would be a plus since they could run the alternator directly, without gear. And gears are expensive and the first thing to break in mini-hydro.

Such sites should be found within 10 miles from the village to be supplied as a 15kV line is rather costly (\$100,000/km?).

Fortunately there are plenty of lakes in the North. Specific flows are very low in Western Nunavut but quite acceptable in Baffin and Labrador. So it seems possible to generate mini-hydro electricity for about 12¢/kWh except in Western Nunavut. Note also that replacing 1MW of Diesel power by hydro saves 8,540 tons of GreenHouse Gas (GHG) per year.

Avantages Hydro-électricité versus Diesel

* Avec un investissement effectué à taux d'intérêt fixe pour une longue durée, le kWh hydro n'aurait plus à subir les aléas des prix des hydrocarbures. Une prévision à long terme serait plus facile pour le développement du village concerné.

* On arrête un Diesel quand l'électricité n'est plus achetée au prix réglementaire. On peut laisser tourner une turbine tant qu'il y a assez d'eau (en général de Mai-Juin à Décembre) et produire de l'électricité à un coût très marginal qui devrait pouvoir rendre service à la communauté:

- chauffage bi-énergie
- électrolyse de l'eau donnant de l'hydrogène, un combustible excellent pour l'environnement (mais difficile à stocker) et de l'oxygène qui pourrait sans doute aider à brûler certaines ordures. Les ordures ne se décomposent pas dans un climat froid et sont une plaie du Nord.
- disponibilité d'électricité bon marché pour certaines activités, fournissant du travail ou des loisirs aux populations locales.

(il ne faut pas laisser tourner une turbine à vide, ou gare à la survitesse et à la cavitation)

* Chaque MW Diesel remplacé par un MW hydro-électrique sauve plus de 8,500 tonnes de Gaz à Effet de Serre par an.

Trois ou quatre sites du Nunavik peuvent être trouvés qui ont des caractéristiques répondant à ce type de centrale. Le site que je considère le meilleur, pour Inukjuak, est proposé ci-après comme Site de Démonstration.

Et des sociétés Québécoises ayant la référence d'une centrale "autour d'un lac" serait bien placées pour participer au harnachement d'une bonne douzaine de sites similaires dans les Territoires du Nord-Ouest ou au Nunavut.

SITE DE DEMONSTRATION

Une centrale "autour d'un lac" ne fait appel à aucune innovation technologique. Cependant il serait bon de convaincre tout le monde que ce schéma est utile en construisant aussi tôt que possible une centrale dans un site bien choisi.

Inukjuak, la Kongut et le lac Qikirtalik forment un tel site: Inukjuak est un village dynamique, qu'on peut classer 2ème après Kuujjuak. Inukjuak devrait profiter des avantages de l'hydro-électricité, même à une puissance de 4MW

La Kongut passe de lac en lac ce qui lui assure un débit d'hiver relativement fort. La Kongut reste à 45 ou 46m sur des dizaines de kilomètres en amont de D1 et dégringole rapidement de 25m en aval de D1

Le lac Qikirtalik est tout près d'Inukjuak et l'eau peut passer de la Kongut au lac en restant toujours pratiquement au même niveau.

Dans ses archives Hydro-Québec a deux projets, l'un sur les 25m de la Kongut, l'autre à Inukjuak avec tunnel et Kaplan.

Ce projet présente aussi certains avantages particuliers.

Il permettrait de rendre la rivière Kongut accessible aux canots des Inuits qui pourraient embarquer à 5 ou 6 km d'Inukjuak et passer par le canal C1.

Il pourrait peut-être rendre la rivière Kongut accessible aux poissons anadromes en laissant passer un fort débit dans le ruisseau Kuugajaaraaluk et en construisant une échelle à poissons au seuil déversoir D2.

(je n'ai pas vérifié mais la dénivellation de chute et rapides sur 25m en aval de D1 doit interdire en ce point la remontée de la Kongut.)

Voir ci-joint un assemblage de cartes topo au 50,000ème montrant le site de démonstration: La construction devrait être simplifiée. C2 et D12 peuvent être construits à sec et les produits de déroctage de C2 devrait aider à bâtir D2. De la même façon C1 pour D1.

A noter qu'il est assez difficile de trouver des données d'hydrologie suffisantes. J'ai utilisé des données de la station de jaugeage 096101, qui est situés sur la rivière Inuksuak en espérant que la rivière Kongut a un régime similaire. En tous cas ces deux rivières passent de lac en lac de façon semblable. Débits spécifiques et précipitations fournies par "Le Nord du Québec, Profil Régional" ne collent pas exactement. Le débit spécifique retenu 12 l/s/km² est faible si on se base sur les précipitations.

Voir ci-après la fiche du site de démonstration proposé. L'analyse RETScreen n'a pas été faite.

SITE de DEMONSTRATION
Mini-Centrale Hydro-électrique à INUKJUAK - QC
KONGUT - QIKIRTALIK

Hydrologie

Avec un bassin de 2,680km², un débit spécifique de 12 l/s/km² la Kongut présente a sa sortie du lac Quurnguup Tasialunga un module d'environ 32m³/s avec une répartition mensuelle de:

Janvier 18 m ³ /s	Mai 18 m ³ /s	Septembre 38 m ³ /s
Février 15 m ³ /s	Juin 70 m ³ /s	Octobre 39 m ³ /s
Mars 13 m ³ /s	Juillet 65 m ³ /s	Novembre 36 m ³ /s
Avril 11 m ³ /s	Août 46 m ³ /s	Décembre 25 m ³ /s

On peut envisager un débit d'équipement de 12m³/s en prévoyant un stockage de 30M de m³ pour Février, Mars, Avril.

Retenue et prise d'eau

1. Retenue: Un seuil déversant est édifié en travers de la Kongut à sa sortie du lac Quurnguup Tasialunga à la cote 46.5m soit 1.5m au dessus de la hauteur normale du lac. La Kongut est dirigée vers le lac Matjujuartalik par un canal creusé sur une longueur de 350m avec une section utile de 12m². Un 2ème seuil déversant est édifié en aval du Lac Qikirtalik à la cote 46.5m-, construit à sec sur une hauteur d'environ 6m.
2. Prise et canal: La prise est aménagée en rive droite et suivie d'un canal long de 1,800m, une section utile de 12m² donnant une perte de charge inférieure à 1.4m. Une chambre d'eau avec dégrèvement et déversoir de sécurité est aménagée en bout de canal, niveau 45.6m.
3. Conduite forcée: La chambre d'eau est reliée à 2 conduites forcées alimentant l'usine, longueurs 900m, diamètres 1.80m donnant une perte de charge inférieure à 3m. Niveau piézométrique de l'eau en sortie de conduite 42m+.

Centrale - Production

1. Usine: L'usine est équipée de 2 turbines Francis simples attelées directement à un alternateur (600rpm), débits 6m³x2, hauteur 42m, puissance 2,010kW x2 = 4,020kW
2. Production: Transport par ligne M.T. longue de 4km
Energie potentielle annuelle 28,000MWh.

GHG possiblement évités: 34,000 tonnes par an.

EOLIENNES - PRODUCTION DIRECTE DE CHALEUR

Le Nord du Nunavik, Péninsule d'Ungava et Nord des Monts Torngat, a une bonne énergie éolienne, avec une densité de vent supérieure à 500W par m² vertical à 30m de hauteur. Le vent est en général plus fort en Hiver, ce qui correspond aux besoins.

Kaiviituk, "la chose qui tourne", a été installée à Kuujjuaq, pour produire 63kW par vent fort ou 13kW par vent faible. Ce projet, qui a coûté \$600,000, a été finalement abandonné. On trouve cependant quelques éoliennes à Igloolik et Cambridge Bay et surtout en Alaska.

Production d'électricité versus chaleur

Pour la production d'électricité une éolienne fonctionne quand la vitesse du vent est comprise entre 3-4 m/s et 25-30 m/s. L'énergie recueillie est fonction du cube de la vitesse du vent, donc rapidement variable. Quelle que soit la vitesse du vent, l'énergie doit se retrouver avec une fréquence de 60 Hz sous forme d'électricité.

Comme l'électricité ne se stocke pas (sauf batteries et piles), il faut combiner les éoliennes avec une autre source d'énergie. La combinaison avec Diesels n'est pas toujours évidente. Miquelon par exemple a connu quelques problèmes.

Au 19ème siècle Joule a découvert que l'énergie mécanique se transforme en chaleur, avec un rapport constant. Dans ce cas on n'a plus besoin de synchronisation à 60 Hz et on peut laisser l'éolienne tourner à n'importe quelle vitesse (sauf risque de destruction de l'équipement).

Une pompe centrifuge faisant tourner l'eau en circuit fermé pourrait être le moyen de produire la chaleur. Bertin en France a déjà envisagé un tel procédé. La pompe n'a pas besoin d'avoir un bon rendement de pompage. Il suffit qu'elle brasse bien l'eau. Il est intéressant d'avoir une machine qui fonctionne aussi en suivant le cube de la vitesse du vent.

A noter que les besoins de chauffage dans les villages du Nord sont encore plus grands que les besoins d'électricité.

Véhicule de la chaleur

Un fluide pourrait transporter la chaleur au consommateur, par exemple une saumure avec un point cryohydratique très bas afin de ne pas geler en cas d'arrêt de l'installation. Les problèmes d'entartrage et corrosion devraient être évités.

Stockage de chaleur

A la différence de l'électricité, la chaleur peut se stocker. Un Forum tenu à Stockholm en 1976, Rockstore, a présenté plusieurs systèmes de stockage de chaleur. Les Suédois cherchaient un stockage été-hiver, dans le roc puisqu'ils sont spécialistes de tous stockages souterrains. Un tel stockage pour 2 ou 3 semaines, rempli et vidé plusieurs dizaine de fois par an, serait certainement économique. Le Churchill qui affleure au Nord Nunavik a des roches pas mal analogues à celles du Bouclier Scandinave.

