

SEPTEMBRE
No 346

L'INGENIEUR

LA BIOMASSE:
DISPONIBILITES ET PERSPECTIVES D'UTILISATION
PROCEDES DE CONVERSION ENERGETIQUE
USINE DE METHANOL:
LES OBJECTIFS
PROJET-PILOTE QUEBECOIS

**ENERGIE/
BIOMASSE FORESTIERE**



Une légion d'honneurs.

Rémy Martin V.S.O.P. Fine Champagne Cognac.

Rémy Martin ne produit que des cognacs provenant de la Grande et de la Petite Champagne, les deux meilleures régions de Cognac. Cette carte en est le sceau.



**ADMINISTRATION
ET RÉDACTION**

a/s Ecole Polytechnique
Case postale 6079 - Succursale « A »
Montréal, Québec, H3C 3A7
Tel. : (514) 344-4764

COMITÉ ADMINISTRATIF

Jean-Claude THERRIEN, ing.
président
André BAZERGUI, ing.
Gérald BÉLANGER, ing.
André BROSSARD, ing.
Paul HEBERT, ing.
Jean L. LEDUC, ing.
Raymond PRIMEAU, ing.
Yvon PARENTEAU, ing.

SECRÉTAIRE ADMINISTRATIVE

Yolande GINGRAS

COMITÉ CONSULTATIF DE RÉDACTION

Gérald BÉLANGER, ing.
directeur
Denis ANGERS, ing.
Michel BILODEAU, ing.
Réal BOUCHER, ing.
Médéric DESROCHERS, ing.
Yvon M. DUBOIS, ing.
Claude GUERNIER, ing.
Maurice LACASSE, ing.
Sylvio RICHARD, ing.
Charles VILLEMAIRE, ing.

RÉDACTEUR

Charles ALLAIN

PUBLICITÉ

JEAN SÉGUIN & ASSOCIÉS INC.
Courtiers en publicité

601, Côte Vertu, St-Laurent, Québec H4L 1X8
Téléphone : (514) 748-6561

ÉDITEURS

Association des Diplômés de Polytechnique

En collaboration avec l'École Polytechnique de Montréal, la Faculté des Sciences et de Génie de l'Université Laval et la Faculté des Sciences appliquées de l'Université de Sherbrooke. Publication bimestrielle. — Imprimeur : Les Presses Élite.

ABONNEMENTS

Canada 10 \$ par année
Étranger 15 \$ CAN par année
A l'unité 2 \$

DROITS D'AUTEURS : Les auteurs des articles publiés dans L'INGÉNIEUR conservent l'entière responsabilité des théories ou des opinions émises par eux. Reproduction permise, avec mention de source : on voudra bien cependant faire tenir à la Rédaction un exemplaire de la publication dans laquelle paraîtront ces articles. — Engineering Index, Biol., Chem., Sci., Abstracts, Periodex et Radar signalent les articles publiés dans L'INGÉNIEUR — ISSN — 0020-1138 — Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Québec.

Tirage certifié : membre de la
Canadian Circulation Audit Bureau



ÉNERGIE / BIOMASSE FORESTIÈRE

M. Guy Drouin, ing., M.B.A., ingénieur-conseil spécialiste des questions forestières, est le coordonnateur de ce numéro.

5 INTRODUCTION

7 LES DISPONIBILITÉS DE BIOMASSE FORESTIÈRE AU QUÉBEC ET LEURS PERSPECTIVES D'UTILISATION Louis-Jean Lussier, ing. f.

Cet article fournit quelques données relativement aux disponibilités de la biomasse forestière au Québec et examine les perspectives d'utilisation qui s'offrent au Québec dans ce domaine au cours de la prochaine décennie. On peut entrevoir également d'immenses possibilités, notamment en ce qui concerne l'intégration de la production de la biomasse forestière à la remise en valeur de peuplements dégradés.

15 LES PROCÉDÉS DE CONVERSION ÉNERGÉTIQUE DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE : BILAN ET PERSPECTIVES D'AVENIR Guy Drouin, ing.

Le potentiel énergétique de la biomasse forestière est considérable ; il représente une source d'énergie inépuisable, puisque renouvelable. Plusieurs options, ou filières énergétiques existent déjà, ou sont en voie de développement pour récupérer ce qu'on pourrait appeler « l'énergie des arbres ». Le présent article décrit les deux grands modes de conversion énergétique de la biomasse : le mode thermo-chimique, qui regroupe les procédés de combustion, de gazéification, de pyrolyse et de liquéfaction, et le mode biochimique qui regroupe les procédés d'hydrolyse, de fermentation et de digestion anaérobique. Les perspectives d'avenir sont par la suite dégagées.

21 DESCRIPTION DU PROJET D'USINE DE MÉTHANOL AU QUÉBEC Yves Lévesque, ing. f.

Le dossier relatif à la construction d'une usine de démonstration pour la fabrication de méthanol, si la faisabilité en est démontrée, sous-tend une série d'objectifs très significative pour l'économie du Québec. Entre autres, ce projet vise une utilisation plus complète des arbres et de la forêt et le développement d'une technologie de transformation de la biomasse en carburant. Cet article présente donc sommairement ce projet tel qu'il fut planifié.

25 USINE PILOTE DE PRODUCTION DE MÉTHANOL À PARTIR DE LA BIOMASSE

André Chamberland et Michel Laurin

La production de méthanol à partir de la biomasse et de la tourbe ne présente pas en soi une innovation. Toutefois, ce qui distingue ce premier projet est l'utilisation et la mise au point de la technologie des gazogènes à lit fluidisé pressurisé à l'oxygène. Nous décrivons ici la façon dont l'usine pilote utilisera cette nouvelle technique, ainsi que les moyens employés pour mettre en valeur ce potentiel énergétique encore inexploité au Québec.

RUBRIQUES

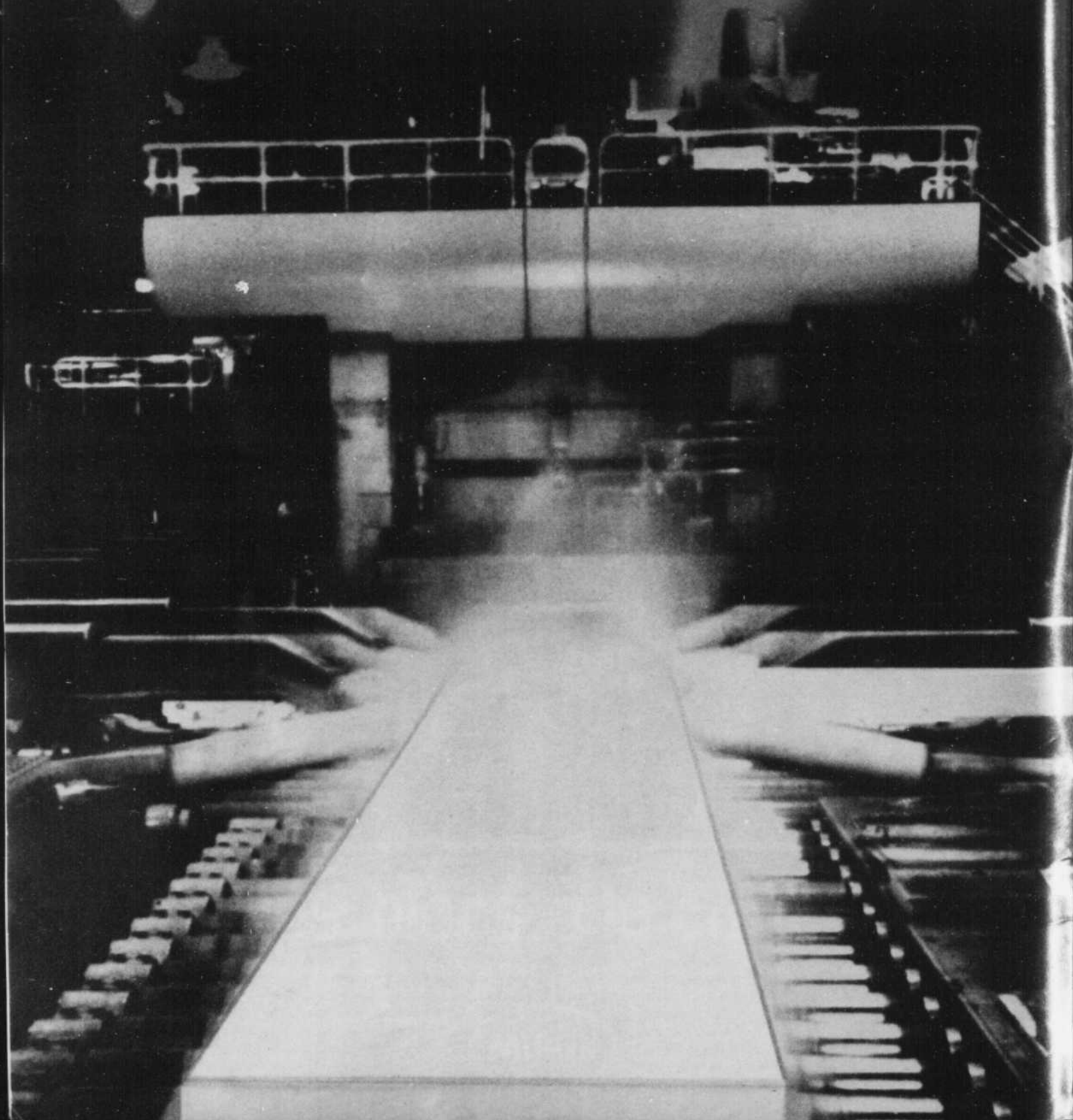
- 6 ABSTRACTS
- 33 CHRONIQUE : L'INGÉNIEUR ET...
- 36 OFFRES D'EMPLOI
- 38 ÉVÉNEMENTS À VENIR
- 39 COMMUNIQUÉS
- 40 RÉPERTOIRE DES ANNONCEURS

PAGE COUVERTURE

Forêt de feuillus de la vallée de l'Outaouais. (Photo : GracieuSeté de la Société d'Aménagement de l'Outaouais.)

**Voici une autre innovation
d'Algoma dans le domaine de l'acier:**

**La plaque d'acier normalisée
sortant directement du laminage.**



Et du contrôle total des procédés résulte le contrôle total de la qualité.

Depuis de nombreuses années, Algoma est l'un des principaux fournisseurs de plaque d'acier au Canada. Avec la construction de la nouvelle installation de traitement thermique dans le complexe du laminoir à plaque de 166", Algoma devient le fournisseur le plus complet.

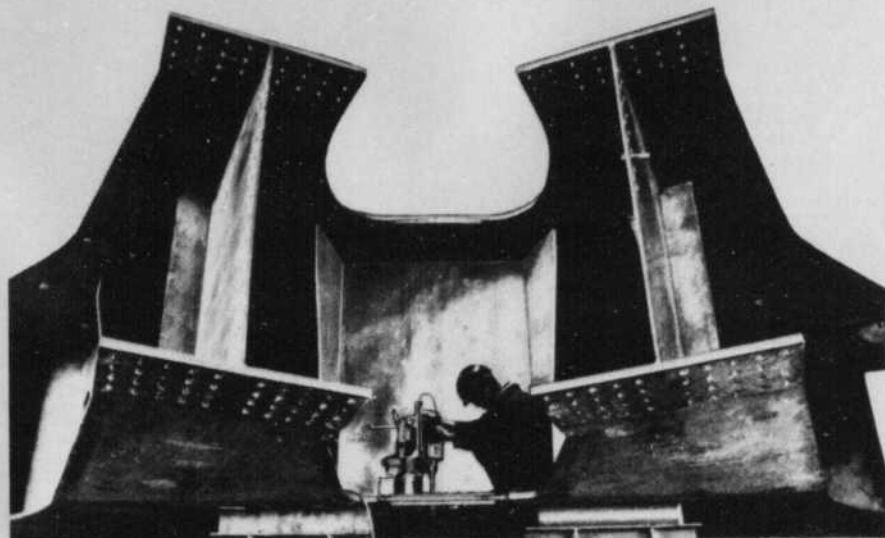
Les aciéristes d'Algoma ont un contrôle informatisé total du produit final normalisé... parce qu'ils ont le contrôle de toutes les grandes étapes de l'élaboration de l'acier, du laminage et de la transformation. Et du contrôle total des procédés résulte un contrôle total de la qualité.

Dimensions offertes

| Largeur | Épaisseur | Longueur |
|----------------------|-------------------|-----------------------|
| Max. 3 900 mm (153") | Max. 100 mm (4") | Max. 24 400 mm (960") |
| Min. 800 mm (32") | Min. 5 mm (3/16") | |

Surface de section transversale maximale: 186 000 mm² (288 po²)

Veillez vous renseigner si vous avez besoin de plaques de dimensions et de spécifications différentes.



Le procédé de normalisation

La plaque d'acier jusqu'à 3 900 mm (153") de large est chauffée dans le nouveau four à sole en continu, y est maintenue pendant une période prédéterminée, puis sort sur un convoyeur à rouleaux vers un refroidissoir où elle est refroidie à l'air. Tout le procédé est informatisé.

Algoma peut produire des plaques d'acier normalisées satisfaisant à la plupart des normes courantes et des spécifications des entreprises, y compris les normes de l'ACNOR, les normes ASTM, ASME, BS, DIN et LLOYD'S.

SEPTEMBRE-OCTOBRE 1981/L'INGÉNIEUR

La qualité Algoma: contrôlée étape après étape.

Algoma a à cœur de produire des nuances d'acier à haute résistance et rendement élevé. À chaque étape, de la matière première à l'élaboration du fer, de l'élaboration de l'acier au laminage de la plaque... et maintenant à la normalisation, toutes les opérations sont effectuées selon les méthodes rigoureuses de contrôle de la qualité d'Algoma, en n'oubliant jamais l'utilisation à laquelle vous destinez la plaque. Parce que l'acier, c'est notre affaire.

Écrivez ou téléphonez au bureau de vente d'Algoma le plus près pour obtenir un exemplaire de la nouvelle brochure très intéressante intitulée: "Fabrication de plaques par traitement thermique et données de conception".

ALGOMA STEEL

Aciers Algoma Limitée
Sault Ste. Marie, Ontario
Bureaux de vente de district: Moncton, Montréal,
Toronto, Hamilton, Windsor, Winnipeg, Calgary,
Vancouver.

91% des
municipalités
québécoises
choisissent
les pompes
submersibles

FLYGT

Pourquoi?

Parce que le nom
de Flygt n'est plus
à faire en matière
de rendement
et d'excellence
de service de ses
pompes d'égout.

Qui mieux est:
Flygt jouit d'une
réputation admirable
grâce à plus de
91% des municipalités
québécoises.
Alors...

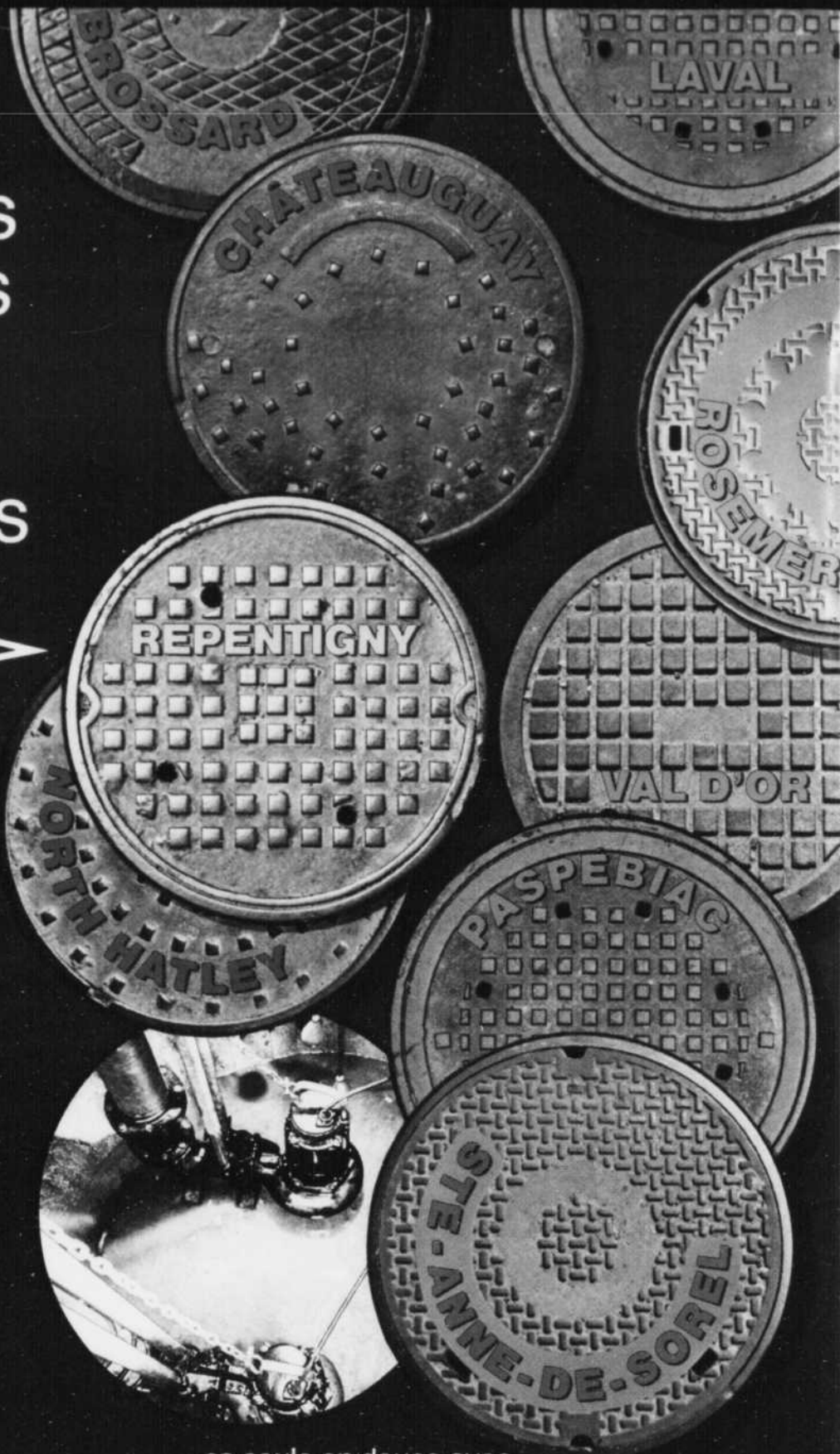
ça coule en douce avec

FLYGT

FLYGT CANADA

Pointe-Claire (Québec) (514) 695-0100

Succursales: Montréal, Québec, Sept-Îles, Coquitlam,
Calgary, Edmonton, Winnipeg, Toronto, Hamilton,
Sudbury, Ottawa, Moncton et Saint-Jean (Terre-Neuve).