La température de stockage devrait être la plus élevée possible, mais en tenant compte de corrosion, entartrage et réactions de la roche. 90 C devrait être un bon chiffre.

On peut produire de l'énergie mécanique à partir d'une source chaude et d'une source froide. Une température de 90 C serait suffisante, avec une température froide voisine de 0 C pour reconvertir de la chaleur en excédentaire, par exemple en été, en électricité. Des turbines à isobutane, développées pour l'énergie géothermique basse température, pourraient produire cette électricité.

SITE DE DEMONSTRATION
Production directe de Chaleur par éoliennes
à Quaqtaq

Quaqtaq serait un excellent site de démonstration pour la production directe de chaleur par éoliennes.

Ce village est l'avant dernier pour les besoins en énergie parmi les villages de Nunavik, et donc ne demanderait pas une grosse installation qui serait en grande partie expérimentale.

Besoins en Chaleur à Quaqtaq

Ils sont très élevés:

Longueur de la saison sans gel 20 jours

Température moyenne annuelle -7.5 C

Degrés jours de chauffage 9,100

La chaleur pourrait être consommée à Quaqtaq à l'année longue.

Vent

Le vent horaire moyen annuel est de 26 km/h à Quaqtaq, un maximum au Québec et Labrador

Le vent horaire maximum annuel est de 96 km/h à Quaqtaq mais atteint 120 km/h en certains points de la Basse Côte Nord.

Densité du vent supérieure à 500W.

Stockage de chaleur

Au point de vue géologie Quaqtaq est sur le Churchill.

La roche affleure souvent, avec peu de till. Le pergélisol ne devrait pas être un inconvénient si la roche est compacte avec un faible coefficient de transmission de chaleur, ce qui devrait être le cas.

L'installation devrait être surdimensionnée afin de pouvoir tester une production d'électricité par isobutane.

Quaqtaq ne pourrait guère recourir à une autre forme d'énergie que l'énergie éolienne. Située dans une presqu'île, ce village ne peut pas bénéficier d'hydro-électricité par exemple.

9

GAZEIFICATION DU BOIS - GAZOGENES

L'utilisation de la Biomasse à des fins d'énergie revient à la mode. Une centrale d'une vingtaine de MW est en construction en Europe avec moteurs à gaz Caterpillar et pyrolyse du bois.

Pour le Nord les petits gazogènes utilisés pour faire marcher des camions légers pendant la 2ème guerre mondiale seraient mieux adaptés aux besoins des villages. La taille optimum de ce type de gazogène est de 200kW.

C'est ce genre de gazogène que j'ai déjà recommandé en 1991 au Secrétariat des Affaires Autochtones du Québec - sans succès. Des personnes qui ne savaient pas compter ont cru que ce serait la fin de la forêt boréale. En fait la forêt Française a très bien survécu aux gazogènes, plusieurs centaines de mille. Les taillis et les petits bois ont fourni la majeure partie de l'énergie.

Un très gros intérêt de l'utilisation de systèmes gazogènes dans les villages isolés en forêt serait de fournir du travail aux populations locales souvent peu actives. Au lieu de payer des multinationales, la moitié des dépenses consacrées au carburant Diesel irait aux travailleurs préparant le bois à gazéifier, travail qui pourrait sans doute être en grande partie effectué en périodes creuses. La récupération de 2 kWh thermiques pour chaque kWh électrique devrait aussi avoir des applications intéressantes dans le village.

Mon rapport au Secrétariat des Affaires Autochtones est de façon surprenante encore tout à fait d'actualité. Des prix ont augmenté mais les taux d'intérêt ont diminué ce qui donne le même résultat final pour les coûts.

Veuillez trouver ci-après ce rapport, imprimé sur des pages légèrement teintées.

Etude préliminaire de la possibilité
de produire de l'énergie
à partir du bois au moyen de gazogènes

présentée à:

SECRETARIAT AUX AFFAIRES AUTOCHTONES
875, Grande Allée Est, Edifice "H"
Québec (Québec) G1R 4Y8

Claude B. ANGER, ing.

Montréal, Juillet 1991

TABLE des MATIERES

1. INTRODUCTION.	page 1
2. GAZEIFICATION DU BOIS.	page 3
2.1. Principes	page 3
2.2. Les gazogènes Martezo-Touillet	page 5
3. PRODUITS DU BOIS AU QUEBEC.	page 8
3.1. Bois sur pied	page 8
3.2. Déchets du bois	page 8
3.3. Préparation du bois pour gazogène	page 10
4. PROCEDES CONCURRENTS.	page 13
4.1. Moteurs Diesel	page 13
4.2. Chaudière à bois et turbine à vapeur	page 14
5. APPLICATIONS POSSIBLES AU QUEBEC.	page 16
5.1. Economie des gazogènes	page 16
5.2. Production d'électricité en région isolée	page 18
5.3. Clova	page 19
5.4. La Romaine	page 20
5.5. Port-Menier - Anticosti	page 22
5.6. Production d'électricité pour utiliser des déchets de bois	page 23
5.7. Utilisation pour un boisé individuel	page 25
5.8. Utilisation pour le transport	page 26
6. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.	page 27

1. INTRODUCTION.

Le bois a sans doute été le premier combustible utilisé par l'homme, mais dans le domaine industriel son utilisation n'a jamais été très efficace. En fait l'ère industrielle a débuté quand le charbon a remplacé le bois dans les hauts fourneaux et les machines à vapeur.

La combustion directe du bois pose certains problèmes: le bois contient une quantité d'eau variable et souvent élevée qui diminue son pouvoir calorifique, complique la régulation des chaudières et oblige en général à les surdimensionner. La température de fumées, basse quand la teneur en eau est importante, conduit à des dépôts de suie et de goudron. Les fumées subissent au contraire de fortes montées en température lorsque le bois, juste après son introduction dans le foyer commence à dégager les produits volatils combustibles qu'il contient. Rappelons que le bois a l'inconvénient d'être un combustible solide, de faible densité et de faible pouvoir calorifique alors que pendant les cinquante dernières années le développement technologique a été essentiellement consacré aux combustibles liquides et gazeux.

Comme on le fait pour le pétrole par le raffinage, on a essayé de tirer du bois des produits énergétiques ayant des caractéristiques plus constantes et meilleures. Deux grandes voies sont possibles:

-A. Chauffage du bois en vase clos - Pyrolyse.

On obtient des gaz combustibles, des liquides (jus pyroligneux, goudrons) et des solides (charbon de bois). Malheureusement à la différence du pétrole qui donne par raffinage des produits liquides d'une haute valeur énergétique, le jus pyroligneux qui renferme surtout de l'acide acétique et un peu de méthanol ou le goudron de bois ne sont pas des combustibles. En fait cette voie n'est guère utilisée que par ses deux variantes qui permettent d'obtenir

- le charbon de bois par carbonisation
- le gaz combustible par gazéification.

-B. Hydrolyse de la cellulose.

Le bois se compose à peu près moitié moitié de cellulose et de lignine. Il est possible d'hydrolyser la cellulose en présence d'acides pour obtenir du glucose. (La lignine reste pratiquement inaltérée). On peut ensuite faire facilement fermenter le glucose en alcool éthylique ou en cétones combustibles.

Dans cette voie, le bois est fortement concurrencé par d'autres produits de la biomasse: la canne à sucre au Brésil ou le maïs aux Etats-Unis.

Ces deux grandes voies de transformation du bois en produits énergétiques, pyrolyse et hydrolyse, ont été fort peu utilisées, avec toutefois une grande exception. Pendant la guerre 1939-45, l'Europe s'est trouvée coupée de son approvisionnement pétrolier et a dû chercher des produits de remplacement.

L'Allemagne voulait absolument obtenir des carburants liquides pour ses besoins militaires et a employé sur une grande échelle le procédé Schoeller d'hydrolyse du bois pour fabriquer environ 600,000 hectolitres d'éthanol par an. (L'Allemagne a surtout utilisé le procédé Fischer-Tropsch pour produire 3,000,000m³ d'essences synthétiques par an à partir du charbon qu'elle avait en abondance).

La France n'avait plus de soucis militaires après sa défaite de Juin 1940, a donc recherché surtout les procédés les plus économiques, et s'est orientée principalement vers la gazéification. En Europe, plus de 400,000 gazogènes ont été construits pendant cette période pour équiper des camions de 5 à 10 tonnes.

Un tout petit nombre de sociétés Françaises a gardé l'expérience acquise pendant la guerre. Il s'agit surtout de sociétés familiales ayant déjà une certaine envergure car, pour les Français, le marché actuel est surtout à l'exportation vers les pays du Tiers-Monde. Ce marché a connu un grand renouveau avec l'augmentation du prix du pétrole dans la dernière décennie.

Nous voulons, dans ce rapport, faire le point sur la possibilité d'utiliser au Québec des gazogènes en vue de produire de l'énergie, en nous appuyant essentiellement sur l'expérience Française en ce domaine.

2. GAZEIFICATION DU BOIS.

2.1. Principes.

Une forte température en vase clos fait dégager les produits volatils du bois et assure le "craquage" des molécules plus grosses, les gazéifiant. L'élévation de température est fournie par une combustion partielle du bois lui-même. Le gaz engendré est combustible, avec un pouvoir calorifique juste suffisant pour faire marcher les moteurs à explosions, ce qui est vraiment la clef du succès de ce procédé, car le moteur à explosions, certainement la machine la plus sophistiquée dans le domaine de l'énergie, assure des rendements élevés. Le rendement global de la chaîne, gazogène plus moteur, atteint 20%.

On voit déjà une certaine contradiction dans ce principe de la gazéification du bois: il faut obtenir une température élevée dans le gazogène en consommant le moins de bois possible.

Du point de vue technologique, le comburant est presque toujours l'air (l'oxygène a été essayé pour la production de gaz en vue de la synthèse du méthanol), et on trouve sur le marché des gazogènes en lit fixe à tirage inversé pour des puissances allant de 10 à 500 kW. Certains prototypes ont été expérimentés pour des puissances supérieures à 1 MW, en lit fluidisé.

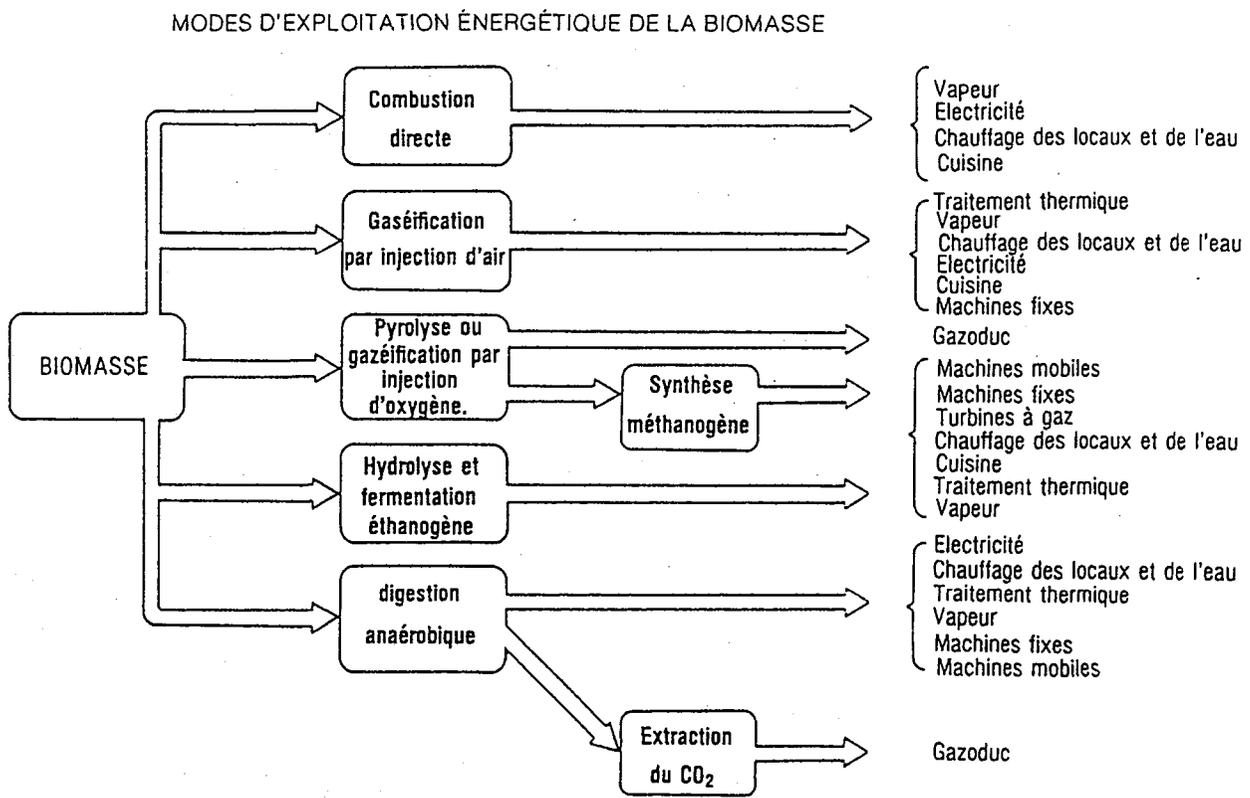
La technologie est simple. à la portée d'un bon artisan chaudronnier. Mais du fait qu'il faut obtenir une température élevée avec peu de bois, un gazogène est très sensible à la composition du combustible: pourcentage d'humidité et granulométrie du bois. Le maniement d'un gazogène et son entretien font appel à un savoir-faire spécifique.

Le gaz produit est un gaz "pauvre" de l'ordre de 4,500 kJ/m³ (?) (4,500 ???) Il contient surtout du monoxyde de carbone et un peu de méthane et d'hydrogène pour sa partie combustible et du dioxyde de carbone et de l'azote pour sa partie incombustible. Il faut de 1 à 1.6 kg de bois ou 0.5 à 0.6 kg de charbon de bois pour produire 1 kWh.

Du point de vue de l'environnement, il n'y a pas beaucoup de problèmes, car le "craquage" aboutit à des molécules simples de gaz courants. Les gaz émis finalement ne sont guère différents de ceux émis par un moteur à explosions utilisant du gaz naturel (avec toutefois davantage de dioxyde de carbone) et sont de meilleure qualité que ceux émis par les chaudières à bois, surtout les petites chaudières, qui peuvent dégager des matières organiques polycycliques (MOP). Rappelons que les moteurs à gaz sont moins polluants que les moteurs à carburants liquides. Les moteurs de gazogènes sont donc bien placés.

Une chaîne de gazéification comporte une batterie de filtres afin de débarrasser le gaz entrant dans le moteur de toutes les particules solides et liquides, en particulier de celles qui risquent d'encrasser le moteur. Il faut périodiquement nettoyer les filtres et décendre le gazogène. Les cendres de bois ne sont pas une nuisance à l'environnement.

En France plusieurs organismes et centres de recherche: CEEMAT, CEMAGREF ont travaillé avec les constructeurs pour définir et améliorer les caractéristiques d'une chaîne de gazéification. Actuellement le Service International d'Electricité de France suit le développement de la production d'électricité à partir des gazogènes. EDF garde contact par exemple avec Martezo-Touillet. Rappelons que Hydro-Québec et EDF coopèrent dans de nombreux domaines.



Source: États-Unis, Office of Technology Assessment, 1980, p. 24.

2.2. Les gazogènes MARTEZO-TOUILLET.

Il y a quelques mois, j'ai demandé au CFCE, Centre Français du Commerce Extérieur, de me fournir la liste des Sociétés Françaises fabriquant des ensembles intégrés de groupes électrogènes à gazogènes. Suite à la réponse du CFCE, j'ai pris contact avec les Ets Touillet, de Poitiers, qui sont pratiquement les seuls à offrir une gamme d'ensembles allant jusqu'à 600 kW avec des moteurs 100% gaz.

Les Ets Touillet sont une société familiale. Le père du président actuel a commencé à fabriquer des gazogènes pendant la guerre. Maintenant Martezo-Touillet a des références de vente jusqu'en Afrique Equatoriale.

Martezo-Touillet fabrique 6 modèles couvrant toutes les puissances de 10 à 480 kW (qui en 60 Hz ferait 550 kW). Ce sont des gazogènes verticaux en lit fixe à tirage inversé, à alimentation et décendrage manuels ou automatiques. Une batterie de deux filtres à liège et filtre final micron épure le gaz produit, qui a été refroidi et lavé. La description complète du gazogène et de ses filtres est donnée dans la notice jointe à ce rapport.

Le gaz sert à actionner un moteur modifié, avec l'accord du fabricant, ce qui laisse la garantie normale du moteur pleinement valide. Martezo-Touillet modifie surtout des moteurs Mercedes et Fiat. Plutôt que des dual-fuels, Martezo-Touillet recommande des 100% gaz, puisque, dans un dual-fuel à bas régime, le diesel-oil, beaucoup plus dispendieux que le bois (ou on n'utiliserait pas un gazogène) commence à représenter une part importante des frais d'exploitation.

Un moteur de 100 kW en diesel-oil n'en fournit plus que 70 quand il a été modifié pour le gaz pauvre (Ceci en 1,500 rpm. En 1,800 rpm, pour du 60 Hz, la puissance serait de 80 kW). Cette perte de puissance augmente le coût d'investissement rapporté au kW.

Martezo-Touillet est particulièrement méticuleux pour la préparation du combustible. Le bois ne doit pas avoir plus de 20% d'humidité et être coupé en des dimensions très strictes qui dépendent du modèle. Ce qui paraît fort logique.