Introduction

Avec la découverte et la mise en exploitation des premiers gisements de pétrole, au début du XX^e siècle, les pays industrialisés ont connu une ère où les prix de l'énergie étaient en deça de leur véritable coût de remplacement. Ce fut l'âge d'or des hydrocarbures. La hausse rapide de leur prix, conjuguée à une volonté politique d'autosuffisance énergétique, amènent maintenant les pays occidentaux à rechercher de nouvelles sources d'énergie. Parmi celles-ci, la biomasse, définie comme l'ensemble des productions végétales, animales et humaines d'un territoire donné, offre un intérêt grandissant ; elle est appelée à prendre d'ici la fin du XX^e siècle un essor considérable.

Déjà, certains pays sont engagés dans des programmes ambitieux d'utilisation de la biomasse. Le Brésil, avec une production prévue de 10,7 millions de m³ d'éthanol produite à partir de la canne à sucre, compte affranchir son secteur des transports de sa dépendance vis-à-vis du pétrole importé. Avec l'installation de plus de 8 millions de petites unités de fabrication de biogaz alimentées aux déchets organiques (humains ou animaux), la Chine se chauffe et cuisine. D'ici l'an 2,000, la Suède compte couvrir son territoire de plantations énergétiques qui fourniront 20% de ses besoins en énergie sous forme de biomasse forestière. Les États-Unis semblent, quant à eux, s'engager dans la production d'éthanol à partir de maïs et de matières cellulosiques. De nouvelles voies sont explorées, notamment dans l'utilisation d'enzymes et de bactéries dans les processus de conversion biologique de la matière cellulosique.

Étant donné l'importance de son potentiel forestier, le Québec a été naturellement porté à considérer la biomasse forestière et la tourbe à des fins énergétiques.

M. Louis-Jean Lussier, dans un premier article, a estimé à 30,7 millions de tonnes métriques anhydres, la biomasse excédentaire annuellement produite sous forme de déchets d'exploitation forestière, d'arbres marchands non récoltés, de résidus d'usinage ainsi que d'autres pertes. Ce potentiel représente un équivalent énergétique annuel de 7 milliards de litres de pétrole. Il ressort de son étude qu'on n'utilise qu'environ 30% du potentiel de la biomasse forestière et qu'on en gaspille 70%. Intégrée à un programme sylvicole approprié, l'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques offre, selon l'auteur, à l'industrie et à la société québécoise, la possibilité de remettre en production d'importantes superficies forestières abandonnées ou non utilisées.

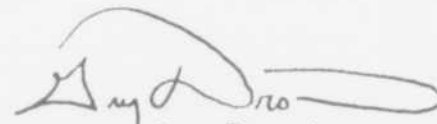
Plusieurs options ou filières énergétiques existent toutefois pour récupérer l'énergie des arbres. Dans un deuxième article, je décris les principaux procédés de conversion énergétique de la biomasse, selon les modes thermo-chimiques (combustion, gazéification, pyrolyse, liquéfaction) et bio-chimiques (hydrolyse, fermentation, digestion anaérobie). À chaque type de biomasse correspond souvent un procédé particulier de conversion énergétique. À court terme, la combustion directe de la biomasse forestière demeure le moyen privilégié de produire de l'énergie sous forme de chaleur ou d'électricité, notamment auprès de l'industrie forestière. Toutefois, à plus long terme, la transformation de la biomasse a pour principal objectif de produire un combustible liquide qui serait utilisé dans les réseaux de marchés existants. Deux voies sont ouvertes : la gazéification du bois et le traitement subséquent des gaz de synthèse en méthanol, ou l'hydrolyse des bois par voie enzymatique ou acide pour la production d'éthanol. Le Québec a retenu la première voie qui semble celle qui représente le plus de chances de succès.

En s'appuyant d'ailleurs sur les objectifs du développement forestier du gouvernement du Québec, M. Yves Lévesque décrit dans son article les différentes phases qui mèneront à la réalisation d'un projet pilote d'usine de méthanol. Propriété de NOUVELER, la nouvelle société d'État des énergies nouvelles, cette usine produira 55 millions de litres de méthanol par année, à partir du traitement de 85,000 tonnes anhydres de résidus de bois. Ce projet est une première mondiale ; il permettra au Québec de s'assurer un leadership technologique enviable dans ce domaine et éventuellement de construire des unités de production plus importantes.

MM. André Chamberland et Michel Laurin discutent par la suite des principaux aspects techniques du projet. En particulier, ils décrivent une innovation qui consiste en la production de gaz de synthèse à partir du bois dans un gazogène à lit fluidisé.

Inexistante il y a à peine quelques années, l'utilisation de la biomasse aux fins énergétiques est en train de prendre un essor considérable dans plusieurs pays. Une véritable industrie « bio-énergétique » est en train de se développer, à travers un mariage unique des techniques de l'ingénieur, du chimiste, du biologiste et du généticien. De nouvelles options de remplacement aux sources non-renouvelables d'énergie sont développées, grâce à l'utilisation d'une ressource abondante, versatile et renouvelable, représentée par la biomasse sous toutes ses formes. Son utilisation favorisera également une décentralisation des grands systèmes centralisés de production énergétique, en systèmes à échelle plus réduite, plus polyvalente et plus écologique.

Avec l'épuisement éventuel des réserves mondiales d'hydrocarbures le XXI^e siècle pourrait, qui sait, voir s'établir le règne de l'or vert.



Guy Drouin

M. Guy Drouin est diplômé en génie électrique de l'École Polytechnique de Montréal et détenteur d'un MBA de l'Université McGill. Depuis plusieurs années, M. Drouin est impliqué dans les secteurs énergétique et forestier ; il a participé à différents travaux portant sur l'utilisation de la biomasse forestière à des fins énergétiques et sur la production de matériaux structuraux nouveaux, à partir de bois de qualité inférieure. Il est également l'auteur de plusieurs études et publications à ce sujet pour le compte de sociétés para-publiques (Société d'Aménagement de l'Outaouais, Hydro-Québec) et privées. M. Drouin a récemment fondé un bureau d'études spécialisé dans ces domaines. Il est membre de plusieurs associations professionnelles, dont le Bio-Energy Council et le Forest Products Research Society, section de l'est du Canada, dont il est administrateur.

ABSTRACTS

SUPPLY AND DEMAND OF WOOD BIOMASS IN QUEBEC

7

by Louis-Jean Lussier, F.E.

The existing supply of wood biomass in Quebec is determined by type and regions. The future consumption is also assessed for the next ten years. Many possibilities exist if a proper silvicultural program is integrated with the utilization of wood biomass. These possibilities are described.

BIOMASS ENERGY CONVERSION SYSTEMS : THE PRESENT AND THE FUTURE

15

by Guy Drouin, P.Eng. MBA

Many countries are moving with increasing urgency to obtain larger fractions of their energy from biomass. The amount of raw energy stored up in bioresources is simply staggering. There are many ways to convert the raw materials into marketable or useful fuels. The technologies may be thermochemical (such as combustion, gasification, pyrolysis, liquefaction) or biochemical (hydrolysis, fermentation, anaerobic digestion). The present and future possibilities if these conversions processes are assessed.

A DEMONSTRATION METHANOL PLANT IN QUEBEC

21

by Yves Lévesque, F.E.

The project concerning the construction of a demonstration plant for the production of methanol from forest biomass has received the approval from the Quebec provincial cabinet early in spring 1981. This first plant and many others, if the feasibility can be established, sustain many objectives very significant for the economy of the province. Among them, the most important are : 1) to decrease our dependency on oil ; 2) to use the full potential of our forest and trees ; 3) to develop a new technology for the conversion of biomass in liquid fuel. This article present a summary of this pilot project.

PILOT PLANT FOR THE PRODUCTION OF METHANOL FROM BIOMASS

25

by André Chamberland, Ph.D

and Michel Laurin, Ph.D.

Production of methanol from biomass and peat represents an enormous potential source of energy for Québec. The present paper describes the construction of a pilot plant for the production of methanol from wood residues. Conversion of synthesis gas to methanol, by itself, is not novel. What is novel, in present project, is the development of fluidized bed gasifiers, pressurised by oxygen. We describe how the pilot plant will utilise this novel technique and the means by which this potential source of energy, as yet undeveloped in Québec will be realised.



TECHNISOL INC.

ÉTUDE GÉOTECHNIQUE
ET CONTRÔLE DES SOLS
BÉTON - ASPHALTE - ACIER

325, DE L'ESPINAY, QUÉBEC, P.Q. G1L 2J2 / 647-1402
244 DE LA CATHÉDRALE, RIMOUSKI G5L 5J4 / 723-1144



mon-ter-val inc.

société d'expertise

Géotechnique
Géologie
Mécanique des Roches
Contrôle des matériaux
Hydrogéologie

1470 rue mazurette, montréal, qué. H4N 1H2
442 ave Centrale, Val d'Or, Qué. J9P 1P5

Tél. (514) 382-5110
Tél. (819) 824-6894



LUPIEN, ROSENBERG, JOURNEAUX
& ASSOCIÉS INC.

études de sols et matériaux

- Investigations sur le terrain : sondages et essais
- Mécanique des sols et des roches : pieux, caissons, radiers, semelles, parois moulées, tunnels
- Design d'ouvrages en terre : digues, barrages, remblais
- Photogéologie : recherche de matériaux d'emprunt, études de traces, choix de sites d'aménagement
- Investigations de déficiences
- Instrumentation
- Environnement physique : études d'impact
- Contrôle des matériaux et procédures de construction
- Essais en laboratoire

960, 24e Avenue, Lachine, Québec, H8S 3W7 Tél. : (514) 637-3746



COMPAGNIE NATIONALE
DE FORAGE ET SONDRAGE INC.
1130 OUEST, RUE SHERBROOKE
MONTRÉAL H3A 2R5
TÉL. : (514) 288-1177

Études géotechniques, géologiques, sismiques
Sondages et forages
Contrôle qualitatif : sols, béton, asphalte, métaux
Laboratoires : eaux, sols, matériaux
Assurance qualité, métallurgie, corrosion

Fondée en 1937

LES DISPONIBILITÉS DE BIOMASSE FORESTIÈRE AU QUÉBEC ET LEURS PERSPECTIVES D'UTILISATION

Louis-Jean Lussier, ing. f.*

Cet article fournit quelques données relativement aux disponibilités de la biomasse forestière au Québec et examine les perspectives d'utilisation qui s'offrent au Québec dans ce domaine au cours de la prochaine décennie. On peut entrevoir également d'immenses possibilités, notamment en ce qui concerne l'intégration de la production de la biomasse forestière à la remise en valeur de peuplements dégradés.

Introduction

Depuis l'avènement de la crise du pétrole, l'utilisation de nouvelles sources d'énergie fait l'objet d'intenses recherches dans tous les pays du monde occidental. Bien que pourvu de ressources hydroélectriques importantes, le Québec doit importer de fortes quantités d'hydrocarbures pour satisfaire à ses besoins énergétiques. À l'instar des autres pays occidentaux, il investit, de ce fait, beaucoup d'efforts dans la recherche de nouvelles sources d'énergie. Doté d'immenses ressources forestières, il consacre tout naturellement une partie de ses efforts à l'utilisation de la biomasse qui en provient. Au Québec, la recherche et le développement en ce domaine relèvent principalement d'Environnement Canada (programme ENFOR), du ministère québécois de l'Énergie et des Ressources (Direction des Énergies Nouvelles), et de l'industrie des pâtes et papiers, grand consommateur d'énergie thermique.

Définition de quelques concepts

On se propose, dans cet article, de fournir quelques données relativement aux disponibilités de biomasse forestière au Québec et d'examiner leurs perspectives d'utilisation au cours de la prochaine décennie. Avant de ce faire, il importe, cependant, de préciser quelques concepts.

Le concept sans doute le plus difficile à cerner en foresterie est celui du potentiel de production d'un territoire fores-

tier. En effet, si l'on veut demeurer un tant soit peu pratique, un tel potentiel ne peut se définir qu'en tenant compte de certaines contraintes, principalement celles qu'imposent la technologie disponible et les conditions du marché. Avant de proposer une définition du potentiel de production forestière, voyons ce qu'on entend par biomasse forestière.

La biomasse d'un territoire forestier peut se définir comme l'ensemble des productions animales et végétales de ce même territoire. La biomasse végétale se subdivise en biomasse aquatique (les algues) et forestière. Cette dernière comprend la matière morte (la tourbe) et la matière vivante qui, à son tour, inclut la végétation herbacée, les arbustes et les arbres. Dans le contexte du présent article, la biomasse forestière ne retient que ces deux derniers éléments, que l'on considère cependant dans leur entier, c'est-à-dire en comprenant le bois, l'écorce, les feuilles, les souches et les racines.

Le potentiel de production d'un territoire donné peut donc maintenant se définir comme étant la quantité de biomasse forestière que l'on peut produire à un niveau raisonnable d'aménagement forestier. L'aménagement forestier constitue l'ensemble des activités sylvicoles permettant d'accroître le potentiel naturel de production de la biomasse. Ces activités comprennent divers travaux comme le reboisement, la fertilisation, les éclaircies, etc. L'expression « niveau raisonnable d'aménagement » implique une certaine part de subjectivité mais peut quand même se préciser à l'aide d'études économiques. Un tel niveau varie considérablement suivant les diverses régions du Québec, mais l'expérience démontre qu'on pourrait dans l'ensemble accroître de 50% le potentiel naturel de croissance de la forêt québécoise.

En pratique, plusieurs éléments empêchent la pleine utilisation du potentiel de production de la biomasse forestière. Soulignons dès maintenant que l'on peut grouper l'utilisation des ressources forestières sous trois chefs principaux : 1) les activités de protection de l'environnement ; 2) les activités récréatives ; 3) les activités industrielles. Bien que le présent article ne porte que sur ces dernières activités, les deux premières ont, à juste titre, beaucoup d'importance et on ne peut les ignorer lorsqu'il est question du potentiel de production industrielle de la forêt québécoise car elles contribuent, en raison des contraintes auxquelles elles soumettent l'exploitation forestière, à diminuer ce même potentiel.

*
M. Louis-Jean Lussier, ing. f. et Ph.D. (New-York State University, 1957) a obtenu son baccalauréat en 1951 et sa maîtrise en 1954 à la Faculté de foresterie et de géodésie de l'Université Laval. Après quelques années au Service de recherche de la Québec North Shore Paper Co., M. Lussier a été professeur de gestion forestière à l'Université Laval, pour ensuite passer au groupe COGEF du ministère des Terres et Forêts du Québec. Membre de l'Ordre des ingénieurs forestiers du Québec et de plusieurs associations professionnelles, il est, depuis 1977, ingénieur-conseil œuvrant principalement dans la mise en valeur du territoire forestier.

Le Québec forestier et son potentiel de production

Le Québec, avec ses quelques 500.000 km² de forêt productive et accessible, constitue un vaste territoire qui représente près de deux fois celui de la Suède. On ne peut analyser le potentiel de production et les perspectives d'utilisation de la biomasse forestière d'un tel domaine sans le subdiviser d'abord en un certain nombre d'unités d'étude. Lors d'une recherche récente sur ce sujet, dirigée par l'auteur de cet article dans le cadre du programme Enfor, le Québec forestier a été subdivisé en 26 unités d'étude (fig. 3) à partir des lignes de démarcation des régions administratives (fig. 1) et des grandes zones d'aménagement (fig. 2) reconnues officiellement par le ministère de l'Énergie et des Ressources.

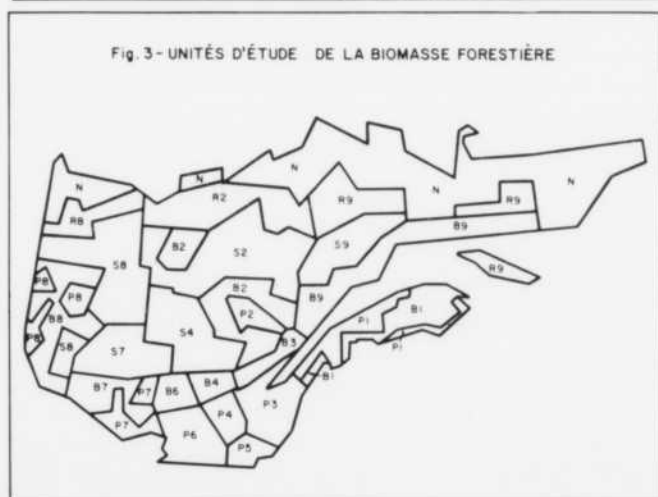
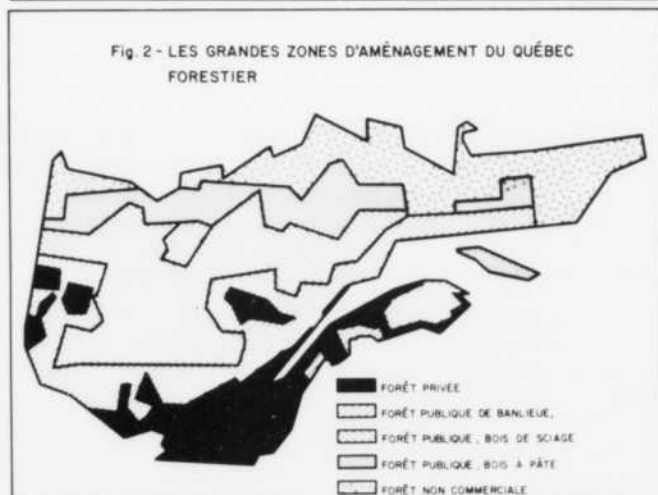


Fig. 4 - POSSIBILITÉ, RÉCOLTE ET DISPONIBILITÉ DE TRONCS MARCHANDS

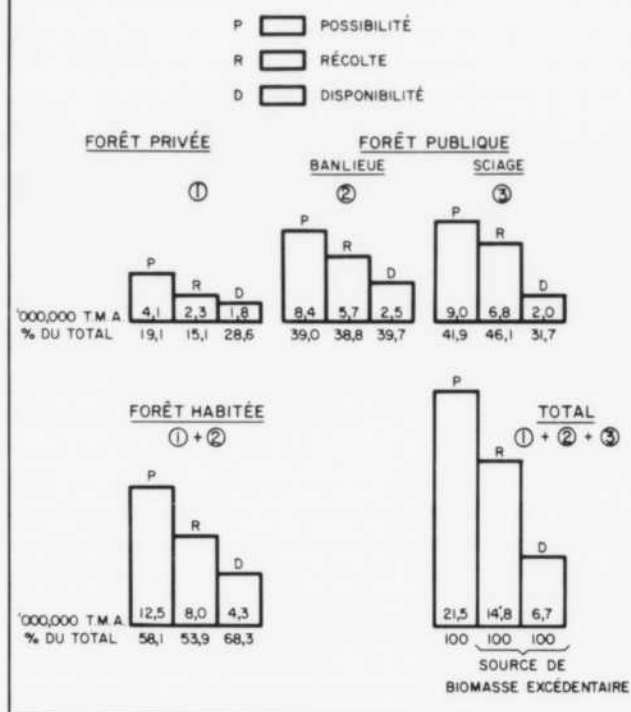
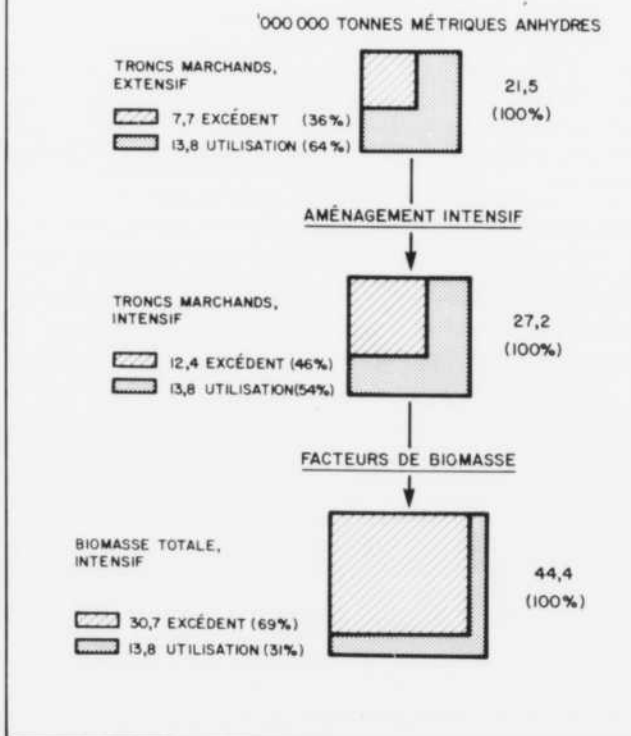


Fig. 5 - UTILISATION ET EXCÉDENT DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE AU QUÉBEC



Coûts de production de la biomasse

Jetons maintenant un coup d'œil sur les coûts de production de la biomasse forestière. On voit, à la figure 9, que pour une distance moyenne de transport de 50 kilomètres, le coût au consommateur varie de 10\$ à 55\$ par tonne selon la nature du produit, alors que la valeur de la biomasse se situe aux environs de 55\$. Ces coûts demeurent assez approximatifs pour certains produits, mais ils constituent des ordres de grandeur valables. Sachant qu'il ne se consomme actuellement au Québec que 2,3 millions de tonnes de résidus divers et d'arbres entiers non commerciaux, sachant également que les seuls besoins énergétiques de l'industrie des pâtes et papiers se situent autour de 7 millions de tonnes, on peut se demander pourquoi on ne consomme pas davantage, compte tenu que la valeur de la biomasse dépasse, souvent de beaucoup, son coût de production. Pour répondre à cette question, il importe de jeter un regard sur la situation des résidus d'usinage du bois.