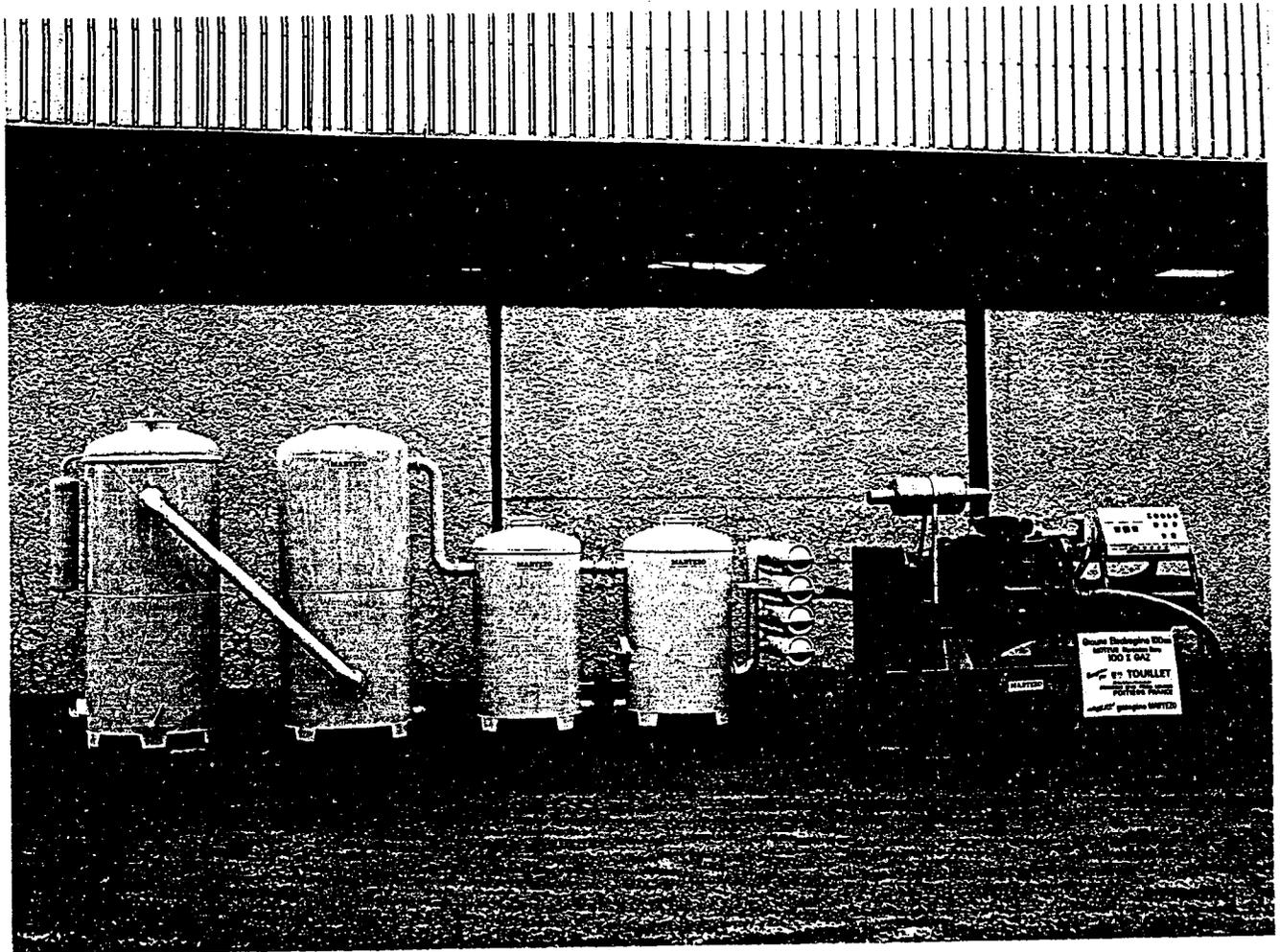
Dans le cas de granulométrie fine, sciure de bois par exemple, Martezo-Touillet a adapté à ses modèles un procédé de densification d'origine Luxembourgeoise.

Martezo-Touillet exige de former un spécialiste d'entretien et d'exploitation. La Coopération Franco-Québécoise pourrait aider à assurer cette formation.

Martezo-Touillet propose des ensembles complets fournis clef en main, avec lot d'outils et de pièces détachées et notices techniques.

ENSEMBLE GAZOGENE MARTEZO

AVEC GROUPE MERCEDES 100 % GAZ 90/100 KVA



Etablissements TOUILLET
237, Route de Paris
Boîte Postale n° 419
86010 POITIERS - FRANCE
Tél (49) 88 16 66
Télex 790 544 F

Ces dernières années, Martezo-Touillet a travaillé à des projets exotiques, qui ont beaucoup élargi son expérience, avec des bois tels que le québracho, contenant du sel ou des déchets de biomasse tels que parches de café, coques de coco ou d'arachides, rafles de maïs. Presque tous les problèmes ont été résolus, sauf qu'à date il ne semble pas possible de gazéifier des produits contenant de la silice, tels que la balle de riz.

Les Ets Touillet livrent l'unité complète avec un système de cogénération. Il est possible de récupérer de la chaleur sur le gazogène, sur le circuit de refroidissement du moteur et sur les gaz d'échappement, soit au total 2 kWh thermiques pour chaque kWh électrique produit. Une telle cogénération permet de valoriser l'installation d'un groupe à gazogène.

Enfin dernier point (mais pas toujours évident en France pour une Société de structure familiale), Martezo-Touillet serait intéressé à travailler au Québec.

3. PRODUITS DU BOIS AU QUEBEC.

3.1. Bois sur pied.

La forêt est le premier paysage naturel au Québec. La plupart des champs ont dû être défrichés pour être cultivés.

Les résineux sont les plus nombreux et les plus importants pour l'industrie forestière basée surtout sur les pâtes et papiers. On trouve beaucoup de feuillus au Sud du St-Laurent et des bouleaux vers le Nord.

Les bois de chauffe les plus prisés sont l'érable, le merisier et les autres feuillus. Le prix du bois de chauffe n'est pas fonction de son pouvoir calorifique mais plutôt d'éléments de "confort" tels que l'odeur, l'absence de crépitement ou la facilité d'allumage. L'offre est encore supérieure à la demande et le bois de chauffe est en général moins dispendieux que l'huile à fournaise ou l'électricité. Le bois le plus prisé vaut \$100 la corde et on peut trouver des bois à \$60 ou \$80 la corde dans beaucoup de régions. N'importe lequel des bois du Québec, résineux, feuillu ou bouleau, pourrait convenir à la gazéification. La coupe du bois sur pied, à l'échelle des besoins d'un gazogène, d'un bois bon marché tel que le bouleau devrait revenir à \$30 la corde (qui donne 1,000 kWh).

La limite de la forêt "commerciale" est placée au 52°N. Cependant on trouve encore facilement du bois jusqu'à 56°N, où il pousse fort lentement. En fait l'exploitation du bois pour gazogène ne demande pas de coupe à blanc, elle peut se satisfaire de taillis ou d'élagage de branches (et donc participer à l'entretien de la forêt). Trouver du bois pour gazogène ne pose donc aucun problème au Sud d'une ligne allant de Poste à la Baleine à Schefferville. Plus au Nord, il faudra étudier, dans chaque cas, la ressource disponible.

Les lots attribués à la colonisation ont très souvent gardé un boisé pour l'usage personnel du propriétaire. Les zones non loties, la majorité du territoire provincial, sont gérées par le MER, Ministère de l'Energie et des Ressources, qui accorde des droits de coupe à titre onéreux. Une exploitation de bouleaux en région isolée serait sans doute gratuite.

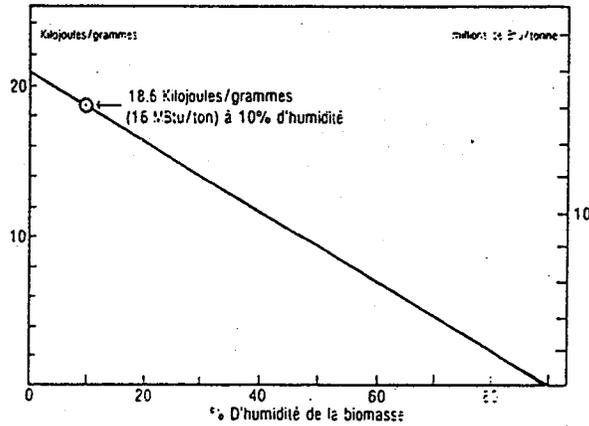
3.2. Déchets du bois.

Les déchets, dans une scierie, sont les écorces, les sciures, les planures et les rognures.

- Les écorces représentent la partie la plus importante des déchets, facilement 15% de la bille, surtout dans les régions septentrionales où les troncs ont un petit diamètre. Les écorces sont très humides, surtout en hiver: de 50 à 80%.

La valeur marchande des écorces est nulle.

SENSIBILITÉ DE LA TENEUR ÉNERGÉTIQUE PAR RAPPORT À LA TENEUR EN EAU DU BOIS



Source: D'après Reed et Bryant, 1978, p. B-5.

Valeur calorifique moyenne d'une corde de bois séchée à l'air

Espèces	Contenu en chaleur (millions de BTU par corde (de 4' x 4' x 8')	(kwh par corde) (1,2 m x 1,2 m x 2,4 m)
Fort contenu en chaleur		
Chêne	29	8 504
Érable à sucre	28	8 210
Hêtre	26	7 620
Contenu moyen en chaleur		
Bouleau jaune	25	7 330
Frêne	24	7 038
Orme	23	6 745
Érable rouge	23	6 745
Mélèze	23	6 745
Bouleau blanc	22	6 452
Faible contenu en chaleur		
Peuplier	17	4 985
Épinette	17	4 985
Pruche	17	4 985
Pin	17	4 985
Tilleul	16	4 692
Sapin	13	3 812

ESSENCES	ALLUMAGE	CRÉPITEMENT	ODEUR	VALEUR CALORIFIQUE
BOULEAU	FACILE	MODÉRÉ	LÉGÈRE	GRANDE
ÉRABLE	DIFFICILE	FAIBLE	TRÈS BONNE	GRANDE
FRÊNE	FACILE	FAIBLE	LÉGÈRE	GRANDE
HÊTRE	DIFFICILE	FAIBLE	LÉGÈRE	TRÈS GRANDE
ORME	FACILE	RARE	FAIBLE	MODÉRÉE
MERISIER	FACILE	FAIBLE	BONNE	GRANDE

- la sciure représente environ 10% de la bille. Son taux d'humidité est plus faible, de l'ordre de 40%. La valeur marchande de la sciure n'est pas nulle. Un marché se développe pour des bûches en sciure ou des charges d'agglomérés.

Son prix est de \$7 la tonne.

- les planures proviennent du rabotage ou de la remise à dimension de bois déjà sciés. Elles sont en général très minces et d'humidité fort variable selon que le bois a été scié plus ou moins sec. Les planures peuvent être vendues à \$12 la tonne pour des foyers domestiques ou sont mises avec les écorces.

- les rognures sont les parties de billes de qualité ou de dimensions trop faibles pour convenir aux spécifications de sciage. Elles sont souvent déchetées en copeaux pour les pâtes à papier, quand elles ont une dimension suffisante.

Les copeaux sont vendus environ \$105 la tonne.

La quantité de déchets produits par les scieries importantes est considérable. Par exemple Barrette-Chapais Ltée compte 150,000 tonnes d'écorces et 70,000 tonnes de sciure par an. Seulement 30,000 tonnes de sciure sont commercialisées, ce qui laisse toutes les écorces et 40,000 tonnes de sciure à mettre au rebut.