Production et consommation des résidus de scieries

Afin de déterminer les quantités de résidus présentement produites et consommées, ainsi que celles qui seront produites et consommées d'ici cinq ans, on a consulté, sans aucune exception, les personnes compétentes de chaque usine de pâtes et papiers et de chaque usine de déroulage ou de sciage dont la production annuelle dépasse 15 millions de pmp. Cette enquête a permis d'établir que la production d'écorce se chiffre, en 1980, à 1,65 million de tonnes, la consommation à 0,95 million, d'où un excédent d'écorce de 0,7 million de tonnes. L'industrie des pâtes et papiers consomme à elle seule, pour fins énergétiques, 92% des quantités totales d'écorce utilisée. La production de sciures et de copeaux de rabotage de la même année s'évalue à 1,37 million de tonnes, la consommation à 1,03 million de tonnes, d'où un excédent

Fig. 8 - ORIGINE ET ESSENCE DE LA BIOMASSE ACCESSIBLE

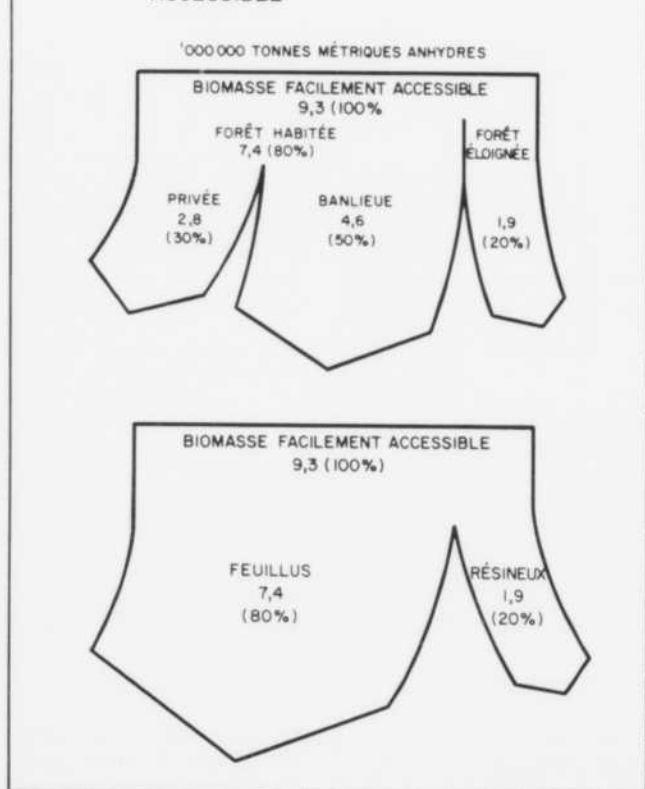


Fig. 9 - COÛTS APPROXIMATIFS DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE

1980
DISTANCE MOYENNE: 50 KILOMÈTRES

| | \$/TONNE |
|--|-----------|
| ÉCORCE | 10 |
| ARBRES ENTIERS COMMERCIAUX À L'USINE | 10 |
| SCIURES ET COPEAUX DE RABOTAGE | 20 |
| DÉCHETS D'EXPLOITATION, BORD DE ROUTE | 30 |
| DÉCHETS SUR PARTERRE DE COUPE | 40 |
| RÉCOLTE D'ARBRES ENTIERS NON COMMERCIAUX | 40 |
| PLANTATIONS ÉNERGÉTIQUES | 50 |
| RÉCOLTE D'ARBRES ENTIERS NON MARCHANDS | 55 |
| <u>VALEUR DE LA BIOMASSE</u> | <u>55</u> |

Fig. 10 - OFFRE ET DEMANDE DE RÉSIDUS D'USINAGE DU BOIS

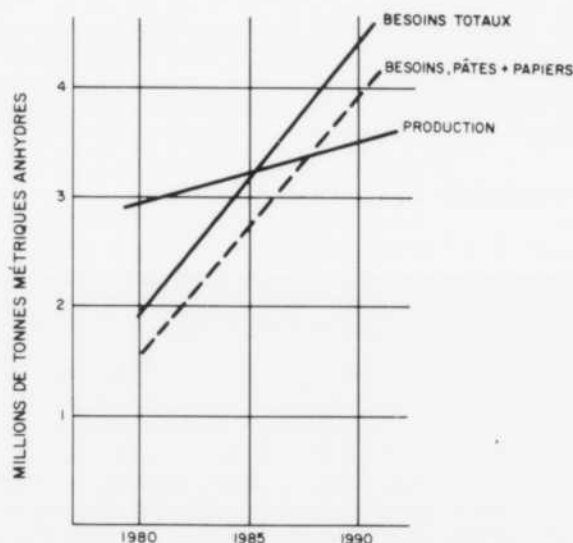
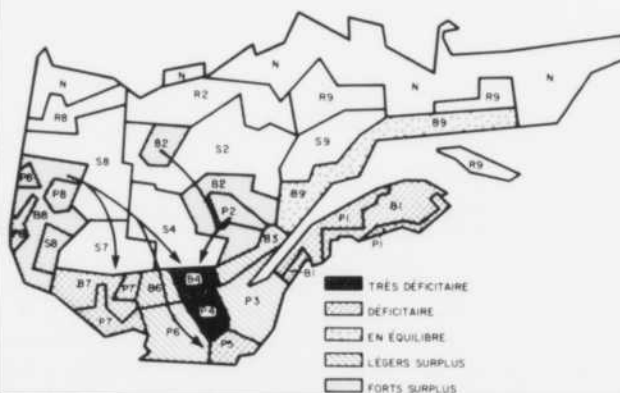


Fig. 11 - SITUATION RÉGIONALE DES RÉSIDUS D'USINAGE DU BOIS - 1985



de 0,34 million de tonnes. La consommation industrielle de ces résidus représente 65%, le reste étant utilisé pour la production d'énergie.

Plusieurs régions du Québec sont déjà déficitaires de résidus d'usinage du bois. Ainsi, la région du St-Maurice (04) doit importer 215.000 tonnes de sciures et de copeaux de rabotage des autres régions (Abitibi et Lac St-Jean), soit 85% de ses besoins.

La même enquête a permis d'établir que la consommation de résidus d'usinage du bois passera de 1,9 million de tonnes en 1980 à 3,2 millions en 1985 et à 4,5 millions en 1990. Comme la production de 3 millions de tonnes en 1980 augmentera à 3,2 millions en 1985 et à 3,5 millions en 1990, on en conclut que, dès 1986, les besoins de résidus seront plus considérables que leur volume de production (fig. 10) et qu'il faudra alors se tourner vers d'autres sources de matière ligneuse, notamment la biomasse excédentaire en forêt. On peut également prévoir, à brève échéance, une hausse rapide des prix des résidus, prix qui, vers 1985, devraient s'approcher de la valeur de leur équivalent énergétique.

Si l'on revient aux coûts de production de la biomasse forestière (fig. 9), on constate, qu'à l'exception de la méthode qui consiste à traiter les arbres entiers commerciaux à l'usine de pâte (coût additionnel de 10\$) toutes les autres sources de biomasse en forêt sont plus dispendieuses que les résidus d'usinage, d'où la réticence des utilisateurs à faire appel à ces premières sources. Le véritable concurrent de la biomasse disponible en forêt se trouve beaucoup plus dans l'excédent des résidus d'usinage du bois que chez les vendeurs de pétrole. Cependant, cet excédent diminue rapidement, de sorte que l'on devrait bientôt faire appel aux résidus de coupe et aux copeaux d'arbres entiers.

La figure 11 tente d'illustrer la situation des résidus d'usinage du bois telle qu'elle devrait se présenter vers 1985. Les régions du St-Maurice (04) et du Bas St-Laurent-Gaspésie

(01) seront déficitaires et subiront plus fortement que les autres régions les effets néfastes de la concurrence, alors que les régions du Lac St-Jean (02) et du Nord-Ouest (08) auront des excédents qui seront probablement exportés vers les régions déficitaires.

Prévisions de la consommation de biomasse forestière

On présente, aux figures 13 et 14, les prévisions de la consommation totale de biomasse forestière au Québec. Celle-ci passera de 2,3 millions de tonnes en 1980 à 4 millions en 1985 et à 4,9 millions en 1990. L'industrie des pâtes et papiers demeure le principal consommateur, représentant environ 75% de la consommation totale (fig. 12). Pour ce qui est des produits, la biomasse en forêt devrait connaître une croissance assez forte, passant de 310.000 tonnes en 1980 à 1,5 million de tonnes en 1990 (fig. 13).

En ce qui concerne la source de biomasse en forêt, les plantations d'arbres à croissance rapide (plantations énergétiques), tels les peupliers hybrides et la récolte d'arbres entiers non marchands ($\phi < 10$ cm), s'avèrent présentement trop onéreuses pour représenter un potentiel de biomasse économiquement intéressant.

Parmi les autres sources de biomasse, la récolte d'arbres entiers marchands de faible valeur commerciale semble, à première vue, la moins attrayante financièrement (fig. 9). Cependant, tel n'est pas le cas; elle est en réalité la première source d'approvisionnement sur laquelle on devrait compter. En effet, les disponibilités des autres sources s'avèrent assez faibles si l'on tient compte des contraintes de transport auxquelles elles sont soumises. De plus, les estimations de coût sont très approximatives et le coût réel pourrait s'avérer supérieur à ce qu'indique la figure 9, surtout si l'on tient compte que, dans bien des cas, la distance de transport dépassera 50 kilomètres. Enfin, ces disponibilités se situent dans des régions (02 et 08) où il existera encore, en 1985, des

Fig. 12 - CONSOMMATION DE BIOMASSE FORESTIÈRE PAR SECTEUR INDUSTRIEL

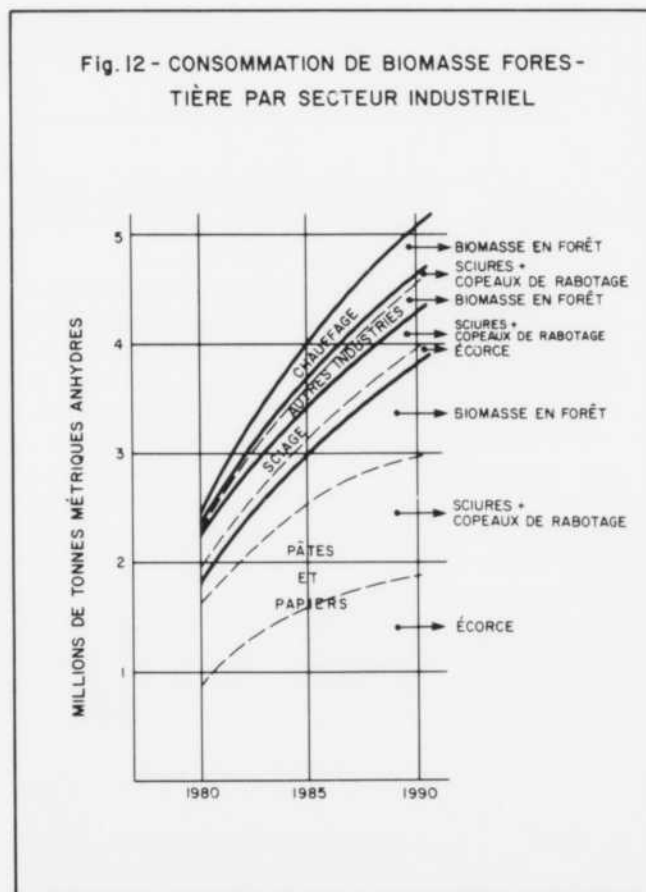
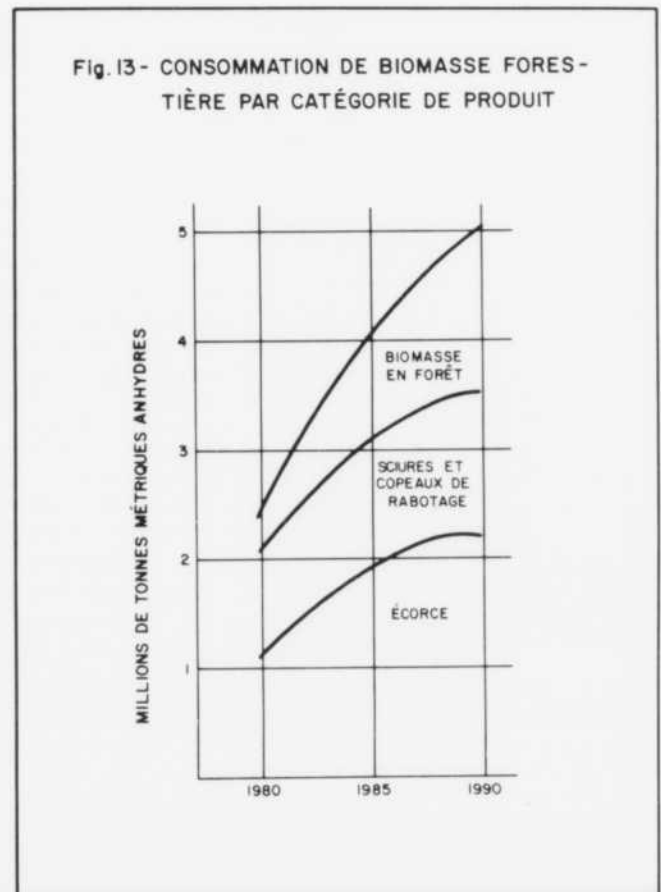


Fig. 13 - CONSOMMATION DE BIOMASSE FORESTIÈRE PAR CATÉGORIE DE PRODUIT



excédents appréciables de résidus d'usinage. Pour ces différentes raisons, la récolte d'arbres entiers devient prioritaire, d'autant plus qu'elle représente 70% de la biomasse disponible, biomasse qui se trouve dans le Québec méridional, près des usines consommatrices de bois.

Élément de recherche et de développement

Afin qu'une telle récolte devienne plus économique, on devra cependant intensifier la recherche et le développement dans certains domaines particuliers : la mise au point d'engins d'exploitation et de méthodes de travail conçus spécifiquement pour le traitement de peuplements forestiers dégradés : la densification de la biomasse avant son transport à l'usine (densification par compression, fabrication de boulettes) ; la séparation de la fibre et de l'écorce après déchiquetage ; le développement de nouveaux marchés tels que pièces de dimensions, panneaux gauffrés, à fibre orientée, à fibre laminée, bois tranché-laminé, panneaux composites ou reconstitués ; l'intégration harmonieuse de la récolte d'arbres entiers à la remise en valeur de forêts dégradées ; la conception d'une méthode d'analyse économique qui tienne compte de tous les éléments socio-économiques propres à l'utilisation de la biomasse forestière.

Production de biomasse et remise en valeur de la forêt

En ce qui concerne l'intégration de la production de biomasse forestière à la remise en valeur de peuplements dégradés, on présente, à la figure 14, un exemple portant sur la conversion d'un peuplement feuillu de faible valeur commerciale en peuplement résineux de haute valeur. Étant donné que de tels peuplements occupant de larges superficies dans le sud du Québec, ce traitement devrait connaître une grande importance dans les prochaines années. Cependant, comme les marchés pour la fibre de faible qualité qui en découle sont largement déficients, le gouvernement hésite à se lancer dans un vaste programme de remise en valeur, les coûts de conversion étant souvent excessifs.

Présentement, le gouvernement du Québec accorde aux propriétaires un subside d'environ 1,300\$ par hectare en vue d'exécuter une telle conversion. Cependant, si l'on accorde à la récolte de biomasse sa valeur énergétique réelle, on voit, dans l'exemple de la figure 14, que le traitement pourrait s'auto-financer.

Conclusion

En conclusion, les disponibilités de biomasse forestière sont très grandes au Québec, particulièrement dans la zone de la forêt habitée, mais il reste encore beaucoup à faire avant de pouvoir les exploiter économiquement. En plus de la recherche et du développement déjà soulignés, on devra prévoir la récolte de la biomasse dans le cadre de plans d'aménagement appropriés. On exploitera, au départ, les peuplements forestiers dégradés mais il faudra, au fur et à mesure de leur disparition, se tourner davantage vers les arbres non marchands, les plantations énergétiques et les résidus d'exploitation.

RÉFÉRENCES

Perspectives d'utilisation de la biomasse forestière du Québec, 1981, J. MARANDA et L.J. LUSSIER, Environnement Canada.