On se débarrasse des déchets:

- en les brûlant dans des brûleurs coniques qui peuvent atteindre de fort grandes tailles,

- en les enfouissant. Normalement le site d'enfouissage doit être choisi en fonction de la profondeur de la nappe phréatique et de sa nature, de la distance aux cours d'eau et lacs, de la hauteur d'empilement et de l'épaisseur du recouvrement.

Certains auteurs considèrent que l'élimination des déchets revient de \$5 à \$7 la tonne, mais les règlements sur l'environnement sont encore discutés et pourraient devenir plus sévères, ce qui augmenterait les coûts.

3.3. Préparation du bois pour gazogène.

Les deux facteurs cruciaux sont le pourcentage d'humidité du bois et ses dimensions.

Le séchage peut s'effectuer de deux manières:

- soit de façon traditionnelle en entreposant pendant quelques mois le bois dans un hangar sans murs latéraux pour une bonne ventilation,

- soit en récupérant la chaleur de séchage sur le gazogène lui-même.

L'industrie Québécoise est sans doute la mieux organisée dans le monde pour la manipulation mécanique et le déchetage du bois. Cependant le plus important est la bonne marche du gazogène et il vaudrait mieux commencer par mettre le bois aux dimensions requises en utilisant des procédés artisanaux éprouvés tels que les scies fendeuses. Dans ces conditions, il faudrait environ 1h30 pour fendre une corde (de quoi produire 1,000 kWh).

Après des essais sur la tolérance de dimensions un peu variées, et seulement après ces essais, on pourrait étudier la mécanisation de cette mise à dimension du bois.

Dans le cas de produits à granulométrie fine, tels que les sciures, il faut au contraire densifier le produit. La densification a été étudiée au Canada dès 1880 et on peut y compter cinq procédés de densification de la biomasse: l'agglomération en modules et en cubes, l'extrusion, le briquetage et le laminage par compression. Là aussi il vaudrait mieux, dans une première réalisation, employer un procédé que Martezo-Touillet a déjà expérimenté.

A noter qu'une "densification" exclut par définition l'usage d'un liant. Une compression et un chauffage à haute température sont en général nécessaires. Ceci veut dire que la densification peut être effectuée sur l'installation gazogène elle-même, et par exemple pendant les périodes creuses pour préparer du combustible supplémentaire pour les périodes de forte consommation. (Si un liant doit être utilisé, l'opération est alors une "compaction" ou un "compactage").

Donc la préparation du bois pour gazogènes ne devrait pas poser de problème au Québec. Au contraire, dès que les spécifications seront bien connues, l'industrie Québécoise pourra certainement mettre au point des procédés performants.

TABLEAU 1

RÉSUMÉ DE L'APPORT ÉNERGÉTIQUE SUPPLÉMENTAIRE
POUVANT PROVENIR DES DIVERSES SOURCES
DE BIOMASSE

<u>Source</u>	<u>Quantité disponible</u> (en millions de t par année)	<u>Contenu énergétique</u> (en pétajoules par an)	<u>Pourcentage du total des besoins énergétiques en combustibles fossiles 1978</u>
Usines de pâtes et papiers	0.5	8	0.2
Usines de bois de construction** et de contre-plaqué (excluant les copeaux et les âmes)	7.2	144	3.0
Paille	15	219	4.6
Fumier	10	221	4.6
Déchets municipaux solides	9.3	103	2.1
Ferme boisées	3.2	64	1.3
Résidus d'exploitation forestière	50.4	1,008	21.0
Forêts dégradées et abandonnées	*	*	*
Bois marchand excédentaire (rentable et accessible)	19.3	386	8.0
Plantations énergétiques	310	6,200	129.0
	<u>424.9</u>	<u>8,353</u>	<u>173.8</u>

* Données non disponibles

** Les usines de bois de construction comprennent les scieries et les usines de rabotage.

Source: Rapport EMR Canada ER 80-4F
La biomasse au Canada - Apport possible à
l'approvisionnement énergétique à venir

4. PROCÉDES CONCURRENTS.

4.1. Moteurs Diesel.

La 5ème édition de l'Atlas Energie du Canada donne pour le Québec une capacité installée de 27,600 MW et une production de 157,000 GWh en 1987, 96.5% hydroélectrique, à un prix de vente bas de l'ordre de 4.5¢ le kWh pour l'usage domestique, prix constant à la grandeur de la province.

Cependant un rapport ENERDEMO de 1984 par Paul BELANGER décrit quatre régions du Québec en dehors du réseau interconnecté:

-A. le Nouveau Québec avec 15 postes Diesel sur les Baies d'Hudson et d'Ungava (Purtuniq est compté). Cette région est située dans le domaine de la toundra.

-B. le Centre du Québec avec 9 postes Diesel. Mais depuis 1984 Wemindji a été équipé d'une mini centrale hydroélectrique (qui a eu des problèmes et dont les Cris ne veulent plus) et Chisasibi, Selbaie et Parent ont été reliés au réseau. Ces centrales sont situées en plein milieu de la zone forestière à peine exploitée.

-C. la Basse Côte Nord et Anticosti avec 5 centrales Diesel. Deux de ces centrales, La Tabatière et Blanc Sablon, desservent en fait chacune 6 villages par 2 lignes 25 kV. A compter de 1996 il est prévu d'alimenter ces 12 villages et St-Augustin par une centrale hydroélectrique de 21 MW à bâtir au lac Robertson.

-D. les Iles de la Madeleine, qui ont sans doute la plus grande centrale Diesel en Amérique, dans des îles dépourvues d'arbres.

Les capacités installées en Diesel dans les trois premières régions représentent à peine 0.1% du réseau.

En théorie il faut compter 0.25 l de Diesel oil pour produire 1 kWh, mais en pratique il faut 0.33 l pour tenir compte des faibles rendements à bas régime. Dans ces zones isolées, le carburant doit être amené sur de longues distances, pendant la saison favorable au transport et stocké souvent pendant 12 mois. Le coût de l'électricité Diesel est donc très élevé. Il atteint 55¢ le kWh dans la Baie d'Ungava.

A ma connaissance toutes les centrales Diesel sont exploitées par Hydro-Québec sauf celle de Clova dont la gestion a été confiée à Electro Clova Ltée. Hydro-Québec a la responsabilité d'assurer la fourniture d'électricité dans la province.

Depuis 1989 Hydro-Québec peut acheter de l'électricité de producteurs privés (en bas de 25 MW) à un taux d'environ 4.2¢ le kWh dans le réseau et au "coût évité" dans les régions isolées.

Il est à noter que le reste du Canada compte environ 300 communautés isolées, en dehors des réseaux, la plupart alimentées par Diesels.

Hydro-Québec ne fait jamais de cogénération.

A ma connaissance la seule récupération de chaleur sur une production d'électricité publique au Canada se trouve à Port Hope Simpson au Labrador où des serres sont chauffées par le gaz d'échappement des moteurs. D'après GEOS cette serre est surtout utile pour fournir des plants à repiquer au début de la saison de culture aux jardiniers locaux.

En conclusion pour comparer les rentabilités des solutions Diesel et gazogène le point crucial est le coût du Diesel oil sur le site frais d'achat, de transport, de stockage y compris intérêts intercalaires et pertes en stockage. Les autres paramètres, investissements et autres coûts, dépendent beaucoup moins du site.

4.2. Chaudière à bois et turbine à vapeur.

C'est la solution à laquelle les gens pensent en premier pour la production d'électricité à partir du bois bien qu'il y ait assez peu de réalisations de ce genre.

Nous avons déjà vu que, dans une chaudière à bois, il faut garder la température de fumées élevée pour éviter suie et goudron et assurer une bonne régulation, et surdimensionner pour tenir compte du pouvoir calorifique variable du bois. Un rendement de chaudière à bois est 65% à comparer à 80% pour des hydrocarbures. Les chaudières à bois sont rarement timbrées à plus de 16 bars et leur capacité limitée. Une chaudière de 20 MW est déjà bien grosse.

Si on veut utiliser la vapeur en cogénération, il faut la garder au niveau de 1 ou 2 bars et une turbine à contrepression entre 16 et 2 bars ne produit de l'électricité que pour un tout petit pourcentage du pouvoir calorifique du bois. Un bilan énergétique mesuré sur une réalisation Française par l'AFME donne 4% seulement (voir schéma joint).

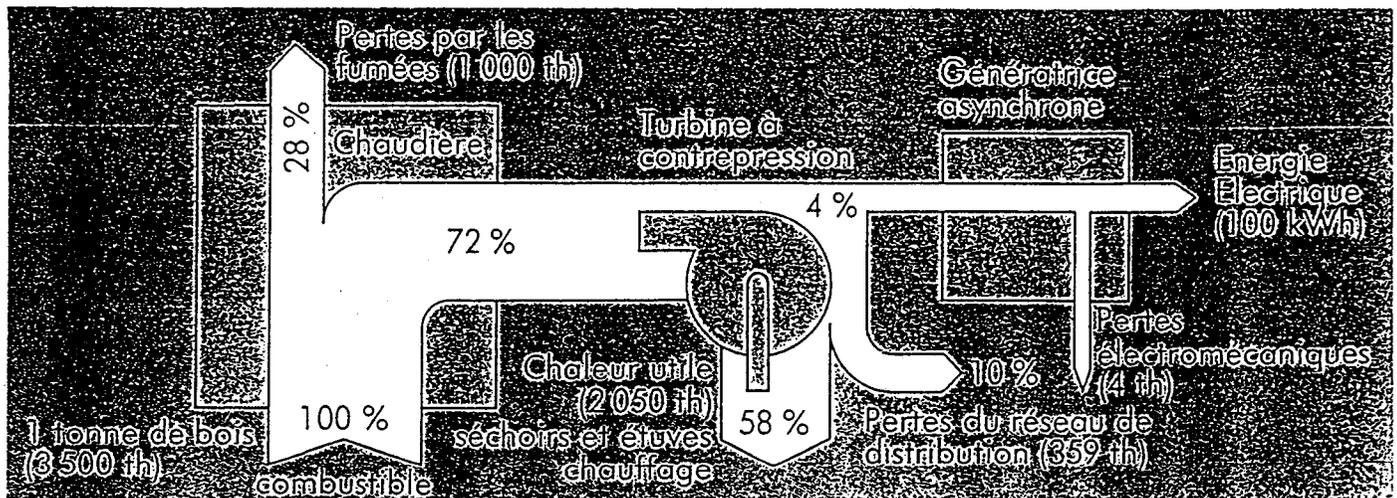
La vapeur exige de l'eau qualité chaudière, c'est à dire déminéralisée, dégazée et non corrosive. Cette eau est dispendieuse et elle doit être contrôlée par un technicien qualifié. Ce problème d'eau est encore plus aigu si la vapeur est utilisée en process sans retour vers la chaudière.