Fig. 14- INTÉGRATION DE LA PRODUCTION DE BIOMASSE FORESTIÈRE À LA REMISE EN VALEUR DE PEUPELEMENTS DÉGRADÉS

| | | |
|---|--|----------------------|
| 1. TRAITEMENT : | CONVERSION D'UN PEUPELEMENT FEUILLU EN PEUPELEMENT RÉSINEUX; RÉCOLTE DE LA BIOMASSE ET REBOISEMENT | |
| 2. RÉCOLTE : | 50 TONNES MÉTRIQUES ANHYDRES À L'HECTARE, BIOMASSE AÉRIENNE SEULEMENT | |
| 3. VALEUR DE LA RÉCOLTE POUR FINS ÉNERGÉTIQUES : | | |
| | 50 TONNES X \$ 53 / TONNE = | \$ 2,650 / HA |
| 4. COÛT D'EXPLOITATION ET DE REBOISEMENT : | | \$ / HA |
| | - ABATTAGE, DÉBARDAGE, DÉCHIQUEPAGE : 50 T. X \$ 25 / T. | 1,250 |
| | - TRANSPORT, 50 KM : 50 T. X \$ 10 / T. | 500 |
| | - COÛT DE PRODUCTION DES PLANTS RÉSINEUX | 300 |
| | - COÛT DU REBOISEMENT | 600 |
| | TOTAL | <u>2,650</u> |
| 5. COÛT DU TRAITEMENT | | 0 |
| 6. MONTANT DES SUBSIDES ACTUELS DU MER-QUÉBEC (GAINS) | | <u>\$ 1,300</u> |
| 7. FINANCEMENT DE LA RÉCOLTE : | | |
| | - INDUSTRIE | \$ 30 / TONNE |
| | - GOUVERNEMENT (TRANSFERT À L'INDUSTRIE QUÉBÉCOISE DU BOIS DES SUBSIDES ACCORDÉS À L'INDUSTRIE PÉTROLIÈRE ÉTRANGÈRE) | <u>23 / TONNE</u> |
| | | <u>\$ 53 / TONNE</u> |

Une grande expérience

ROBINETTERIE EN MATIÈRE PLASTIQUE

G+F une marque de commerce U.S. depuis 1915.

+GF+

ROBINET COMPACT
intégralement moulé.

De 1/2" à 2"

Pression d'utilisation maximum 150 PSI

- corps du robinet en PVC
- sièges en teflon
- joints en buna 'N'



Robinet à bille avec servo-mécanisme électrique
3/8" à 2"



Soupape de retenue à bille
3/8" à 3"



Robinet à bille à trois voies
3/8" à 1-1/4"



Robinet de dosage à bille avec cadran.
3/8" à 1/2"



Robinet à bille avec double côtes de montage.
3/8" à 3"



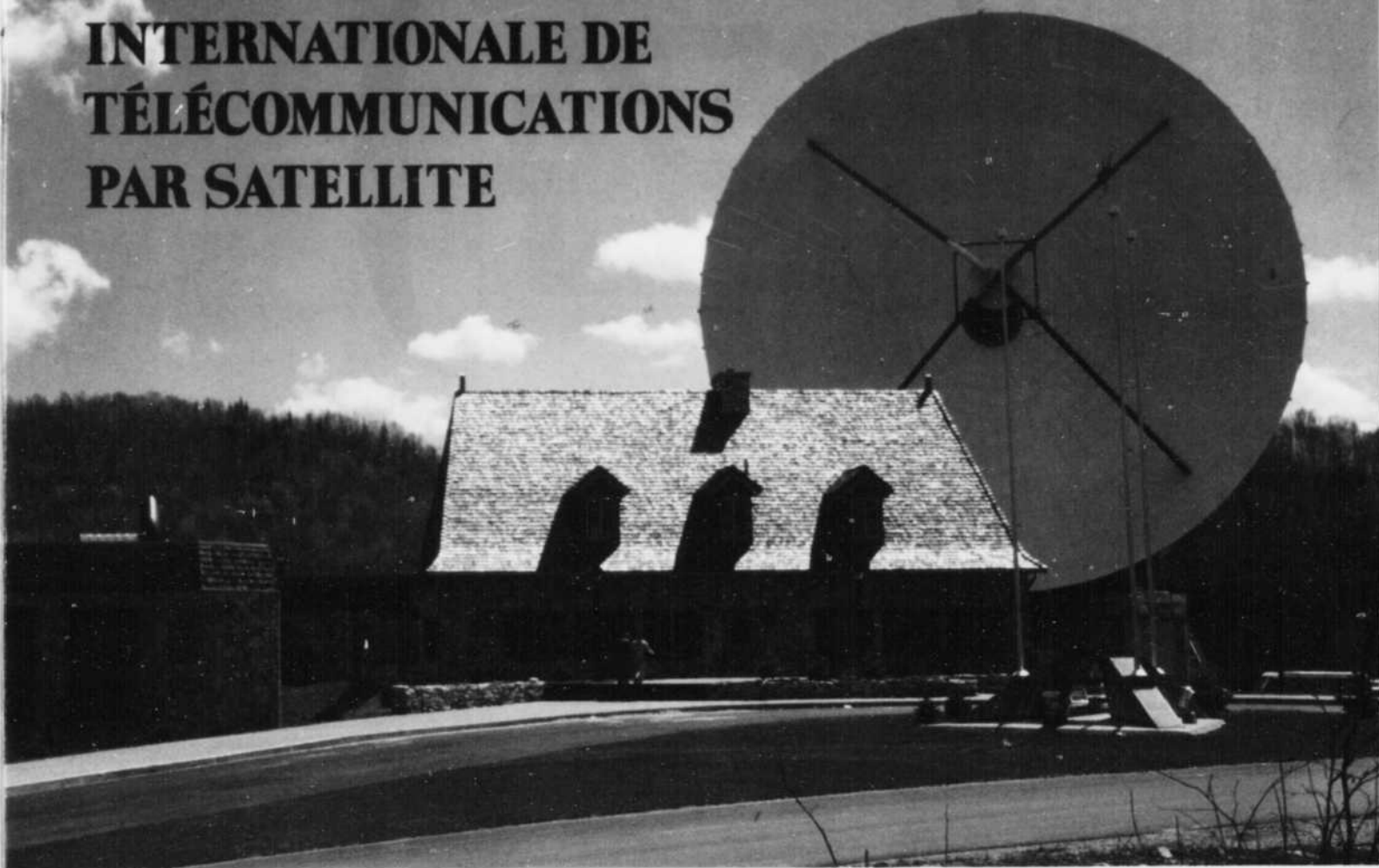
Robinet à bille avec servo-mécanisme pneumatique.
3/8" à 2"

LES ÉQUIPEMENTS DE

Contrôle Davis
LIMITÉE

10500 CÔTE DE LIESSÉ SUITE 122 L'ACHINE QUÉBEC H8T 1A4
MONTREAL 514-631-3552
et dans d'autres grandes villes du Canada

LES ÉQUIPEMENTS DE FEDERAL PIONEER ALIMENTENT LA STATION TERRIENNE INTERNATIONALE DE TÉLÉCOMMUNICATIONS PAR SATELLITE



La station des Laurentides est située à Weir, au Québec, et fait partie du réseau Intelsat de télécommunications internationales.

Cette installation rurale éloignée des grands centres urbains a nécessité des équipements d'une grande qualité et d'une fiabilité à toute épreuve pour ses systèmes hautement automatisés. Les trois sous-systèmes principaux de l'alimentation sont interconnectés grâce aux équipements basse tension de Federal Pioneer, assurant une distribution fiable et une protection intégrale.

Dans ce type d'application aussi sophistiquée, c'est Federal Pioneer qui a conçu et fabriqué le matériel moyenne et basse tension à blindage métallique ainsi que les transformateurs à refroidissement liquide ou par air. Il est possible de fournir cet appareillage en sous-systèmes séparés ou en sous-stations individuelles totalement intégrées.

Parmi les systèmes offrant une protection totale, figurent les relais à semiconducteurs de surtension et de défaut à la terre, les systèmes de protection instantanée par sélection de zone (ZSIP) ainsi que les modules d'alarme/coupeur type DSP, spécialement mis au point par Federal Pioneer.

Federal Pioneer dispose de 13 usines à travers le Canada, s'appuyant sur 20 points de vente, assurant la plus prompte assistance technique souhaitée.

Enfin, Federal Pioneer possède les produits et la capacité de service conformes à vos besoins et à votre réputation.

Pour des renseignements détaillés sur nos produits, consultez le point de ventes Federal Pioneer le plus proche.



FPÉ

**FEDERAL
PIONEER**



LA CIE FEDERAL PIONEER LTÉE

Bureaux de ventes dans les principales villes canadiennes.



Économiser l'énergie,

une responsabilité plus grande pour certains

Étant donné que l'énergie se fait rare et coûte de plus en plus cher, il est impérieux de l'économiser. Encore aujourd'hui, une partie importante de l'énergie consacrée au chauffage des maisons est consommée en pure perte. Il fut un temps où cette situation était tolérable, mais cette époque est révolue.

Celui qui bâtit une maison doit tenir compte de tous les facteurs qui favorisent l'économie de l'énergie. Les maisons d'aujourd'hui doivent être ce que seront les maisons de demain: des maisons qui font un usage efficace de l'énergie. Les consommateurs d'ailleurs l'exigent et l'efficacité énergétique est devenue un facteur clé dans le choix d'une nouvelle maison.

Les maisons construites suivant le Programme d'efficacité énergétique mis de l'avant par la Ligue de l'Électricité du Québec répondent aux exigences nouvelles des consommateurs. Ce programme comporte un ensemble de recommandations ayant trait à tous les aspects qui influent sur l'efficacité énergétique des maisons: isolation thermique, ventilation, chauffage, éclairage, chauffage de l'eau, etc.

L'attitude nouvelle des consommateurs et le comportement critique des acheteurs éventuels de maisons neuves prouvent que l'efficacité énergétique, c'est une responsabilité plus grande pour certains.

Il y va de l'intérêt de tous!

Ligue
de l'Électricité
du Québec



LES PROCÉDÉS DE CONVERSION ÉNERGÉTIQUE DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE: BILAN ET PERSPECTIVES D'AVENIR

Guy Drouin, ing.*

Le potentiel énergétique de la biomasse forestière est considérable ; il représente une source d'énergie inépuisable, puisque renouvelable. Plusieurs options, ou filières énergétiques existent déjà, ou sont en voie de développement pour récupérer ce qu'on pourrait appeler « l'énergie des arbres ». Le présent article décrit les deux grands modes de conversion énergétique de la biomasse : le mode thermo-chimique, qui regroupe les procédés de combustion, de gazéification, de pyrolyse et de liquéfaction, et le mode biochimique qui regroupe les procédés d'hydrolyse, de fermentation et de digestion anaérobique. Les perspectives d'avenir sont par la suite dégagées.

Introduction

Le potentiel énergétique théorique de la biomasse forestière est considérable ; il représente une source d'énergie inépuisable, puisque renouvelable. La forêt peut être considérée comme un vaste accumulateur où, année après année, une partie de l'énergie solaire y est stockée. Par photosynthèse, le dioxyde de carbone (CO_2) et l'eau (H_2O) sont en effet transformés en produits énergétiques supérieurs, sous forme de carbohydrates (CH_2O_n) et d'oxygène (O_2).

Si l'on excepte la Chine, où près de 40% du bilan énergétique total provient de la biomasse, définie ici dans son sens large comme étant une matière vivante ou autrefois vivante, la biomasse joue dans la plupart des pays industrialisés un rôle modeste, mais qui est appelée à prendre un essor considérable d'ici l'an 2000. La hausse des prix des combustibles conventionnels favorisera en effet les substitutions vers d'autres sources d'énergie plus locales, plus abondantes, plus verticales et plus économiques, telle la biomasse forestière.

C'est d'ailleurs dans cette perspective que le Gouvernement du Québec, lors de la publication du Livre Blanc sur l'énergie en 1978, fixait à 5% la part que devrait représenter les énergies nouvelles dans le bilan énergétique provincial en l'an 2000. La biomasse occuperait une place prépondérante parmi les énergies dites nouvelles. Celle-ci pourrait toutefois être appelée à devenir encore plus importante ; en effet, intégrée à un programme sylvicole approprié, l'utilisation de la biomasse aux fins énergétiques offre à l'industrie et à la société la possibilité de remettre en production, avec des essences appropriées, d'importantes superficies forestières [1].

Le présent article décrira donc brièvement les diverses filières énergétiques et leurs procédés pour convertir la biomasse forestière en produits énergétiques de valeur ; il conclura sur les perspectives d'avenir, en décrivant les principaux enjeux technologiques actuellement en cause.

*

M. Guy Drouin, ing., MBA, est le coordonnateur du présent numéro.

Les procédés de conversion

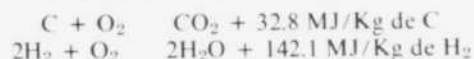
Plusieurs options ou filières énergétiques existent pour récupérer ce qu'on pourrait appeler « l'énergie des arbres ». Ce n'est, en effet, que par le développement d'une technologie appropriée qu'il sera possible d'ici la prochaine décennie de surmonter l'obstacle majeur à une utilisation à plus grande échelle de la biomasse forestière, soit sa très faible densité énergétique, et également de la transformer de façon à ce qu'elle puisse se prêter aux différentes utilisations dans les secteurs résidentiel, industriel, commercial et celui du transport.

On reconnaît actuellement deux grands modes de conversion énergétique de la biomasse, soit le mode thermo-chimique et le mode biochimique. Le premier mode regroupe les procédés de combustion, de gazéification, de pyrolyse et de liquéfaction, alors que le deuxième mode regroupe les procédés d'hydrolyse, de fermentation et de digestion anaérobique. La figure 1 illustre ces différents procédés et les produits qui en dérivent.

Les principaux aspects de chacun de ces procédés seront décrits dans les paragraphes qui suivent.

Combustion directe

La combustion est une réaction chimique exothermique qui combine l'oxygène de l'air et le carbone du bois pour former un dioxyde de carbone (CO_2), alors que la complète oxydation de l'hydrogène du bois donne un peu d'eau :



C'est le moyen le plus connu et le plus utilisé pour libérer l'énergie de la biomasse, afin de produire de la chaleur. L'industrie forestière récupère déjà une grande quantité d'énergie à partir du bois, grâce à la combustion des déchets de bois (écorce, sciure, branches) et des liqueurs usées des usines Kraft. Au Québec, l'industrie forestière brûle à l'heure actuelle environ 1 million de tonnes métriques anhydres d'écorce. D'après une étude récente, on estime que 9,3 millions de tonnes métriques anhydres de résidus peuvent être facilement récupérées, représentant un potentiel équivalent d'environ 2 milliards de litres d'huile no. 2 par année, ayant une valeur marchande d'environ 500\$ millions [2].

La façon la plus répandue d'utiliser les déchets de bois est de les brûler comme tels, à l'état vert, dans de grandes chaudières classiques et de récupérer la chaleur sous forme de vapeur dans des chaudières à écran d'eau. Les compagnies

vant être brûlé comme supplément ou substitut au charbon ou à l'huile. Au Québec, toutefois, la mise en boulettes ne peut se justifier que si le lieu de production de la biomasse est éloigné de son centre de consommation[10]. Elle devra également soutenir la concurrence de sources d'énergie plus faciles à stocker, ou à manutentionner, comme le gaz naturel dont le Canada possède de grandes réserves.

Il est, en général, beaucoup plus rentable de pré-sécher les résidus de bois en récupérant les gaz d'échappement de la fournaise. Des systèmes intégrés de pré-séchage existent sur le marché, tel celui de Bahco, de Suède [11, 12] et de Thomson, des États-Unis. Une récente étude effectuée dans le cadre du projet de la centrale thermique de l'Outaouais conclue de la même façon.

Prix et rentabilité

Les résidus de bois possèdent un avantage économique certain pour la production de chaleur et/ou d'électricité. Le tableau II illustre les prix respectifs de différentes formes de combustible. À un prix moyen de 30\$/tonne anhydre, qui est un prix représentatif pour les résidus de bois provenant des scieries dans un rayon de 80 kilomètres dans le nord de l'Outaouais, et en tenant compte des facteurs d'efficacité énergétique, le prix moyen des résidus de bois est de

2,63\$/GJ, par rapport à 4,95\$/GJ pour le gaz naturel et 7,45\$/GJ pour l'huile no. 2. Toutefois, à l'investissement, les systèmes de combustion et de cogénération alimentés aux résidus de bois sont plus coûteux, compte tenu des systèmes de stockage et de manutention plus complexes. Une analyse coût-bénéfice déterminera la faisabilité technico-économique de chaque cas; règle générale, le taux de rendement interne sur l'investissement est positif, surtout s'il s'agit d'une entreprise forestière qui désire brûler ses propres déchets de bois.

Gazéification

La gazéification est une réaction chimique complexe se produisant lorsque l'on chauffe une matière organique dans un milieu pauvre en oxygène. Le gaz produit renferme de l'hydrogène (H₂), du monoxyde de carbone (CO), du bioxyde de carbone (CO₂) et des hydrocarbures à forte teneur en azote (N₂), si l'air est utilisé à la place de l'oxygène pure (O₂). C'est un gaz de faible teneur énergétique (4 MJ/m³) qui peut être brûlé sur place pour la production de chaleur, ou utilisé dans une turbine à gaz ou un moteur diesel. Le gaz ainsi produit ne convient pas très bien à la conversion chimique, puisqu'il renferme un grand excédent d'azote qu'il faut extraire pour créer un gaz de synthèse. L'utilisation de catalyseurs tels la cendre ou l'oxyde de calcium (CaO) peut

TABLEAU I


| DENSITÉ ÉNERGÉTIQUE DE DIFFÉRENTS PRODUITS ÉNERGÉTIQUES | | | | | | | |
|---|------------------|-----------------|----------------------|--|------------------------------|-------------------|--|
| | BTU/lb (brut) | Efficacité % | MMBTU/tonne (net) | Densité en vrac (lb/pi ³) | BTU/pi ³ (net) | GJ/m ³ | %  |
| Résidus en vrac | 4,350 | 62 | 5.39 | 20 | 53,940 | 20.1 | 1.00 |
| Résidus séchés | 7,400 | 76 | 11.25 | 15 | 84,360 | 31.4 | 1.56 |
| Boulettes | 8,500 | 78 | 13.26 | 40 | 265,520 | 98.9 | 4.92 |
| Charbon | 13,000 | 78 | 20.28 | 55 | 557,700 | 207.7 | 10.34 |
| Huile no. 2 | 19,665 | 83 | 32.64 | 51 | 832,320 | 310.1 | 15.43 |
| Huile no. 6 | 19,430 | 83 | 32.25 | 55 | 886,880 | 330.4 | 16.44 |

TABLEAU II

| PRIX COMPARATIF DES BOULETTES PAR RAPPORT AUX COMBUSTIBLES CONVENTIONNELS ET L'ÉLECTRICITÉ, POUR LA PRODUCTION DE VAPEUR | | | | | | |
|--|----------------------|------------|---------------------|-------------------------|----------------|-------|
| | BTU | Efficacité | BTU (net) | \$ | \$/MMBTU (net) | \$/GJ |
| Résidus en vrac | 4,350/lbs | 62% | 2697/lbs | 15/tonne | 2.78 | 2.63 |
| Boulettes | 8,500/lbs | 78% | 6630/lbs | 64/tonne ⁽¹⁾ | 4.83 | 4.58 |
| Huile # 2 | 168,000/gal | 82.5% | 138,600/gal | 1.09/gal ⁽²⁾ | 7.86 | 7.45 |
| Huile # 6 | 172,000/gal | 82.5% | 141,900/gal | 0.87/gal ⁽³⁾ | 6.13 | 5.81 |
| Électricité | 3413/KwHr | 90% | 3071/KwHr | 2.4¢/KwHr | 7.81 | 7.40 |
| Gaz naturel | 1000/pi ³ | 77% | 770/pi ³ | 4.02/pi ³⁽⁴⁾ | 5.22 | 4.95 |

(1) Coût de la matière première — \$30/tonne anhydre ou \$15/tonne verte (courte)

(2) Prix 1982 : 24¢/litre FOB utilisateur — Montréal (Réf : Gulf Canada)

(3) Prix 1982 : 19¢/litre FOB utilisateur — Montréal (Réf : Gulf Canada)

(4) Prix 1981 : pour une consommation annuelle de 36,000 Mpc, à Montréal (1000 m³)

grandement améliorer la production de gaz à teneur énergétique plus élevée [13]. Toutefois, la production de gaz de synthèse pour transformation subséquente en méthanol (CH_3OH) ou en d'autres produits énergétiques à pouvoir calorifique plus élevé (ammoniac - NH_3 , hydrogène - H_2 , méthane - CH_4) sera possible en choisissant un gazogène utilisant l'oxygène pure comme carburant [14]. La figure 3 illustre les différentes filières de transformation. Il semble que la voie ouverte par la production de méthanol à partir du gaz de synthèse soit celle qui offre les meilleures perspectives d'avenir, même si le rendement énergétique du procédé est faible (environ 38%). C'est l'option décrite par MM. Chamberland et Laurin dans ce numéro. Le marché potentiel du méthanol est, en effet, considérable : mélangé dans une proportion d'environ 1:10 avec l'essence, le méthanol peut être une solution attrayante vers la recherche de substitut valable au pétrole importé. À moyen terme, grâce au développement d'un nouveau procédé mis au point par Mobil Oil Corp., le méthanol peut être transformé en essence à indice d'octane élevé. Des projets de construction d'usines sont en planification en Nouvelle-Zélande [15], aux États-Unis et en Allemagne de l'Ouest.

La technologie de la gazéification se perfectionne de plus en plus. Les efforts en recherche et en développement ont donné des résultats concrets avec, entre autres, la mise en opération d'un gazogène commercial à Hearst, en Ontario, mis au point par la Société Omnifuel. D'autres sociétés sont actives dans le domaine, telles la Westwood Polygas, en Alberta, la Union Carbide qui a développé le système Purox, Andco-Torrax, Erco et Forest Fuels Inc., aux États-Unis. Les prochaines années verront des développements technologiques rapides dans ce domaine.

Pyrolyse ou carbonisation

La pyrolyse est définie comme étant la décomposition physico-chimique de matière organique en l'absence d'oxygène. Les sous-produits de la pyrolyse sont le charbon de bois (28 MJ/Kg), une huile lourde appelée huile pyrolytique ou pyroligneux (22 MJ/Kg) et un gaz à basse teneur énergétique (4 MJ/m³).

Selon la façon dont sont fixées les variables de contrôle du procédé (température, pression, vitesse de carbonisation), il est possible de produire à des proportions variables les trois sous-produits. Typiquement, une tonne de résidu de bois à 50% de teneur en eau peut produire 160 kg de charbon de bois, 41 litres d'huile lourde, et 325 m³ de gaz. Règle générale, le gaz à faible teneur énergétique est brûlé sur place pour sécher le bois. La figure 4 illustre un cas typique d'un pyrolyseur mis au point par la société Tech Air Corp.

On distingue deux types de pyrolyse : la pyrolyse à vitesse lente et la pyrolyse à vitesse rapide (flash pyrolysis). Tech Air Corp, d'Atlanta, Georgie, est une des entreprises actives dans le domaine de la pyrolyse à vitesse lente [16]. L'huile pyrolytique est équivalente à l'huile lourde no. 6 ; elle est toutefois très visqueuse et souvent malpropre.

Des recherches se poursuivent toutefois pour tirer de cette huile, par méthode de fractionnement, des produits chimiques à haute valeur ajoutée, tels l'acétol, le gaïacol, le pyrocatechine [17]. La pyrolyse à vitesse rapide, expérimentée, entre autres, par Occidental Research Corp [18] et Diabold and Associates [19], génère dans une grande proportion une huile riche en oléfines qui peut, par synthèse chimique, être convertie en alcools, glycols, éthers, essence, etc.

En conclusion, la pyrolyse du bois est une technologie en développement qui offre une gamme variée de produits potentiels. Aucune installation commerciale n'a été à ce jour installée.

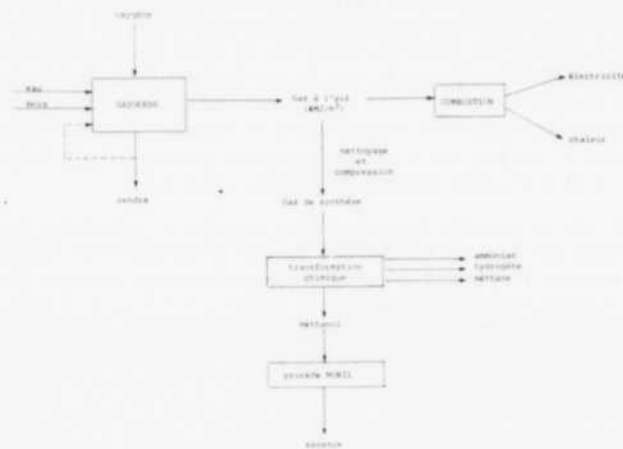


Figure 3 - Gazéification.

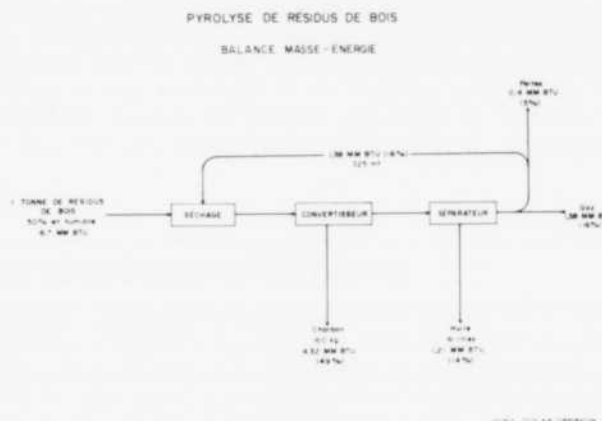


Figure 4

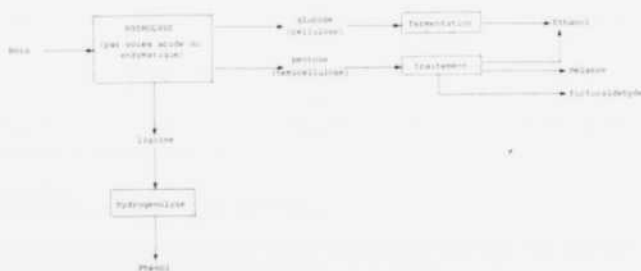


Figure 5 - Hydrolyse.

Liquéfaction catalytique

La liquéfaction catalytique, également appelée hydrogénation ou carboxilyse, est une réaction de réduction où le monoxyde de carbone (CO) réagit avec la matière cellulosique à des températures de 250 à 350°C et à des pressions de 70 à 350 atmosphères.

Le combustible liquide produit ressemble à l'huile no. 6 ; il possède toutefois un pouvoir calorifique plus faible, soit environ 30 MJ/Kg. Dans le procédé original, développé par le U.S. Bureau of Mines en 1974, le monoxyde de carbone (CO) est utilisé comme agent réducteur, avec la vapeur et/ou l'hydrogène, en présence d'un catalyseur (Na_2CO_3 ou HCO_2Na), à une température de 350°C et à une pression de,

340 atmosphères. Dans ces conditions, une huile lourde est produite : toutefois, le matériel contenant un taux élevé de lignine se prête mal à la réaction catalytique.

Une unité expérimentale de production a été par la suite mise en opération, à Albany, Oregon. La haute viscosité de l'huile et son impureté posent certains problèmes. Les recherches actuelles visent à régler ces questions [20].

Hydrolyse

Le bois est principalement composé de cellulose, de hémicellulose (polysaccharides) et de lignine dans des proportions moyennes de 40%, 25% et 25%. La cellulose peut être hydrolysée sous l'action d'acide ou d'enzymes en sucre de bois ou glucose qui, par fermentation, au moyen de levure, produira, entre autres, de l'éthanol ou un ensemble de produits chimiques plus complexes (figure 5). Ces procédés ont connu une certaine popularité dans le passé et suscitent actuellement un regain d'intérêt, au Canada, avec les activités de Iotech Corp. dans ce domaine, aux États-Unis, avec l'Université de New York, au Japon et en Europe. Avec l'utilisation grandissante d'éthanol produit à partir de déchets agricoles aux États-Unis (maïs) et au Brésil (cane à sucre) comme essence, une attention particulière est naturellement portée vers les procédés de fabrication à partir de matière cellulosique. Aujourd'hui, le procédé de fabrication d'éthanol supporte difficilement la concurrence, au plan économique, avec celui du méthanol.

En effet, les procédés d'hydrolyse par action d'acide, tels ceux de Scholler-Torensch, Madison, Rheinau-Udic, Hokkaido et Noquichi-Chisso, causent une certaine dégradation des polysaccharides contenues dans le bois, ce qui abaisse le rendement en sucre fermentable.

Les procédés d'hydrolyse enzymatique peuvent toutefois grandement améliorer les rendements en sucre, tout en rendant les sous-produits de l'hydrolyse, l'hémicellulose et la lignine, aptes pour la production de produits chimiques à haute valeur ajoutée. La lignine du bois peut, en effet, être transformée en phénol ou en différents agents liants, alors que l'hémicellulose peut donner des mélasses ou, par fermentation additionnelle, de l'éthanol. Iotech Corp. et Stake Technology, d'Ottawa, sont très actifs dans ce domaine. D'après les études en cours, il semble que la production d'éthanol par voie enzymatique à partir de fibre cellulosique puisse être une voie très prometteuse. En effet, comme le souligne un rapport récent du comité sénatorial sur les énergies de remplacement [22], avec le développement de nouvelles enzymes hydrolytiques, de nouveaux organismes de fermentation génétiquement structurés et de nouveaux moyens de séparation et d'utilisation de la lignine dérivée par ce procédé, la production d'éthanol à partir de matières cellulosiques a de fortes chances de s'imposer comme une excellente énergie de remplacement.


Digestion anaérobie

La digestion anaérobie est la transformation, sous l'action de bactéries en l'absence d'oxygène, de matière organique. Dans ce processus, on produit un mélange gazeux composé principalement de méthane (CH₄) et de gaz carbonique (CO) selon des proportions variées. Les matières cellulosiques se prêtent mal au processus de digestion à cause de la présence de lignine.

Perspectives d'avenir

Comme nous venons de le voir, les procédés de conversion de la biomasse en énergie et en produits chimiques sont variés, simples ou complexes, et peuvent être adaptés à une

gamme très étendue de situations particulières. La combustion directe demeure et demeurera encore pendant un certain temps le moyen privilégié de convertir l'énergie de la biomasse en chaleur et en électricité, notamment auprès de l'industrie forestière. Les développements des techniques de préparation du combustible ligneux par densification ou séchage permettront d'améliorer grandement les rendements.

Toutefois, à moyen terme, la transformation de la biomasse, aux stades intermédiaires comme au dernier stade, a pour principal objectif de produire un combustible liquide. L'essence est, à volume égal, plus énergétique que ses concurrents. L'énergie y est concentrée ; en outre, c'est un produit familier. Les filières énergétiques pour produire un combustible à haute densité énergétique tel le méthanol et l'éthanol sont multiples. La gazéification du bois et l'hydrolyse par voie enzymatique demeurent des voies qu'il faut continuer à explorer sur les plans technologiques et économiques jusqu'à ce qu'elles permettent la commercialisation d'un carburant alcoolisé comme option de remplacement au pétrole. Toutefois, dans plusieurs cas, les rendements économiques ne justifient pas encore une commercialisation de ces procédés et les efforts en recherche et développement doivent se poursuivre. Le Québec, grâce à l'importance de ses ressources forestières et techniques, possède tous les atouts nécessaires pour réaliser une percée importante dans ce domaine. La société d'État Nouveler Inc., nouvellement créée par le gouvernement, peut devenir un outil privilégié qui permettra d'assurer au Québec un leadership dans ce domaine d'avenir. 

RÉFÉRENCES

1. DROUIN, G., *Total Utilization of the Mixed Hardwood Forests in Quebec and in the Outaouais*, Forest Products Research Society, spring meeting, Montreal, May 1981.
2. LUSSIER, L.J., *Les disponibilités de biomasse forestière au Québec et leurs perspectives d'utilisation*, Revue L'INGÉNIEUR, sept-oct. 81.
3. B.H. Levelton and Associates Ltd., *An Evaluation of Wood Waste Energy Conversion Systems*, EMR, Ottawa, March 1978.
4. A. JUCHYMENKO, *Cogeneration Potential in Ontario and the Joint Venture Approach*, Proceedings of seminar - The Economics of Industrial Cogeneration of Electricity, Toronto, Dec. 1978.
5. DROUIN G., BOUCHER L.-G., *Projet d'implantation et développement d'une usine d'énergie à base de bois, identification et analyse des filières énergétiques*, Centre intégré de transformation et d'utilisation forestière de la Haute-Gatineau, S.A.O.-Hydro-Québec, avril 1979.
6. R.W. NEARY, *Gas Turbine and its Economics*, Solar Turbines International, San Diego, 1979.
7. Erco Energy Resources Co. Inc., *Fluidized Bed Gasification of Wood Wastes*, Cambridge, Massachusetts, 1979.
8. Canadian Electrical Association, *Utilization of Wood and Other Biomass for Small Scale Electric Power Generations*, 1978.
9. J.L. STAFFORD, *Densified Processed Biomass Fuels: a glossary*, Guaranty Performance Co., Independence, Kansas, April 1980.
10. G. DROUIN, *Fabrication et mise en marché de la boulette de bois au Québec et aux États-Unis*, S.A.O., mai 1981.
11. Bo Christer FERM, *Integrated Approach to Bark Burning Increases Fuel Efficiency*, AB Bahco Ventilation, Enköping, Suède, 1977.
12. Bo FERM, Britt JERNQUIST, *Bark Drying Can Increase Boiler Efficiency and Boost Cogeneration*, Pulp and Papers, Sept. 1980.

13. R. OVEREND, *Gasification, An Overview*, Forest Products Research Society, proceeding no P-79-22, Feb. 1979.
14. A. CHAMBERLAND, M. LAURIN, *Usine pilote de production de méthanol à partir de la biomasse*, revue L'INGÉNIEUR, sept. 1981.
15. Anonyme, *New Transportation Fuels: Chose Your Alternatives*, Energy Report Canada, April 1981.
16. M.D. BOWEN, E.D. SMYLY, *A Vertical Bed Pyrolysis System*, Symposium of the American Chemical Society, March 1978.
17. Yvon SCHWOD, *La pyrolyse de matières ligneuses*, Actes du colloque franco-québécois sur l'énergie des biomasses, Montréal, 15 octobre 1979.
18. PRESTON, G.T., *Resource Recovery and Flash Pyrolysis of Municipal Refuse*, Occidental Research Corp., California, 1975.
19. DIEBOLD J.P. and G.D. SMITH, *Gasoline from Solid Waste by a Non-Catalytic Thermal Process*, 178th ACS National Meeting, Washington DC, 1979.
20. T.E. LINDEMUTH, *Investigations of the Perc Process for Biomass Liquefaction of the Department of Energy, Albany, Oregon Experimental Facility*, Symposium of the American Chemical Society, March 1978.
21. B. RUGG, W. BRENNER, *Utilization of the New York University Continuous Acid Hydrolysis Process for Production of Ethanol from Waste Cellulose*, Proceedings, Bio-Energy 80', April 1980.
22. Comité spécial de la Chambre des Communes du Canada, *Les énergies de remplacement*, Ottawa, mai 1981.



Les Entreprises Réfac Inc. ont le plaisir d'annoncer la nomination de M. Gerald Bourgault B. SCA. Ing. à titre de gérant des ventes.

M. Bourgault est membre de l'Ordre des Ingénieurs du Québec, de la société A.S.H.R.A.E. et de R.S.E.S. L'expérience qu'il a acquise en réfrigération et climatisation en passant 23 ans chez Keeprite Inc. sera un atout précieux pour notre société.

Les entreprises Réfac Inc. comptent parmi les plus importants grossistes du Canada en réfrigération et climatisation distribuant notamment les lignes Keeprite, Tecumseh, Prestcold, Sporlan, Electrohome.



Lavalin

Partout au Canada et dans le monde. Siège social: Montréal

INGÉNIERIE APPROVISIONNEMENT CONSTRUCTION

GÉRANCE DE PROJETS ET DE CONSTRUCTION

PLANIFICATION ETUDES RELEVÉS ESSAIS

**BOUTHILLETTE
PARIZEAU
& ASSOCIES**

INGÉNIEURS-CONSEILS
Mécanique - Électricité

9825, rue VERVILLE

Montréal H3L 3E1

Téléphone (514) 387-3747

INSPEC-SOL INC.

Etudes de fondation
Contrôle de compaction
Géologie de l'ingénieur

Essais sur les matériaux
Laboratoire de sols
Contrôle de vibrations



MONTREAL, QUÉ
5762 Ave Royalmount
Tél: 514-731-7316

KINGSTON, ONT
745 Burnett St
Tel: 613-389-9812



Beauchemin - Beaton - Lapointe Inc.
CONSULTANTS

génie, planification
et services
multidisciplinaires

1134 (ouest) rue Ste-Catherine, Montréal, Québec H3B 1H4

DESCRIPTION DU PROJET D'USINE DE MÉTHANOL AU QUÉBEC

Yves Lévesque, ing. F.^o

Le dossier relatif à la construction d'une usine de démonstration pour la fabrication de méthanol a reçu l'approbation du Conseil des Ministres du gouvernement québécois tôt au printemps 1981. En plus d'une diminution de la dépendance énergétique du Québec, l'implantation de cette première usine et de plusieurs autres, si la faisabilité en est démontrée, sous-tend une série d'objectifs très significative pour l'économie du Québec. Entre autres, ce projet vise une utilisation plus complète des arbres et de la forêt, et le développement d'une technologie de transformation de la biomasse en carburant. Cet article présente donc sommairement ce projet tel qu'il fut planifié.