Un point favorable à la chaudière à bois est qu'elle peut utiliser plus facilement que le gazogène des déchets humides ou de dimensions extrêmes. Par exemple on peut concevoir un foyer devant lequel on fait défiler les écorces humides pour les sécher (avec une grille inclinée équipée d'un système de distribution d'air) et il existe des brûleurs à sciure.

Au cours de ma visite à Chapais, j'ai pu discuter brièvement d'un projet de cogénération dans la région. J'avoue que j'ai été choqué par plusieurs points:

- une seule turbine est prévue
- la production commencerait avec 100% d'électricité et 10% de vapeur vendue. Il faut absolument condenser cette vapeur et prévoir l'investissement d'un condenseur
- aucun budget n'est compté pour l'eau de chaudière, qui coûte environ \$4 le m3.

En conclusion pour comparer les rentabilités des solutions gazogène et chaudière à bois, il faut bien examiner l'ensemble du projet: pourcentages d'électricité et de chaleur que l'on veut produire, qualité du bois disponible, capacité.
Si on ne veut que de l'électricité, on peut affirmer a priori que le gazogène sera plus rentable.



Bilan énergétique mesuré par l'AFME
Production d'énergie avec une chaudière à déchets de bois
dans une usine de meubles

5. APPLICATIONS POSSIBLES AU QUEBEC.

5.1. Economie des gazogènes.

Nous allons examiner les coûts, rapportés au kWh produit, de l'investissement, du bois et de la préparation du bois pour une production d'électricité par un groupe à gazogène au Québec.

-A. Investissement.

Seuls sont à considérer les modèles B1400 et B2200 car il ne serait guère rentable de traverser l'Atlantique pour installer un tout petit groupe.

Le kW installé des B1400 et B2200 reviendrait à \$1,800 (en tenant compte que leur puissance serait plus forte en 60 Hz).

Le coût annuel de l'investissement dépend du taux d'intérêt (actuellement assez bas avec un taux d'escompte de la Banque du Canada inférieur à 9%) et de la durée de l'amortissement (la chaîne gazogène plus moteur peut durer une quinzaine d'années, limitons nous donc à 10 ans pour la durée de l'amortissement).

Pour simplifier prenons 25% pour coût annuel de l'investissement, ce qui devrait laisser actuellement un bon profit au promoteur surtout s'il investit en fonds propres.

Soit \$450 par an.

Le facteur d'utilisation est assez peu élevé dans une région isolée non interconnectée. Prenons 5 ou 6,000 heures, ce qui donnerait à imputer 7.5¢ ou 9¢ par kWh pour rembourser l'investissement et faire un profit.

-B. Bois.

Il faut compter une consommation de 1.3 kg de bois par kWh soit 0.1% d'une corde qui pèse approximativement 3,000#. Le gazogène peut brûler n'importe quel bois et en comptant le moins dispendieux, on peut calculer un coût de 3¢ le kWh (\$30 la corde).

-C. Préparation du bois.

La principale dépense est de fendre le bois aux dimensions requises, ce qui devrait prendre 1h30 de travail à un homme pour fendre le bois de 1,000 kWh. A \$10 de l'heure, on peut calculer un coût de 1.5¢ le kWh.

On a donc par kWh:

Investissement	7.5 à 9¢
Bois	3¢
Préparation du bois	1.5¢
Total des 3 items	12 à 13.5¢

On peut augmenter les revenus retirés de la chaîne gazogène plus moteur en récupérant la chaleur dégagée, jusqu'à 2 kWh thermiques pour 1 kWh électrique.

Mais il ne faut pas trop se faire d'illusions sur cette récupération, puisque a priori on se trouve dans une région où le bois n'est pas cher du tout. Une récupération de chaleur n'est alors rentable que si elle se fait à un niveau de température élevé ou avec un volume important.

On peut récupérer la chaleur:

- sur le gazogène lui-même,
- sur le circuit de refroidissement du moteur, sous forme d'eau chaude à 70 ou 80°C (Seul Caterpillar avec son système "Ebullient Cooling" récupère de la vapeur saturée à 100°C)
- sur les gaz d'échappement, sous forme de vapeur à 1 ou 2 bars.

Sur un 500 kW on commence à faire des économies d'échelle. Malheureusement la plupart des usages faciles, par exemple les serres, sont saisonniers.

GAMME DE GROUPES ÉLECTROGÈNES MARTEZO

Moteur 100% gaz de déchets de bois ou végétaux. Moteur dual-fuel charge maximum : 20% gas-oil, 80% gaz. Charge à 30% de puissance : 20% gas-oil, 10% gaz

RANGE OF MARTEZO GASIFIERS / GENERATORS for 100% biomass gas or dual fuel operation.

GAMA DE GASÓGENOS para operación con 100% gas o con combustible mixto (80% gas y 20% diesel)

Modèles Model Modelo	Puissances Power range Potencia	Débit des groupes électrogènes à 100% gaz Rated output Capacidad del generador 100% gas	Combustibles Fuels Combustibles	Consommation et production Specific consumption Consumo	Capacité des trémières en litres Feeding system capacity (in liters) Capacidad del sistema de alimentación (litros)
B 650	5 → 10 kW	6 → 12 kVA	Le bois ou certains déchets végétaux tels que rafles de maïs, coque de noix, de coco, etc. Humidité : 20% environ. <i>Wood or agricultural wastes such as corn stalks and coconut. With moisture content of 20 percent or less.</i>	1,3 kg de déchets de bois à 20% humidité : - 1 kW électrique, - 2 kW calorifiques. OPTION : échangeur pour cogénération.	150
B 850	10 → 25 kW	12 → 30 kVA			600
B 1 000	25 → 60 kW	30 → 72 kVA			900
B 1 200	60 → 110 kW	72 → 132 kVA			1 100
B 1 400	110 → 160 kW	152 → 192 kVA			2 000
B 2 200	300 → 480 kW	360 → 600 kVA	Madera o ciertos desperdicios agrícolas tales como cáscaras de maíz y de coco, etc. Humedad aproximadamente 20%.	1,3 kg de madera a 20% humedad : - 1 kW eléctrico, - 2 kW caloríficos. OPCIÓN : intercambior por cogeneración.	Alimentation automatique Automatic feeding Alimentación automática

5.2. Production d'électricité en région isolée.

Les communautés isolées sont actuellement alimentées par des centrales Diesel. Si on veut y introduire une solution gazogène, il faut, à mon avis, adopter le schéma suivant:

- garder l'installation Diesel en stand-by pour sécuriser Hydro-Québec qui a la responsabilité de la fourniture,
- ajouter un gazogène supplémentaire fonctionnant 100% au gaz en base de la production.

Ce schéma sera rentable si le "coût évité" pour Hydro-Québec est plus grand que le coût des 3 items comptabilisés au paragraphe précédent, soit investissement, bois et préparation du bois, l'exploitation restant inchangée.

Il faut donc un "coût évité" plus grand que 12 ou 13.5¢. En comptant 1.5¢ pour des économies d'entretien et maintenance sur des Diesels en stand-by, il faut que le prix de revient du Diesel oil soit plus grand que 36¢ le litre, ce qui est probablement le cas partout dans la taiga.

Donc a priori partout, au dessous de 55°N, la solution avec gazogène peut être introduite de façon rentable dans les communautés isolées.

Cela veut dire que, dans un village moyen de 500 habitants, consommant 3 GWh par an, Hydro-Québec, au lieu de payer à une multinationale \$360,000 de Diesel Oil ou de carburant unifié, versera \$135,000 de salaires dans le village et remboursera \$225,000 pour l'investissement du promoteur (si le Diesel Oil vaut 36¢ le litre, et plus encore s'il est plus cher). L'avantage socio-économique de la solution gazogène est donc loin d'être négligeable: \$270 par an et par habitant soit environ \$1,500 par famille. Et la moitié de ce revenu pourrait être gagné en période creuse.

Je pense qu'une éventuelle récupération de chaleur devrait être examinée aussi sous l'angle de l'avantage socio-économique plus que sous celui de la rentabilité. On peut envisager:

- des serres. Le Centre du Québec connaît une période végétative plus courte et des degrés jours-chaleur moindres que Port Hope Simpson
- une piscine chauffée, surtout s'il y a du tourisme, par exemple une pourvoirie
- le chauffage des locaux collectifs.

En conclusion la solution gazogène est certainement très rentable pour les communautés isolées du Québec et devrait intéresser le SAA par ses retombées socio-économiques.

Nous donnons donc ci-après trois exemples de réalisations possibles.

5.3. Clova.

Clova est un petit village de 153 habitants (A.T.) ou 200 (P.B.) situé sur la voie ferrée construite par le CN pour relier directement Québec à Winnipeg à la grande époque de l'exportation du blé vers l'Europe (maintenant le blé va vers l'Asie). L'accès routier est difficile. La principale activité est une pourvoirie.

Electricité: 278,000 kWh en 1984 d'après P.B. mais ce chiffre est certainement trop faible car la consommation de Diesel oil pour la production d'électricité indiquée dans le même rapport est de 242,000 litres. D'autre part la consommation a dû augmenter depuis 1984.

La petite centrale Diesel est gérée par Electro Clova Ltée, (même direction que la pourvoirie) qui est payée par Hydro-Québec.

Les ressources en bouleaux sont grandes. L'activité des gens est sans doute assez faible en hiver. On doit être dans le cas où on peut approvisionner le bois, environ 2 ou 3 cordes par jour, à \$30 la corde.

Malgré la voie ferrée, le coût du carburant doit être élevé car Hydro-Québec se plaint.

Il doit être possible de faire bon usage d'une récupération de chaleur, pour la pourvoirie.

Bien qu'il n'y ait pas de réserve indienne à Clova, quelques familles Attikameks et Montagnaises y vivent.

Une étude de faisabilité serait facile et d'un coût dérisoire. (Il n'y a pas de solution alternative. Hydro-Québec doit faire passer encore quelques lignes 765 kV à proximité immédiate de Clova puisque les lignes de la Baie James doivent contourner le lac Gouin par l'Ouest. Mais un SCC, Système de Couplage Capacitif, serait trop gros et trop dispendieux pour un si petit village). L'étude de faisabilité devrait regarder la possibilité de récupérer utilement de la chaleur et coûterait \$3,000.

L'investissement serait de l'ordre de \$300,000 pour un modèle B1400 installé sur le site (et capable de cogénération).

L'étude de faisabilité devrait être faite pour le changement de propriétaire de la pourvoirie, dont la vente est en cours de discussion.

Négocier avec Electro Clova Ltée devrait être beaucoup plus facile qu'avec Hydro-Québec.

A.T. Atlas Toponymique du Canada

P.B. rapport ENERDEMO de Paul Belanger 1984

5.4. La Romaine.

La Romaine est un village et une réserve indienne sur la Basse Côte Nord: 241 blancs et 535 Montagnais (A.T.).

C'est un petit port, escale des Relais Nordik et un petit aéroport, escale Intair.

L'Association Montagnaise propose la pêche au saumon dans la rivière Olomane. Une scierie est indiquée sur la carte au 50,000ème.

Electricité: 3,100 MWh em 1981. La même année la centrale Diesel Hydro-Québec comptait 2 Caterpillars 600 kW et 1 de 400 kW (P.B.).

Les ressources en bois sont peut-être un peu loin du village car la carte indique une côte marécageuse à l'Ouest qui laisse place à une côte rocheuse vers le Labrador. Mais la scierie doit bien trouver son bois quelque part.

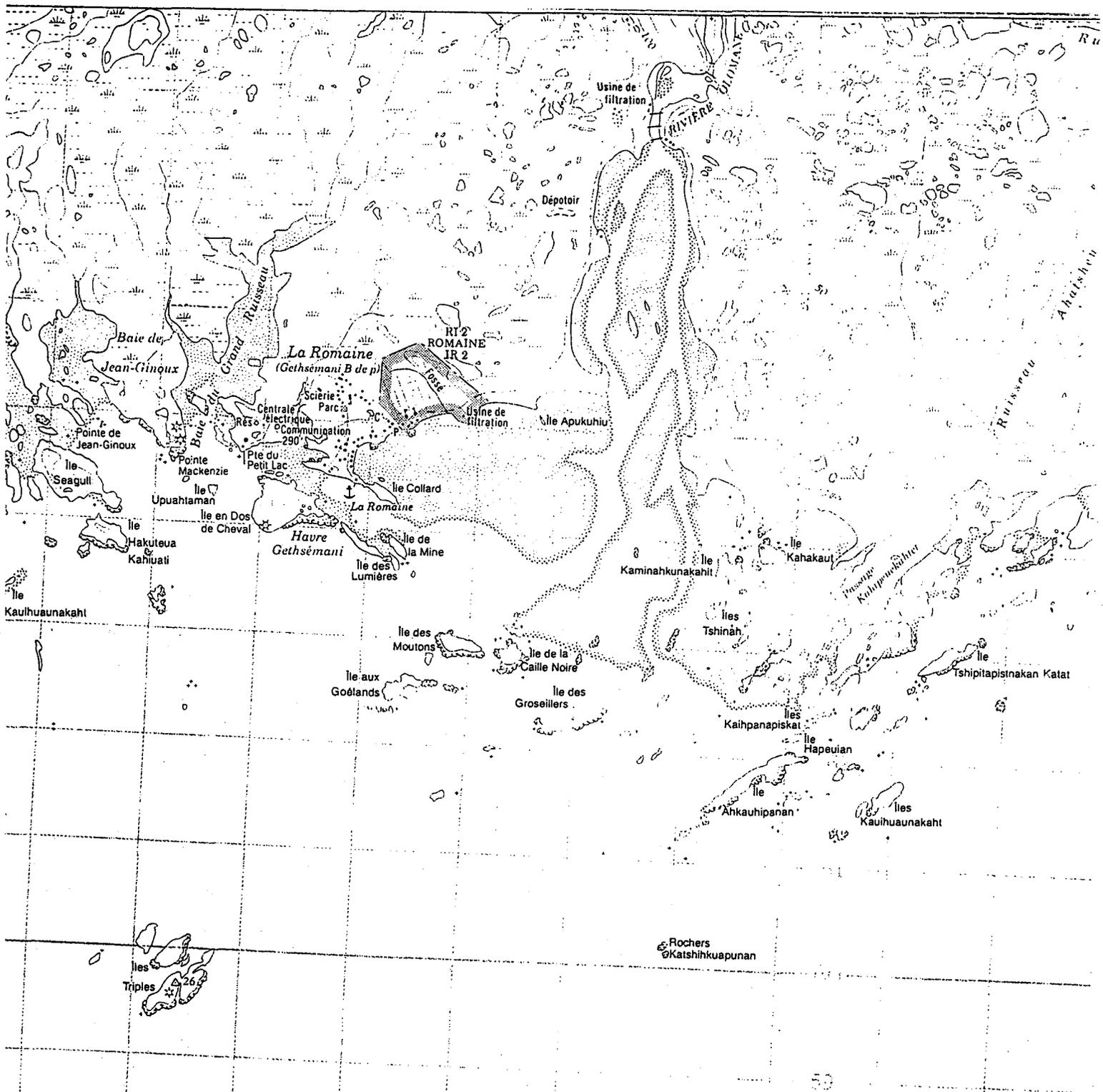
Le prix du Diesel oil à La Romaine ne m'est pas connu mais il est supérieur à 36¢ le litre à Blanc Sablon.

Il pourrait y avoir une certaine concurrence de l'hydroélectricité car on pourrait envisager d'harnacher la chute Kanawakant sur l'Olomane ou le lac Couillard. Le lac Couillard est loin. La ligne coûterait déjà \$600,000. Hydro-Québec prévoit de détourner l'Olomane dans la Mécatina après l'an 2000 (quid du saumon?).

L'étude de faisabilité serait un peu plus compliquée car il faudrait vérifier les ressources en bois (10 ou 12 cordes par jour), regarder si la scierie est un bon site pour le gazogène, comparer avec les solutions alternatives d'hydroélectricité. La solution gazogène serait d'installer un groupe modèle B2200 en laissant la place pour un deuxième groupe du même modèle à ajouter dès que tout marche rondement.

Le coût serait de \$1,000,000 pour le premier groupe et \$900,000 pour le deuxième. Il devrait être possible de faire bon usage d'une récupération de chaleur par exemple pour du séchage de bois à la scierie.

La fourniture d'électricité à la réserve et l'implication éventuelle des Montagnais devrait intéresser directement le SAA. D'après P.B. en 1981 l'électricité de la réserve était payée par le gouvernement Fédéral.



Extrait de la carte au 50,000ème montrant le village de La Romaine, la réserve indienne, la centrale électrique et la scierie

5.5. Port-Menier - Anticosti.

Port-Menier a été fondé par Menier des Chocolats Menier vers 1895 après qu'il eût acheté l'île d'Anticosti comme domaine personnel (1,000,000 d'hectares). Après un essai de colonisation raté, il introduisit dans l'île le Cerf de Virginie qui y prolifère.

Il y a maintenant six pourvoiries dans l'île pour la chasse et la pêche au saumon.

Port-Menier compte 266 habitants (A.T.) ou 224 (P.B.). C'est un petit port, escale des Relais Nordik et un petit aéroport relié à Gaspé et à Sept-Iles.

Electricité: la production n'est pas indiquée dans le rapport P.B. qui mentionne seulement la consommation de Diesel oil, 1,100,000 litres, ce qui correspond à 3.3 GWh (pas mal, pour 250 habitants). Dans la centrale Diesel, P.B. comptait 1 Caterpillar de 800 kW et 1 de 500 kW. Hydro-Québec a pris en charge la centrale fin 1981. J'ai entendu dire qu'une tentative de gazéification de la tourbe a été faite à Port-Menier par Hydro-Québec. Tentative téméraire car la tourbe donne beaucoup de poussières. (Les Finlandais et les Russes, leaders de la production d'électricité à partir de la tourbe, ne gazéifient pas et construisent des centrales à tourbe plus grosses).

Cette tentative montre au moins la volonté d'Hydro-Québec de faire autre chose que du Diesel.

Les ressources en bois, naguère exploitées par Consolidated Bathurst qui a revendu l'île au Gouvernement de la Province, sont très grandes.

J'ai visité Port-Menier et je me demande s'il n'y a pas possibilité d'installer une micro turbine à l'exutoire du lac St-Georges, juste dans le village (un bulbe à renvoi d'angle, préfabriqué, qui n'exige pas beaucoup de génie civil).