Introduction

L'embargo de 1973 par les pays arabes sur les exportations de pétrole nous a fait réaliser, dans la plupart des pays industrialisés, notre forte dépendance face au pétrole importé comme source première de la production de notre énergie. Le Canada et plus particulièrement le Québec ne font pas exception. Cette incertitude face aux approvisionnements et la montée des prix qui se fait de plus en plus sentir nous permettent de justifier des options de remplacement au carburant fossile. Parmi les options possibles pour le Québec, les résidus forestiers pourraient contribuer de façon significative à la diminution de cette dépendance.

C'est dans cet ordre d'idées qu'en juillet 1977, le ministère des Terres et Forêts à l'époque commandait une étude d'avant-projet sur la possibilité d'implanter une usine productrice de méthanol à partir de bois. Les conclusions encourageantes de cette étude incitèrent à poursuivre les travaux et à recommander la formation d'un comité composé de représentants de l'I.R.E.Q., du C.R.I.Q., de REXFOR et du nouveau ministère de l'Énergie et des Ressources (1). Le comité avait pour mandat d'élaborer un projet de démonstration pour un site précis au Québec. Ce projet de démonstration a

1) Cet article résume les résultats des travaux du comité composé par MM. Paul La Rue et Paul Toupin du C.R.I.Q., André Chamberland et Michel Laurin de l'I.R.E.Q., Bernard Charette et Jean-Marie Bellavance de REXFOR, Gérard Gagné et Yves Lévesque du ministère de l'Énergie et des Ressources.

* M. Yves Lévesque, ing. f., a obtenu son baccalauréat à l'Université Laval en 1971 et sa maîtrise en sciences forestières à l'Université de Colombie-Britannique en 1975; il est présentement à l'emploi du Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec.

d'ailleurs, depuis quelques mois déjà, reçu l'approbation du Conseil des Ministres du gouvernement québécois et l'on pourra voir une usine s'ériger dès le printemps de 1982. Le maître d'œuvre du projet est la corporation NOUVELER Inc., qui a été formée en janvier 1980 pour le développement industriel dans le domaine des énergies nouvelles.

Cet article présente donc une brève description de ce projet de démonstration ainsi que des objectifs poursuivis par le projet. De plus, cet article peut servir d'introduction à celui de MM. André Chamberland et Michel Laurin, lequel donne tous les détails sur les aspects techniques du procédé qui sera mis en place pour transformer la biomasse en méthanol.

Les objectifs du projet

En plus d'une diminution de la dépendance énergétique du Québec, l'implantation de cette première usine et de plusieurs autres, si la faisabilité en est démontrée, sous-tend une série d'objectifs très significatifs pour l'économie du Québec. Parmi ceux-ci mentionnons: l'utilisation plus complète des arbres et de la forêt, et le développement d'une technologie de transformation de la biomasse en carburant.

En effet, un des objectifs premiers du projet est de favoriser une utilisation plus complète de la forêt par une exploitation des peuplements forestiers impropres à l'industrie du sciage et des pâtes et papiers. Actuellement, notre industrie forestière n'exploite qu'un nombre restreint d'essences forestières en raison des exigences des marchés pour des qualités définies de produits finis. En conséquence, les peuplements forestiers ne contenant qu'un faible volume de ces essences désirables deviennent économiquement inexploitable et sont souvent considérés comme dégradés.

L'ensemble des forêts dégradées se situe surtout dans la zone de banlieue, c'est-à-dire dans un rayon de 65 kilomètres des centres de population, donc des territoires à proximité de nos usines. De plus, une coïncidence malheureuse fait que ces territoires sont également les plus propices pour effectuer l'aménagement intensif à cause de sites forestiers à fort potentiel et de classes de difficultés d'opérations réduites. Dans une perspective à long terme, il est urgent de revaloriser ces territoires pour assurer l'approvisionnement et la position concurrentielle de notre industrie actuelle. En effet, un reboisement avec des essences désirables permettrait à notre industrie des pâtes et papiers, et du bois-d'œuvre, de conserver ses marchés et de diminuer ses coûts d'approvi-

sionnement surtout par une réduction des distances de transport. Pour ce faire, il nous faudra enlever la forêt dégradée et la solution la plus plausible sera sans contredit de trouver des débouchés pour cette fibre afin de réduire au minimum les coûts de préparation du terrain. L'exploitation de ces forêts dégradées se traduirait par des quantités de biomasse excédentaire très considérables. De plus, si l'on ajoute à ces quantités les millions de tonnes de bois sous la forme de branches, houppiers, arbres cassés et d'arbres non marchands, abandonnés sur les parterres de coupe chaque année, la quantité totale de biomasse (biomasse aérienne sous aménagement extensif) disponible immédiatement s'établirait à 16 millions de tonnes métriques anhydres annuellement (pour plus de détails, le lecteur peut référer à l'article de M. Louis-Jean Lussier).

Aux usines, la transformation des arbres en pâte, en papier ou en bois-d'œuvre, génère également une quantité importante de résidus sous formes d'écorces, de sciures et de bouts d'arbres cassés. Il y a quelques années ceux-ci demeureraient inutilisés, mais depuis la crise de l'énergie, un bon nombre d'industries s'en servent pour chauffer leurs bâtiments et pour sécher leurs produits finis. On évalue toutefois qu'il reste encore inutilisé un minimum de 1 000 000 de tonnes de bois anhydre actuellement. Ces résidus de transformation sont présentement une source importante de pollution, ceux-ci étant enfouis ou brûlés dans l'air.

Ces 17 millions de tonnes métriques de matière ligneuse anhydre représentent plus que toute l'utilisation actuelle par l'industrie des pâtes et papiers et du bois-d'œuvre. Cette énorme quantité de matière ligneuse présente donc un potentiel considérable pour du développement industriel. La rareté de la fibre de bonne qualité et des coûts de récolte de plus en plus élevés feront que l'industrie des pâtes et papiers, du bois-d'œuvre et des panneaux d'agglomérés s'orientera de plus en plus vers l'utilisation de cette biomasse excédentaire, mais une forte proportion pourra servir également à la production d'énergie sous toutes ces formes, dont le méthanol.

Le passage du bois au carburant liquide nécessite toutefois la mise au point d'une technologie de transformation. Le développement de cette technologie constitue un autre objectif très important de ce projet de démonstration.

La complexité des moyens à mettre en œuvre pour la fabrication de méthanol est grandement influencée par le type de matière utilisée. Ainsi, les hydrocarbures légers sont convertis en gaz en une seule opération, alors que tous les autres liquides ou solides exigent de quatre à six opérations suivant le cas. C'est cette complexité d'opérations alliée à la disponibilité du gaz naturel qui ont amené dans les années 50, les usines américaines du méthanol utilisant le charbon comme matière première à effectuer la conversion en faveur du gaz naturel. La fabrication de méthanol à partir du bois exige la mise en place du même genre de procédés que ceux qui existaient autrefois dans les usines alimentées au charbon.

Avec les bois, la première de ces opérations est la gazéification. La gazéification consiste simplement en un brûlage contrôlé de la substance combustible bois de manière à produire un mélange de gaz (H_2 , CO , CH_4 , N_2 , O_2 , C_2H_2 , C_2H_4 , CO_2) contenant du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. Une comparaison de différents procédés est présentée dans l'article de M. Guy Drouin.

Le méthanol, dont la formule chimique est CH_3OH , est formé par le mélange d'hydrogène et de monoxyde de carbone dans la proportion 2 à 1.

Des nombreux réacteurs industriels pouvant être utilisés comme gazogènes, un seul, celui à lit fluidisé, répond aux critères requis, compte tenu de la forme de matière première

qui sera utilisée (copeaux de bois, sciures, écorces, tourbe). Les gazogènes à lit fluidisé sont des réacteurs cylindriques verticaux dans lesquels un lit de fines particules solides est maintenu en mouvement par écoulement ascendant de gaz. Ces réacteurs ont déjà été utilisés pour la gazéification du bois à la pression atmosphérique en utilisant de l'air et de l'air enrichi. Il a également été démontré à l'échelle de laboratoire qu'un tel gazogène à bois peut aussi être opéré sous pression. Les experts s'accordent à dire que la prochaine étape est la construction d'un tel gazogène industriel pressurisé et alimenté à l'oxygène. Les justifications techniques de ce procédé sont présentées à l'article de MM. André Chamberland et Michel Laurin de ce même numéro de la revue L'INGÉNIEUR.

Les autorités gouvernementales ont reconnu les difficultés que comporte le report à grande échelle des techniques mises au point sur des gazogènes alimentés au bois en laboratoire ou dans de petites installations pilotes et ont maintenant décidé de construire un gazogène à échelle industrielle. La gazéification constituera donc la première phase du projet complet de l'usine de méthanol.

La deuxième phase du projet méthanol consistera à produire celui-ci à partir de l'hydrogène et du monoxyde de carbone; ce procédé de synthèse fait appel à des techniques très répandues et bien connues.

Localisation du projet

Même avec le caractère expérimental de ce projet, le choix du site pour l'implantation de l'usine s'est fait à partir de considérations économiques et en y supposant une faisabilité technique.

L'étude d'avant-projet nous apporta un éclairage sur des points très importants, dont le coût d'approvisionnement en bois sur le coût de production par rapport à l'ampleur du projet (le coût d'approvisionnement compte pour 35 à 50% du coût de production). Le coût du bois et des résidus varie considérablement d'un endroit à l'autre et dépend de plusieurs facteurs tel que les moyens de récolte, les distances de transport et les alternatives d'utilisation. Présentement, on estime que le coût moyen d'approvisionnement en bois, pour une usine d'énergie, en provenance des forêts dégradées avec un rayon maximum d'approvisionnement d'environ 80 kilomètres, serait de 35-40\$/t.m.a. Des coûts de cette importance éloignaient dans le temps la rentabilité du projet. Une façon de diminuer l'importance des coûts d'approvisionnement fut de localiser le projet dans un endroit propice pour l'alimenter avec des résidus d'usines (écorces et sciures) qui ne coûtent pratiquement que le prix du transport.

Disposer des résidus d'usines par la production de méthanol ne constitue pas nécessairement un objectif, on vise beaucoup plus une utilisation massive de la forêt dégradée et des résidus de coupe. Toutefois, l'utilisation des résidus d'usines est critiquée pour rentabiliser ce premier projet. Le prix du pétrole s'accroissant rapidement, le seuil de rentabilité pour l'utilisation des forêts dégradées sera vite atteint nous permettant ainsi de rencontrer notre objectif premier.

Le site le plus approprié pouvant fournir tous les résidus d'usines nécessaires au plus bas coût fut identifié comme étant Saint-Just-de-Bretonnières. De plus, les autres caractéristiques militent en faveur de ce site sont la disponibilité d'un chemin de fer et la présence d'une rivière importante. Selon nos estimés, les scieries avoisinant St-Just-de-Bretonnières peuvent fournir de 100,000 à 120,000 tonnes de résidus anhydres/année au coût moyen de 10-12\$/tonne anhydre considérant uniquement le coût de transport. La disposition de ces résidus par brûlage ou enfouissement coûte déjà de 2 à 3\$/tonne aux industriels du sciage.



Déchets forestiers abandonnés sur un parterre de coupe.
(Photo : Direction des communications du MER du Québec)

Le passage à la forêt dégradée se fera graduellement avec les augmentations du prix du pétrole. Celle-ci est d'ailleurs très abondante dans le secteur advenant une expansion de l'usine.

De manière à diminuer les risques sur les investissements, l'implantation de cette usine sera, tel que mentionné plus haut, divisée en deux phases. Une première phase au coût de 15\$ millions, en dollars de 1981, servira à la construction et à la mise au point d'un gazogène de 10 tonnes anhydres/heure. Ce premier investissement inclut les coûts de fonctionnement pour la mise au point ainsi que les coûts pour les accessoires nécessaires pour la manutention et le séchage du bois. Cette première phase s'étendra sur une période de deux (2) ans du début de la construction à la prise de décision de poursuivre avec la deuxième phase.

La décision de procéder à la deuxième phase sera donc conditionnelle aux résultats obtenus dans la première. Cette phase consistera essentiellement dans l'installation des systèmes de réformage et de synthèse des gaz pour un investissement d'environ 28\$ millions, en dollars de 1981. Suite à ces ajouts, il faudra environ six (6) mois pour atteindre 60% de la production et l'on peut espérer une usine en pleine production quatre (4) ans après la levée de la première pelletée de terre.


Une fois en pleine production, cette usine transformera environ 85 000 tonnes de bois anhydres en 55 000 000 de litres de méthanol (44 000 tonnes de méthanol).

Le potentiel d'utilisation du méthanol carburant au Québec est selon des études de 900 000 000 litres/année pour des marchés captifs (les commissions de transport, le transport scolaire, les centrales thermiques et les turbines à gaz de l'Hydro-Québec, et tous les véhicules gouvernementaux) et de 1.350.000.000 de litres/année pour le transport en général si on mélangeait le méthanol avec l'essence dans une proportion de 1:6. Toutefois, les propriétés chimiques du méthanol pourraient provoquer des contraintes selon l'utilisation qui en serait faite. Ces obstacles ne sont pas insurmontables et peuvent même être contournés en poursuivant la transformation du méthanol à l'essence synthétique. La compagnie Mobil Oil possède déjà un procédé permettant de passer du méthanol à une essence synthétique qui est l'équivalent de l'essence sans plomb, ce qui a pour avantage d'éliminer toutes modifications de moteurs. Ce procédé pourrait être une suite logique aux deux phases précédentes. Si l'on poursuivait la transformation jusqu'à l'essence synthétique, la production serait d'environ 22.500.000 litres (on obtient ainsi une concentration du produit en éliminant des molécules d'eau : un gallon d'essence synthétique a un contenu énergétique de presque le double d'un gallon de méthanol).

Un défi

Tel que démontré, des quantités importantes de biomasse forestière sont présentement disponibles au Québec. De plus, cette quantité de biomasse pourrait être considérablement augmentée par de l'aménagement intensif, des plantations d'essences à croissance rapide et par la récolte des souches et racines. Toutefois, avant d'en arriver à une utilisation de tout ce potentiel forestier, il nous est primordial de trouver des utilisations, de développer des technologies de transformation et d'implanter des usines.

Le projet de démonstration d'une usine de méthanol est un exemple de réalisation possible. Mais le défi ne s'arrête pas uniquement au niveau de l'usine. En effet, plusieurs secteurs de recherches et développement auront à contribuer à cette nouvelle forme d'utilisation de la matière ligneuse. Par exemple :

- Les biologistes forestiers devront nous permettre de renouveler la biomasse actuelle (forêts dégradées, résidus de coupe et résidus de transformation) par des plantations énergétiques d'essences à croissance rapide sans fertilisation.
- Les ingénieurs en mécanique auront à développer des équipements adaptés aux coupes d'éclaircie et à la mise en copeaux sur les petites forêts privées.
- Les ingénieurs forestiers devront de plus en plus orienter les coupes vers une récolte complète de toute la fibre sur les parterres de coupe pour ensuite diriger les différents arbres ou parties d'arbres vers les utilisateurs désignés.
- Les écologistes devront établir les règles d'exploitation de la biomasse afin de diminuer l'impact sur l'environnement.
- Les chimistes devront poursuivre les recherches pour que l'utilisation des propriétés chimiques des arbres ne s'arrête pas uniquement au méthanol mais que l'on puisse dans un avenir rapproché retirer le maximum de tous les arbres. 

Exportation

Génie.

Système de chauffage électrique pour l'Indonésie . . . ingénierie industrielle pour un complexe manufacturier en Algérie . . . expansion d'une usine de traitement des minerais au Pérou . . . En 1980, plus de 1000 entreprises canadiennes se sont prévaluées des services de la SEE pour appuyer des ventes à l'exportation de \$5.1 milliards. Une grande partie de ces ventes provient du secteur canadien des ingénieurs-conseils.

Qu'il s'agisse d'une vente de mille dollars ou d'un projet de plusieurs millions, notre société fournit une vaste gamme de services d'assurances et de garanties aux exportateurs canadiens, de même que des crédits aux acheteurs étrangers afin de faciliter et d'accroître le commerce d'exportation.

Pouvons-nous vous aider? N'hésitez pas à nous contacter.

Après tout l'exportation est à l'avantage des ingénieurs-conseils.



Envoyez-nous votre
carte de visite
et nous
vous renseignerons
sur la SEE. LIN/10

Société pour l'expansion des exportations

C.P. 655, Ottawa, Canada K1P 5T9 Tél: (613) 237-2570 Télex: 053-4136
Succursales à Toronto, Montréal, Vancouver et Halifax.

USINE PILOTE DE PRODUCTION DE MÉTHANOL À PARTIR DE LA BIOMASSE

André Chamberland et Michel Laurin *

La production de méthanol à partir de la biomasse et de la tourbe présente pour le Québec une source formidable de carburant. Le présent article traite du projet de construction d'une usine pilote de production de ce carburant à partir de résidus de bois. La conversion du gaz de synthèse en méthanol ne présente pas en soi une innovation. Toutefois, ce qui distingue ce premier projet est l'utilisation et la mise au point de la technologie des gazogènes à lit fluidisé pressurisé à l'oxygène. Nous décrivons ici la façon dont l'usine pilote utilisera cette nouvelle technique, ainsi que les moyens employés pour mettre en valeur ce potentiel énergétique encore inexploité au Québec.

Introduction

Le projet pilote de production de méthanol à partir de la biomasse au Québec a pour but principal de mettre au point une technologie nouvelle qui permettra de remplacer une partie du pétrole importé par de la tourbe et du bois, disponibles au Québec. À la suite de ce premier projet, cette technologie pourra être appliquée à de plus grandes usines ici, et peut-être même à l'étranger.

La conversion en méthanol du gaz de synthèse produit à partir de la matière lignocellulosique est une technologie connue. L'innovation du projet consiste en la production de gaz de synthèse à partir du bois dans un gazogène à lit fluidisé, pressurisé à l'oxygène. Au cours de cet article, nous discuterons surtout de cette dernière technique qui sera implanté à l'usine pilote de Saint-Just-de-Bretenières.

* *M. André Chamberland a obtenu son doctorat en chimie physique en 1969 de l'Université de Sherbrooke. Après avoir participé à différents travaux sur la pollution atmosphérique et sur l'utilisation des déchets municipaux, M. Chamberland entrait au service de l'Institut de Recherche d'Hydro-Québec en 1970, où il est actuellement chef de programme, Énergie de la biomasse. M. Chamberland compte à son actif plusieurs publications et brevets sur la pyrolyse et la gazéification des déchets municipaux, agricoles et forestiers. Il est membre de l'Ordre des Chimistes du Québec et de plusieurs associations professionnelles.*

M. Michel Laurin, Ph. D. (spectroscopie moléculaire), a complété ses études universitaires à l'Université de Sherbrooke en 1977. Chercheur à l'IREQ depuis 1978, ses travaux ont porté sur l'étude de la cinétique des réactions chimiques ayant cours lors d'une pyrolyse ou d'une gazéification de la matière végétale; il a écrit, en collaboration avec M. A. Chamberland, plusieurs articles et conférences sur cette question.

Les auteurs remercient M. John Black de la société Les Gazogènes Omnifuel pour de précieux conseils et de judicieuses discussions lors de la préparation de cet article.

Potentiel québécois

Aux fins du projet actuel, seul le bois et ses dérivés, ainsi que certains résidus agricoles seront étudiés; parmi les dérivés du bois une attention particulière sera accordée à la tourbe.

Les études effectuées par notre groupe [1, 2] sur les diverses sources de biocombustibles, leur disponibilité et leur valeur calorifique, ainsi que les données fournies dans l'article précédent d'Yves Lévesque permettent d'établir le potentiel énergétique de la biomasse du Québec. Le tableau I présente un résumé de ces données ainsi que leur équivalence en tonnes de méthanol.

Une analyse sommaire de ce tableau permet de constater que la tourbe possède un potentiel formidable: elle permettrait de produire $10,5 \times 10^6$ t/année de méthanol pendant 40 ans, en supposant que 60% de cette tourbe serait disponible et accessible à un taux de 19×10^6 t/année. Toutefois, ce potentiel très important ne représente pas, comme le bois et les résidus agricoles disponibles, une source renouvelable. Pour que ces tourbières puissent se renouveler comme le bois, il faudra les aménager en plantation sylvicole pour la production de méthanol lorsqu'elles seront épuisées. Ainsi à long terme, lorsque les 5000 km² de tourbières seront aménagées en plantations énergétiques, elle représenteront un potentiel annuel renouvelable d'environ 6×10^6 t de bois, ou $3,4 \times 10^6$ t de méthanol.

Dans la région de Saint-Just-de-Bretenières, la présence d'importantes quantités de résidus de bois disponibles à un coût inférieur à la tourbe ou à d'autres sources de bois ont prévalu dans le choix de cet endroit pour la construction de l'usine pilote (voir article précédent).

À plus long terme, on envisage sérieusement d'utiliser les tourbières et la forêt dégradée comme source éventuelle de biomasse pour la production de méthanol. Quant aux résidus de maïs, ils présentent peu d'intérêt en raison de leur coût de revient élevé lorsqu'ils sont recueillis sur un très grand territoire pour ensuite être amenés à une usine de production de méthanol; il a d'ailleurs été démontré qu'il est préférable d'utiliser ces résidus pour le séchage du grain ou le chauffage des serres [2] dans la région immédiate de production.

TABLEAU I

| POTENTIEL ÉNERGÉTIQUE DES PRINCIPALES MATIÈRES PROVENANT DE LA BIOMASSE AU QUÉBEC | | | | |
|--|--|---|--------------------|-------------------------------------|
| Biomasse | Potentiel total sur une base sèche | Disponibilité | | Équivalence t de méthanol /année |
| | | Annuelle | Durée en années | |
| Tourbe (a) | 0,81 x 10 ⁹ t ^(b) | 19,0 x 10 ⁶ t ^(c) | 40 | 10,5 x 10 ⁶ |
| Bois : Forêts dégradées Résidus forestiers Résidus de transfor- mation Sylviculture intensive | 12 t/année ha (sur 5000 km ²) | 5,5 x 10 ⁶ t | 30 | 3,1 x 10 ⁶ |
| | | 6,0 x 10 ⁶ t | continue | 3,4 x 10 ⁶ |
| | | 1,0 x 10 ⁶ t | continue | 0,6 x 10 ⁶ |
| | | 6,0 x 10 ⁶ t | continue | 3,4 x 10 ⁶ |
| Résidus de maïs (2) | | 6,8 x 10 ⁴ t | continue | 3,6 x 10 ⁴ |

- a) Une étude faite par Hydro-Québec en 1981 révèle qu'au sud du 50^e parallèle du Québec, il y a 8 453 km² de tourbières. Elles ont chacune une surface d'au moins 100 ha.
 b) Accessibilité de seulement 60% des tourbières.
 c) Exploitation continue de seulement la moitié des tourbières accessibles.
 d) Équivaut à 5,9 x 10⁹ litres d'essence.

Intégration de la biomasse aux divers modes de production d'énergie

La biomasse dont on traite ici a un pouvoir calorifique de l'ordre de 20,9 MJ/kg lorsqu'elle est séchée. Elle peut être convertie en énergie par combustion, ou en d'autres combustibles par pyrolyse, carbonisation et gazéification. La technique de conversion énergétique utilisée dépend en grande partie des besoins et de la distance séparant le point d'alimentation en biomasse de celui de l'utilisation de l'énergie produite [2]. À titre d'exemple, si l'on veut sécher du bois dans la région même de production d'énergie, la combustion s'avère souvent le mode idéal de conversion énergétique. Toutefois, au Québec, les régions où abondent les matières lignocellulosiques sont souvent éloignées des grands marchés énergétiques et par conséquent la vapeur ne peut être utilisée comme vecteur énergétique. La gazéification utilisant l'air ne peut non plus produire un vecteur énergétique rentable, car le gaz pauvre ainsi produit coûte très cher à transporter sur une distance supérieure à quelques kilomètres. Par contre, la pyrolyse et la carbonisation apparaissent a priori comme des techniques intéressantes, quoique la pyrolyse orientée vers la production d'hydrocarbures lourds ne soit pas encore au point. La carbonisation, qui produit le charbon de bois, est désavantagée du fait que le marché éventuel de ce charbon est relativement restreint vu l'équipement particulier que nécessite son utilisation comme combustible.

Les considérations précédentes ainsi que la capacité d'intégration de ces combustibles aux modes actuels et futurs de production d'énergie incitent à une conversion plus raffinée ou plus poussée de la biomasse. Le méthanol, produit à partir de la biomasse, constitue une voie de prédilection pour cette intégration et pour la pénétration des marchés énergétiques.

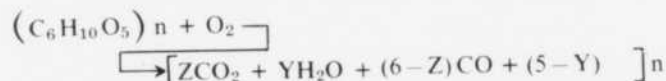
Description du procédé de production du méthanol

La production du méthanol exige la préparation préalable d'un gaz de synthèse contenant du CO et du H₂ dans un

rapport molaire de 1/2. Ce gaz de synthèse peut provenir de la conversion catalytique du gaz naturel :



ou de la thermoconversion du naphte ou d'autres hydrocarbures fossiles ou organiques. Aux États-Unis, par exemple, des efforts importants sont consacrés à optimiser le procédé de gazéification du charbon pour la production de gaz de synthèse. Ce gaz peut évidemment être produit à partir de la biomasse. La réaction d'oxydation partielle de celle-ci dans un gazogène peut s'exprimer par :



Selon la formule brute de la cellulose, si la gazéification produit peu de CO₂, le rapport CO/H₂ du gaz de synthèse produit tendra vers 1/1 au lieu de 1/2. Ce rapport peut être corrigé soit en ajoutant de l'hydrogène au gaz produit [3], ou en consommant une partie du carbone dans le réacteur pour produire la chaleur nécessaire à la réaction et du CO₂. Par la suite, pour effectuer l'ajustement final de la composition stoechiométrique, on peut utiliser la réaction du gaz à l'eau (water gas shift) :



Cette dernière voie sera retenue pour l'usine projetée. Cette réaction sera également utilisée à l'usine pour l'ajustement de la composition des gaz recyclés qui n'auront pas réagi dans la boucle de synthèse du méthanol.

Comme on peut le voir sur le schéma de la figure 1*, l'usine de méthanol comprend également un reformeur dans lequel les traces de CH₄ produites au cours de la gazéification et de la synthèse du méthanol sont converties en CO + H₂ :



Les autres réacteurs qui constituent l'usine de méthanol, tel que schématisé à la figure 1, sont les tours d'absorption du

* fournie par la société Les gazogènes Omnifuel.

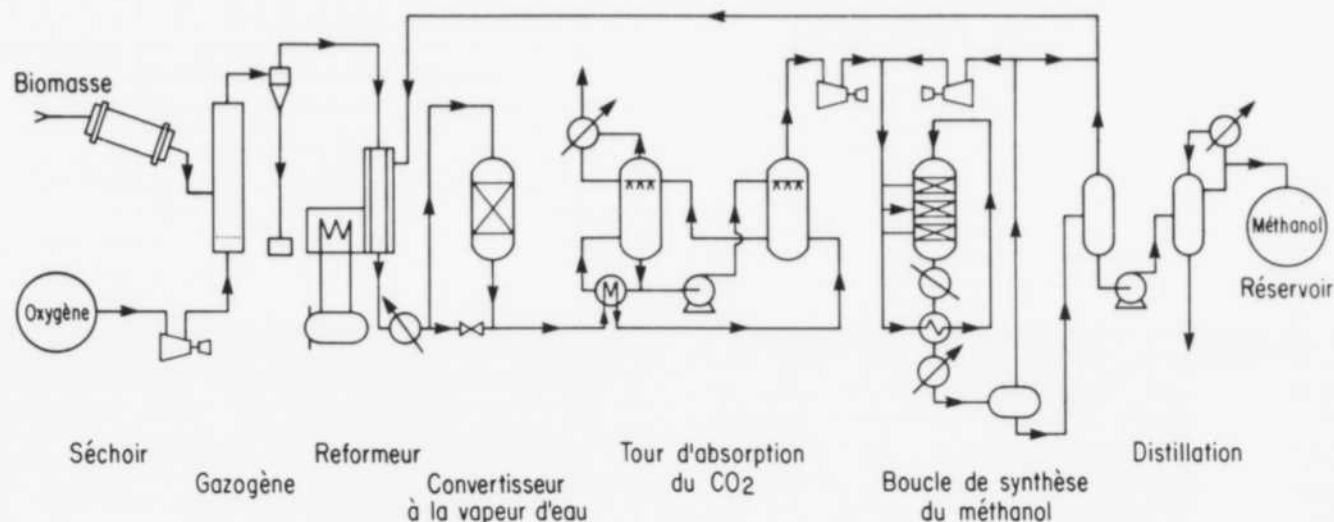


Figure 1 - Schéma du procédé

CO₂, le réacteur catalytique et finalement la tour de distillation et de purification du méthanol. La synthèse est réalisée dans un réacteur contenant un agent catalyseur. Cette réaction exothermique est favorisée par une pression élevée qui a pour effet de déplacer l'équilibre chimique vers le produit désiré, soit le méthanol :



Au cours des dernières années, le développement de nouveaux catalyseurs a permis d'utiliser des conditions beaucoup plus douces pour cette synthèse. Les réacteurs modernes actuellement offerts sur le marché fonctionnent à des températures voisines de 400°C et à une pression de l'ordre de 50 atmosphères seulement, et permettent d'obtenir des rendements élevés. Ces réacteurs, qui utilisent en général des catalyseurs CUO/ZnO/Al₂O₃ (catalyseurs de type I.C.I.) seront retenus pour l'usine de Saint-Just.

Procédé de production du gaz de synthèse

Gazéification

La gazéification de la biomasse est un procédé qui combine en un même réacteur la pyrolyse et la combustion de cette biomasse. La pyrolyse est la décomposition de la biomasse par l'action de la chaleur en atmosphère réductrice ou pauvre en oxygène. Les produits résultant de cette thermodynamique sont des gaz non condensables, des hydrocarbures liquides, du charbon et de l'eau. La chaleur nécessaire à cette conversion provient en général de l'extérieur du réacteur. D'autre part, la combustion est un procédé bien connu par lequel la matière organique se combine à l'oxygène pour produire du CO₂, de la vapeur d'eau et de la chaleur. La figure 2 illustre bien ces concepts : en suivant le cheminement de la biomasse dans le gazogène, on constate que celle-ci subit les transformations suivantes : séchage, distillation des produits volatils, pyrolyse et combustion des produits de carbonisation résiduels (char). La chaleur de la combustion fournit aux zones réactionnelles supérieures l'énergie nécessaire. Dans un gazogène utilisant l'air comme comburant, les principaux composants gazeux produits sont : N₂ (~ 50%), CH₄ (~ 3%), CO (~ 22%), CO₂ (~ 10%), H₂ (~ 15%) et H₂O. La forte teneur en azote du gaz ainsi produit explique son faible pouvoir calorifique.

Principaux types de gazogènes pour la biomasse

Les figures 2 et 3 présentent schématiquement un gazogène à lit fixe et un autre à lit fluidisé. Il existe d'autres variantes

de ces gazogènes ainsi que des types différents. Ces figures représentent les gazogènes utilisés le plus fréquemment dans l'industrie. Le tableau II compare les avantages et les inconvénients de ces deux types de réacteurs.

Les gazogènes à lit fixe sont de conception et de fonctionnement relativement simples : ce sont en général des réacteurs de grandes dimensions par rapport à leur capacité. L'alimentation de ces réacteurs doit être faite avec des morceaux de biomasse denses et de taille assez grande de façon qu'ils ne s'écrasent pas et bloquent la circulation des gaz dans le réacteur.

Pour la biomasse, les gazogènes à lit fixe présentent certains problèmes de fonctionnement, dont la formation d'une quantité importante de goudron. De plus, parmi les gazogènes développés pour le bois, il semble qu'une capacité horaire supérieure à une tonne soit difficile à atteindre.

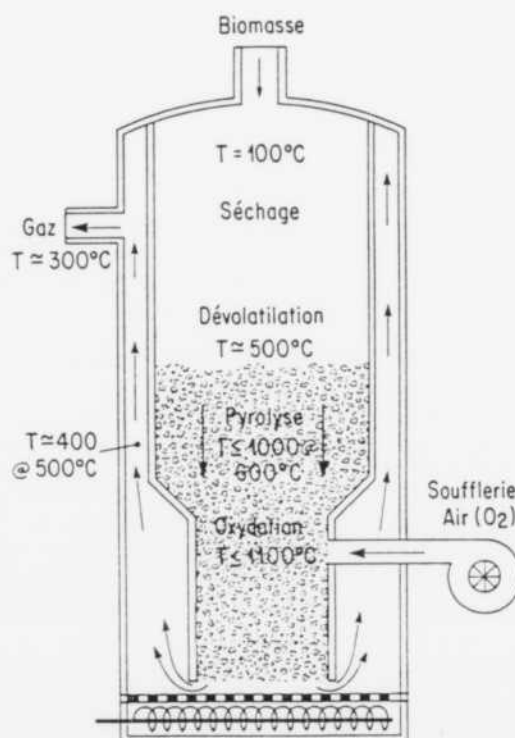


Figure 2 - Schéma d'un gazogène à lit fixe (Équicourant)

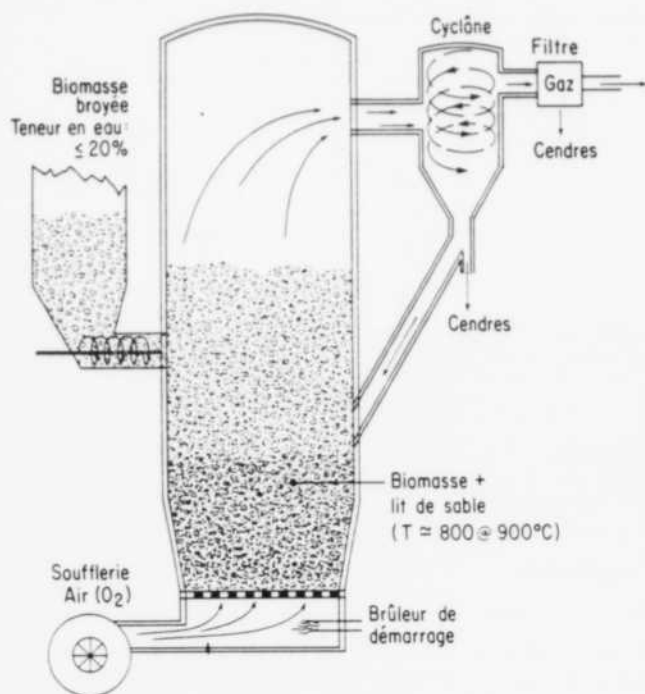


Figure 3 – Schéma d'un gazogène à lit fluidifié

À cause des faits mentionnés ci-dessus, ainsi que des données exposées au tableau II, il a été décidé d'évaluer d'autres types de gazogènes. Le réacteur qui a retenu notre attention est le gazogène à lit fluidisé, tel que montré à la figure 3. Il doit être alimenté en biomasse de faible granulométrie et se caractérise par le fait que, pour obtenir une réaction complète, la biomasse ne doit passer que peu de temps dans le gazogène. Chaque particule entre alors en contact intime avec le sable du lit et les gaz chauds et subit un choc thermique important. Ces particules sont soumises, dans l'ensemble, au même processus de thermoconversion, et à cause du mouvement important dans ce réacteur, l'homogénéité de la réaction est presque assurée.

Ainsi, le diamètre du lit et la capacité du réacteur peuvent facilement être augmentés. Ce type de réacteur possède donc une dimension acceptable pour une charge donnée et se prête bien à une utilisation industrielle à grande échelle.

Gazogène retenu et mode opératoire

La gazéification de la biomasse avec de l'air comme comburant produit un gaz dont la teneur en azote est de l'ordre de 50%. L'utilisation d'un tel gaz pour la synthèse du méthanol entraînerait des difficultés techniques importantes et réduirait l'efficacité globale du procédé. En général, les intervenants dans le domaine s'accordent pour utiliser l'oxygène pur comme comburant afin d'éviter la dilution induite par l'azote du gaz produit, et de favoriser directement la production du gaz désiré. Par conséquent, le gazogène retenu pour l'usine pilote est utilisé avec de l'oxygène comme comburant. Celui-ci aura une capacité horaire de 10 t et sera conçu de façon à fonctionner à une pression de l'ordre de 17 atmosphères. Ce choix de pression de fonctionnement est fondé sur des études internes de la société Les gazogènes Omni-fuel.