Evidemment il faudrait savoir quels ont exactement les besoins en électricité de Port-Menier, qui pourraient correspondre à 1 B1400, ou 1 B2200, ou 2 B1400. Une récupération de chaleur est sans doute possible car la consommation d'huile à fournaise est aussi énorme pour 250 habitants (1,570,000 litres par an d'après P.B.) et on voit des bâtiments de grande dimension dans le village. L'étude de faisabilité serait assez facile. Il faudrait surtout déterminer le niveau de l'investissement qui pourrait aller de \$350,000 à \$1,000,000.

Le SAA n'est pas directement intéressé par Port-Menier mais plusieurs Ministères le sont depuis que l'île a été rachetée par le Gouvernement.

5.6. Production d'électricité pour utiliser des déchets de bois.

Nous supposons ici qu'une scierie veut utiliser ses déchets de bois pour produire de l'électricité et que cette scierie est située dans le réseau interconnecté d'Hydro-Québec.

Dans le réseau interconnecté le prix d'achat au tarif industriel est de 5¢ le kWh (5.35¢ si on tient compte de l'augmentation du mois dernier). De son côté Hydro-Québec rachète l'électricité environ 4.2¢ le kWh aux producteurs autonomes.

Les conditions d'exploitation d'un groupe électrogène à gazogène seraient légèrement différentes de ce qui a été indiqué au chapitre 5.1. et il nous faut ici ajuster les chiffres donnés pour le kWh produit:

- le facteur d'utilisation serait sans doute accru dans une scierie, qui travaille souvent à plusieurs postes. Le coût de l'investissement pourrait être ramené à 6¢ ou 8¢ le kWh.
- la valeur marchande des déchets utilisés peut être considérée comme nulle (vrai seulement pour les écorces).
- la préparation des déchets risque d'être un peu plus dispendieuse que la préparation du bois, par exemple la densification de la sciure. Comptons 2¢ par kWh.
- il faudrait aussi compter des frais d'exploitation bien que, dans une scierie, du personnel soit déjà disponible pour s'occuper des problèmes d'énergie. Ajoutons 1¢ par kWh.

Le prix de revient du kWh d'un groupe à gazogène travaillant dans une scierie serait un peu moindre que dans une région isolée mais atteindrait cependant de 9¢ à 11¢. On est assez loin des 5¢ d'Hydro-Québec.

On peut encore comptabiliser, pour le déduire des chiffres ci-dessus, le coût de se débarrasser des déchets, \$5 à \$7 la tonne soit 1¢ par kWh.

Si on vend la chaleur de cogénération, on peut aussi espérer récupérer 2¢ ou 3¢ par kWh produit.

Il semble donc bien difficile de rentabiliser une élimination de déchets de bois en produisant de l'électricité. Il faut vraiment que toutes les conditions optimales soient réunies:

- bon facteur d'utilisation de l'électricité
- élimination des déchets dispendieuse par ailleurs
- bonne récupération de chaleur avec le même facteur d'utilisation que pour la production d'électricité (ce qui exclut les usages saisonniers).

On pourrait quand même regarder la production directe d'énergie mécanique avec un moteur à gazogène. Par exemple, à Chapais, Barrette-Chapais Ltée a une déchiqueteuse entraînée par un moteur électrique de 450 kW. Si on entraînait cette machine par un moteur à gazogène (il faudrait vérifier couple et conditions de démarrage), on économiserait un moteur électrique et un alternateur, probablement environ 2¢ du kWh, et, avec en plus une récupération de chaleur, on arriverait à être compétitif avec le tarif d'Hydro-Québec.

Bien entendu si la réglementation environnementale sur l'élimination des déchets devenait plus sévère, cela pourrait aussi modifier la compétitivité du gazogène.

Les conditions seraient aussi bien plus favorable dans d'autres provinces par exemple l'Ile du Prince Edouard ou la Nouvelle Ecosse où l'on n'a pas à lutter contre les monstres de la Baie James.

5.7. Utilisation pour un boisé individuel.

Il ne peut pas être question de commencer par introduire au Québec de petits groupes à gazogène. Il faut d'abord former le personnel qualifié. Cependant on doit noter que le gazogène est bien adapté à une exploitation individuelle par une personne débrouillard.

Je pense ici à la Gaspésie, qui connaît un taux de chômage de 25%, où les gens travaillent à la pêche ou au tourisme quelques mois par an seulement. (Le dicton dit qu'il y a deux saisons en Gaspésie, l'hiver et le mois de Juillet). Un certain nombre de Gaspésiens pourraient, l'hiver, exploiter les boisés de leurs lots à moitié défrichés pour produire de l'électricité et récupérer la chaleur pour leur chauffage, celui de serres et de leurs voisins.

Les pourvoiries, surtout celles qui sont très isolées et accessibles pratiquement seulement par hydravion, pourraient aussi exploiter de petits groupes à gazogène, de modèle B850 par exemple, à condition aussi d'avoir le personnel compétent.

Donc si le Québec acquiert une large expertise dans le domaine de la gazéification du bois, le contexte semble favorable, avec des ressources en bois disséminées partout dans la Province, pour un développement en boule de neige d'entreprises individuelles ou de très petite taille.

5.8. Utilisation pour le transport.

Pendant la guerre, le gazogène a été principalement utilisé en France sur les camions. Ces véhicules avaient vraiment du mal à monter les côtes car il ne suffit pas d'accélérer le moteur en appuyant sur la pédale, il faut aussi augmenter la production de gaz ce qui est moins facile. Les camions à gazogène n'ont donc pas survécu à l'après-guerre.

Les bateaux n'ont pas de côtes à monter et pourraient être propulsés par un moteur à gazogène. La réserve de bois ou de charbon de bois serait encombrante et le rayon d'action limité, mais pour une navigation fluviale il est possible de prévoir des dépôts de combustibles sur les berges.

Il y aurait un marché non négligeable en Afrique Equatoriale et en Amazonie. En Afrique, la grande voie de l'Oubangui-Congo est bien équipée avec des trains de barges de 2,000 T et des pousseurs modernes. Il n'y a rien sur les affluents sauf des pirogues. Des bateaux de 20 t, à gazogène, rendraient d'immenses services sur ces petites rivières. Rappelons ici que le coût des carburants représente 50 à 60% des frais des transports fluviaux, même sur le Mississipi. Et sur les affluents de l'Oubangui, les hydrocarbures coûtent \$2 le litre.

Au Québec il y a au moins un lac sur lequel un bateau à gazogène de 30,000 à 40,000 livres serait utile: le lac Mistassini où les Cris résidant à Baie du Poste vont à l'autre bout du lac, une traversée d'une centaine de kilomètres, dans des canots de 5,000 livres, à moteur hors bord, qui sont des gouffres à carburant.

En plus de son utilité intrinsèque, ce bateau à gazogène pourrait servir de référence pour qu'une coopération Franco-Québécoise s'attaque aux marchés de l'Afrique Equatoriale et de l'Amazonie. Une référence serait indispensable au Québec car aucun lac ou rivière ne peut faire l'affaire en France.

Il y aurait aussi 3 ou 4 lacs dans le reste du Canada sur lesquels un bateau à gazogène serait le bienvenu.

6. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.

L'utilisation de groupes à gazogène pour la production d'électricité est au Québec un problème marginal qui ne concerne que 0.1% de la capacité installée.

Cependant, dans les régions isolées de la taiga, des groupes à gazogène, immédiatement disponibles car fabriqués en petite série en France, d'une puissance de quelques centaines de kilowatts, seraient nettement plus rentables que les Diesels actuellement en service, et apporteraient des retombées socio-économiques non négligeables dans les communautés.

Nous recommandons au SAA de pousser les études de faisabilité partout où des populations autochtones sont concernées.

Certains problèmes de mécanisation de la préparation du bois pourraient être étudiés efficacement au Québec et la France apportant son expérience déjà fort ancienne de la chaîne gazogène-filtre-moteur, les conditions sont réunies pour une bonne coopération entre le Ets Touillet et des sociétés Québécoises, sous la houlette de la Coopération Franco-Québécoise, organisée par l'ACTIM et le MAIQ.

Les sociétés Françaises apprécient d'ailleurs de s'installer au Québec et d'y trouver des partenaires Québécois pour travailler dans l'ensemble du Canada.

La première tâche de la Coopération Franco-Québécoise pourrait être d'aider à former du personnel Québécois qualifié dans le domaine bien spécialisé de l'exploitation d'une chaîne gazogène.

Des gazogènes de plus grande puissance que ceux fabriqués en France actuellement, semblent avoir un marché au Québec et au Canada. Il serait intéressant de rechercher si des organismes peuvent contribuer au développement par exemple du gazogène à lit fluidisé. Mais attention, il y a eu des échecs.

Un bateau à gazogène serait utile à la fois pour les Cris du lac Mistassini et comme référence pour développer un marché à l'exportation.

Le SAA devrait pousser un tel projet.

CONCLUSION

Mini hydro-électricité, production directe de chaleur par éoliennes, gazogènes devraient être des moyens de production d'énergie à prendre en considération dès maintenant pour le Nord et le Centre Nord du Québec. On pourrait sans doute en trouver d'autres par exemple l'énergie marémotrice dans le Détroit d'Hudson et la Baie d'Ungave où les marées sont les secondes au monde.

Hydro-Québec ne s'occupe que d'électricité et ne veut même pas entendre parler de cogénération. Il y a pas mal de temps, en Février 1976, j'ai visité un 800kW Caterpillar à Poste de la Baleine (maintenant Kuujjuarapik). La pièce où se trouvait le Diesel était chauffée par une fournaise! Il aurait été possible de chauffer une cinquantaine de maisons avec la récupération "Ebullient Cooling" de Caterpillar.

Donc tous les projets qui ne seraient pas exclusivement électriques devraient sans doute faire l'objet de Partenariats Publics Privés où Hydro-Québec s'occuperait de la partie électricité et le partenaire privé du reste.