Après avoir étudié les divers gazogènes au bois en cours de développement, celui offert par la société mentionnée ci-dessus a été retenu. La responsabilité pour la construction et l'exploitation de l'usine a été confiée à Nouveler et Hydro-Québec, qui par l'entremise de l'IREQ, participera au projet au niveau de la recherche. La société Les gazogènes Omni-

TABLEAU II

| COMPARAISON DES DIVERS PROCÉDÉS DE GAZÉIFICATION | | |
|--|--|--|
| | Type de gazogène | |
| | Lit fixe | Lit fluidisé |
| Caractéristiques | <ul style="list-style-type: none"> • Zone réactionnelle bien définie, tel que : <ul style="list-style-type: none"> – séchage – préchauffage – gazéification (pyrolyse) – combustion – cendre • Existence d'un gradient de température | <ul style="list-style-type: none"> • Température uniforme ainsi qu'une composition uniforme dans la zone fluidisée |
| Avantages | <ul style="list-style-type: none"> • Taux de conversion du carbone élevé • Réacteur robuste • Peu de cendres • Combustible légèrement humide peut être employé • Facilité de fonctionnement | <ul style="list-style-type: none"> • Très grand degré d'uniformité • Contact gaz/solide excellent • Temps passé dans le gazogène très court • Faible production de goudron • Réacteur de capacité relativement importante |
| Inconvénients | <ul style="list-style-type: none"> • Capacité relativement faible • Production de goudron importante • Perte de chaleur importante • Élimination des cendres relativement compliquée • Temps de réponse relativement long | <ul style="list-style-type: none"> • Nécessite l'emploi de combustible séché à au moins 20 % • Exige une granulométrie faible et assez homogène de la charge • Production de particules dans le gaz et perte potentielle de carbone dans les cendres • Contrôle précis du fonctionnement est essentiel |

fuel a déjà construit à Hearst, en Ontario, un gazogène à lit fluidisé pour la gazéification de résidus de bois. Ce gazogène, dont la capacité est de deux tonnes à l'heure, fonctionnera à l'air et à pression atmosphérique. Les gaz produits seront utilisés pour le chauffage d'un séchoir à bois. Le gazogène du projet de Saint-Just utilisera la même technique que celle du gazogène de l'Ontario, mais il fonctionnera à l'oxygène pressurisé plutôt qu'à l'air.

Calendrier du projet

La mise au point de ce gazogène se fera au cours des trente premiers mois du projet. Pendant cette période, le gazogène sera alimenté de résidus de transformation du bois disponibles dans la région immédiate de Saint-Just. L'oxygène nécessaire au procédé sera fourni à partir de réservoirs d'oxygène liquide.

Après cette période de rodage, les autres composants de l'usine de méthanol ainsi qu'une usine de production d'oxygène seront implantés sur le site. Lorsque le couplage du gazogène avec le reste de l'usine aura eu lieu, la technologie développée pourra servir à construire au Québec de plus grandes usines de production de méthanol à partir de la biomasse : on pourra aussi exporter cette technologie québécoise dans d'autres pays ou régions riches en biomasse et pauvres en carburant fossile.

Rendement global de l'usine de méthanol

En théorie, 1,3 t de bois se convertit en 1 t de méthanol. Ce rendement, fondé sur la stoechiométrie des réactions chimiques concernées, ne tient pas compte de la consommation énergétique de l'ensemble de l'usine. Parmi les composants les plus énergivores, mentionnons le séchoir pour produits lignocellulosiques, les compresseurs, les moteurs et les autres réacteurs devant être chauffés.

Selon la documentation et une évaluation faite par D. Asplund [3], il appert qu'en pratique, il faudrait environ 2,3 t de bois sec par tonne de méthanol produit. Cette évaluation du rendement est fondée sur celui d'usines conventionnelles non optimisées.

Une étude récente faite par J. Black de la Société Les gazogènes Omnifuel pour le compte du Conseil national de recherches du Canada révèle qu'en effectuant un choix judicieux du séchoir à bois et des autres équipements et qu'en limitant les pertes de chaleur, le rendement pratique pourrait atteindre 1,77 t de bois par tonne de méthanol produit. Ce dernier rendement constituera un des objectifs à l'usine de Saint-Just.

Perspectives technologiques

Tel que mentionné dans le présent article ainsi que dans celui d'Yves Lévesque, la production de méthanol ou de carburant à partir de l'organomasse pourrait constituer à moyen terme une source importante d'énergie. À titre d'exemple, le Québec a consommé en 1978 environ $8,7 \times 10^9$ litres d'essence [4]. Le potentiel représenté par la tourbe permettrait à lui seul de remplacer pendant quarante ans $5,2 \times 10^9$ litres de cette essence. L'usine de Saint-Just produira uniquement du méthanol, et d'autres usines plus tard transformeront sur place le méthanol en essence de voiture. Cette technologie de conversion du méthanol en essence existe déjà : elle est mise en marché par la société américaine Mobil qui parvient à convertir 2,5 litres de méthanol en un litre d'essence.

Le type de gazogène mis au point pourra aussi être adapté pour convertir en gaz d'autres matières organiques, tel que certains résidus industriels, agricoles et urbains. Les gaz ainsi produits pourront être utilisés directement pour la production d'énergie ou pour l'alimentation en carburants synthétiques.

À l'IREQ et ailleurs dans le monde, d'autres modes de conversion directe des gaz de synthèse en mélanges d'hydrocarbures ou d'alcools sont à l'étude : cette nouvelle technologie pourra éventuellement remplacer en partie celle du méthanol en offrant un carburant provenant de la biomasse qui a un pouvoir calorifique supérieur et qui est plus universel.

RÉFÉRENCES

1. CHAMBERLAND, A., *Potentiel québécois des sources énergétiques provenant de la biomasse et des résidus d'exploitation*, Rapport IREQ 1593, avril 1977.
2. LAURIN, M. et A. CHAMBERLAND, *Gaseification of Agricultural Residues for Energy Production*, à paraître en 1981 dans Energy Sources.
3. ETTALA et D. ASPLUND, *Production of Methanol from Peat*, Fuel and Lubricant Research Laboratory, n° 22, janvier 1979.
4. QUÉBEC (Province), Direction générale de l'énergie, Direction des études et prévisions, *Les statistiques de l'énergie au Québec : 1958-1978*, sept. 1979.



Le Groupe Dessau : des entreprises mettant en commun les connaissances et l'expérience d'un nombre important d'ingénieurs, mathématiciens, économistes, urbanistes, agronomes, analystes, oeuvrant ici et à l'étranger. Le Groupe Dessau, c'est une association multidisciplinaire au service de la communauté.

Desjardins, Sauriol & Associés Ltée
Les Laboratoires Ville Marie Inc.
Les Consultants Dessau Inc. Dessau et Associés
Dessau International Ltée/Ltd
Dessau Engineering Consultants Ltd
Dessau Construction Ltée
Soleco Consultants Inc.
Qualitech Consultants Ltée

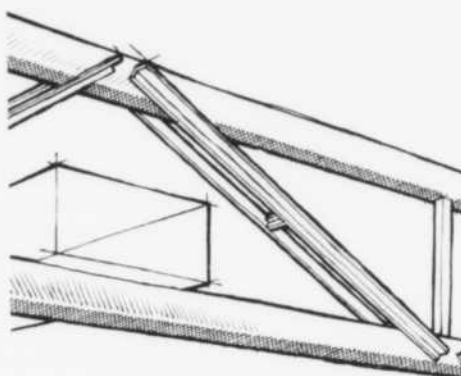
Les Laboratoires Industriels du Nord Inc.
Jacques Chagnon et Associés Inc.
Dessau Environnement Ltée

SIEGE SOCIAL
1200 ouest, boul. St-Martin
Laval, Québec H7S 2E4
tél : (514) 384-5660
téléx : 05-268873
Câble : DESSAU LAV



Les profils creux de co pour de bien

Souplesse, performance, économie et disponibilité: quatre caractéristiques remarquables et autant de bonnes raisons d'opter pour les profils creux de construction (HSS) de catégorie H de la Stelco pour les projets de tous genres. La forme même des HSS, creuse et symétrique, permet, par rapport à d'autres types de profilés, d'obtenir une importante réduction du poids des poteaux et des fermes. L'utilisation des HSS laisse amplement d'espace à l'équipement mécanique. Les frais de peinture sont réduits et, parce qu'ils ne présentent pas d'arêtes vives, la peinture tient bien. On peut facilement se procurer les HSS. Tout au long de la phase de planification, la Stelco sera à vos côtés pour s'assurer que les matériaux requis se trouvent à l'endroit indiqué au moment voulu. Rien d'étonnant que de plus en plus d'ingénieurs recourent aux HSS pour réaliser économiquement de brillants projets de construction, dont nous vous présentons ci-après quatre exemples pris à travers le pays.



Propriétaire: Oxford Development Group
Ingénieurs en structure: Read Jones Christoffersen Limited et Skidmore, Owings and Merrill
Fabricant de l'acier de construction: C.W. Carry Limited

de fermes ont été employés, l'emplacement de chacune étant commandé par son pouvoir porteur. "Il me semble que nous nous sommes servis de HSS de toutes les dimensions", a fait remarquer M. Sheffield, qui a collaboré étroitement avec la Stelco pour assurer la livraison des HSS nécessaires au projet.

Propriétaire: Le conseil d'administration de l'hôpital Queen Elizabeth
Ingénieurs en structure: Peter Sheffield and Associates Ltd.
Fabrication et érection de la charpente: York Steel, division de York Russel Inc.

Souplesse:

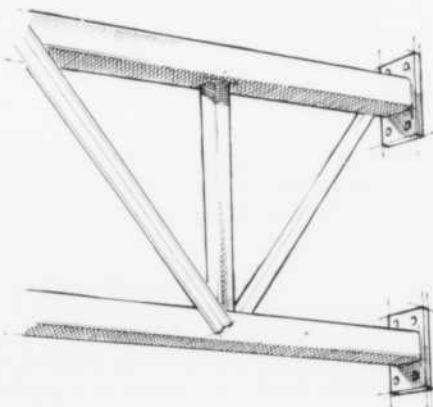
Edmonton Centre West, Tower One, Edmonton, Alberta

Cette tour comprend plus de 600 fermes composites de 9 à 11 m de longueur et de 700 à 900 mm de hauteur. Les membrures inférieures et supérieures des fermes sont des HSS de catégorie H rassemblés par des cornières et des diagonales en HSS. "L'un des plus importants facteurs à considérer dans le coût d'érection d'une tour est certes la hauteur d'un étage à l'autre", nous confie M. John Evison, ingénieur-concepteur. "Tout en permettant un espace important entre les planchers, le coût des fermes en HSS se compare avantageusement, à cet égard, à celui des poutres. Les HSS offrent, en plus, l'incontestable avantage de la souplesse de conception". Les fermes ont été disposées à 3 m de distance, de centre à centre, allouant un écartement de 3 m entre les noeuds de poutres afin de faciliter l'installation des canalisations électriques et mécaniques. Parlant au nom du fabricant, M. Gunther Benkendorf, ingénieur, ajoute: "Toutes les faces des membrures en HSS étant plates, il est possible de souder les diagonales directement aux membrures, éliminant ainsi le coût élevé du découpage et les pertes de temps".

Disponibilité:

Hôpital Queen Elizabeth, Charlottetown, île-du-Prince-Édouard

M. Peter Sheffield, ingénieur, a étudié, à l'aide du système "STAFOD" (modèle optimisé pour construction avec fermes et charpentes en acier), récemment mis au point sur ordinateur, 58 modèles de charpente possibles pour la construction de cet hôpital à deux étages. Après évaluation du coût de chacun des modèles, son choix s'est arrêté sur des fermes à membrures en HSS. "Ce sont les HSS qui assuraient la plus grande économie car, à pouvoir porteur équivalent, leur poids est inférieur à celui d'autres types de profilés. Par ailleurs, leur forme élancée, leur facilité d'assemblage et leur résistance au flambement par compression ont beaucoup compté dans le choix des HSS de catégorie H. La forme élancée des HSS permet l'installation de murs finis à parois plus minces sans l'encombrement qui caractérise les grosses colonnes. L'emploi des HSS dans cette réalisation s'est traduit par une diminution des frais de finition, puisqu'il n'a pas été nécessaire de couper le placoplâtre pour contourner les poteaux et que le peinturage s'en est trouvé simplifié d'autant. Pour bien des facteurs, notamment les charges dues à la neige, 53 types

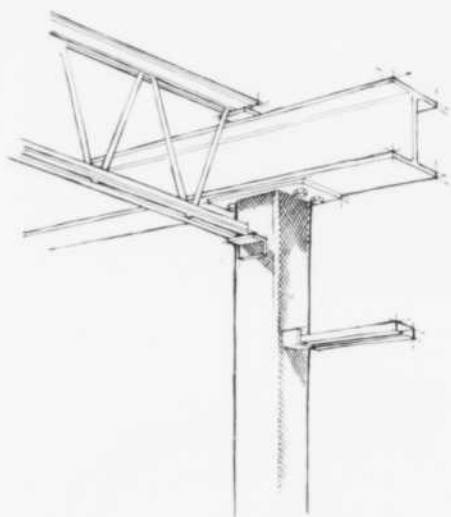


Économie:

Le centre commercial Tillsonburg, Tillsonburg, Ontario

L'unicité des centres commerciaux réside dans le fait que le plan des étages et la disposition des magasins changent régulièrement. Ainsi, le nombre de murs permanents doit demeurer au minimum; par le fait même, l'emploi de murs de cisaillement et de contreventements est réduit. C'est donc à la charpente que revient le rôle d'assurer la stabilité de l'ossature. Grâce au pouvoir porteur, sur deux axes des HSS, les concepteurs du centre commercial Tillsonburg ont pu réaliser un espacement maximal des poteaux en n'employant qu'une quantité réduite de contreventements. Les dépenses en matériaux et les frais d'installation ont pu ainsi être réduits considérablement. Selon M.

Construction de la Stelco: bonnes raisons



Roy Brown, directeur général, Unimade Industries, "les dimensions constantes des éléments en HSS, indépendamment de leur poids, permettent une plus grande facilité d'assemblage, d'ajustement, de fabrication et de livraison".

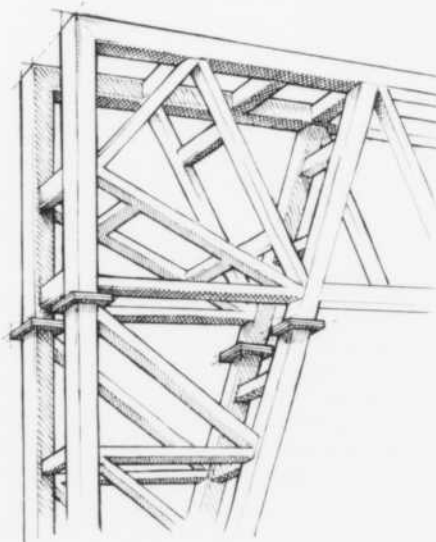
Propriétaire: Sifton Properties Ltd.
Ingénieurs en structure: Alex Tobias Associates Ltd.
Fabricant de l'acier de construction: Unimade Industries Limited

Performance:

Entrepôt des réservoirs de la Texasgulf Copper Refinery, Timmins, Ontario

Ce bâtiment devait offrir de vastes espaces exempts de poteaux afin de faciliter les opérations de traitement et l'entretien. Le bâtiment loge des réservoirs électrolytiques contenant une solution d'acide sulfurique à 20 p. cent. Ce sont des HSS de catégorie H qui constituent des fermes en arc à deux articulations supportant le toit et satisfaisant aux exigences de portée libre. Dans un article sur la conception et la réalisation de ce bâtiment, publié en août 1979 dans la revue "The Structural Engineer", les ingénieurs Victor Dunham et Rao Chalasani émettent les commentaires suivants: "Pour l'obtention d'un assemblage la fois économique et d'efficacité maximum, trois types de noeuds ont été retenus lors de la conception: le noeud à excentricité positive, le noeud à recouvre-

ment et le noeud réalisé avec des plaques raidisseuses. Non seulement les HSS assurent un assemblage plus rigide des fermes, mais ils possèdent également une plus grande résistance à la torsion. Ils présentent une surface à peindre réduite d'environ 33 p. cent et aucun recoin ni arête vive ne nuit à l'application de la peinture." Le choix des profils creux de catégorie H a entraîné l'utilisation d'un total de 1 815 t d'acier. Si on avait opté pour un autre type d'éléments de construction, la quantité d'acier utilisé aurait bien pu atteindre les 2 564 t. Selon M. Dunham, l'économie réalisée, une fois l'érection achevée, a été de l'ordre de 16 p. cent.



Propriétaire et direction du projet: Texasgulf Canada Ltd.
Fabricant de l'acier de construction: Dominion Bridge Company, Limited

Destinataire: Stelco Inc.
Dept. "A"
Tour Stelco
100, King Street West
Hamilton (Ontario)
L8N 9Z9

Veillez me faire parvenir les brochures suivantes sur les HSS:

- Profils creux de construction: dimensions et propriétés des profils
- Manuel de calcul des poteaux en profils creux remplis de béton
- Protection contre le feu des profils creux de construction (HSS)

Nom _____

Fonction _____

Société _____

Adresse _____

Ville _____

Province _____

Code postal _____

8001/BA-F

stelco

Stelco Inc.
Société canadienne ayant usines et bureaux par tout le Canada et des représentants sur les principaux marchés du monde.

«UN NOUVEAU-NÉ CHEZ HEWLETT PACKARD LA HP-41CV»

HP-41CV

- Une version améliorée de la HP-41C vous permettant:
 - L'utilisation maximale de ses 319 registres adressables déjà incorporés ou plus de 2000 étapes de programmation.
 - L'utilisation maximale de ses périphériques (lecteur de cartes, imprimante, lecteur optique).
 - L'utilisation de modules préprogrammés plus les caractéristiques existantes de la HP-41C, soit:
 - Plus de 130 fonctions.
 - Affichage alphanumérique.
 - 10 tests conditionnels, 56 indicateurs internes (Flags).
 - Contrôle des boucles, adressage indirect, touches personnalisées, mémoire continue.
 - 12 caractères visibles, décalages pour visualiser 24 caractères, fonctionnement mémoire permanente.

Modules mémoires

- Modules de spécialité préprogrammés disponibles.



Lecteur optique

- Lecture de codes-barres imprimés, traduction des données et des programmes dans le calculateur.

- Livres de solutions avec codes-barres disponibles (en anglais seulement).

Lecteur de carte

- Conserve des programmes complets et des données sur cartes magnétiques.
- Cartes magnétiques des HP-67 et 97 compatibles.

L'Imprimante

- Caractères numériques et

alphabétiques (majuscules et minuscules):

- Tracés et graphiques ainsi que dessins à caractères spéciaux.
- Intensité d'impression réglable, extrêmement silencieuse.

«LES PRIX: HP 41CV: \$479.95, LECTEUR DE CARTES: \$300.50, IMPRIMANTE: \$549.50, MODULES MÉMOIRE: \$43.95, LECTEUR OPTIQUE: \$180.50 (Une réduction est accordée aux membres).»

**Des dépliants détaillés sont à votre disposition.
Pourquoi payer plus cher ailleurs? Venez nous voir.**

* Les modules préprogrammés disponibles en français sont offerts gratuitement. Les prix sont en dollars américains. Les prix sont en dollars américains. Les prix sont en dollars américains. Les prix sont en dollars américains.

«Les prix sont sujets à changement sans préavis»

COOPERATIVE ETUDIANTE DE POLYTECHNIQUE

LOCAL C-106 Ecole Polytechnique
Campus de l'Université de Montréal
C.P. 6079, Succ. «A» Montréal H3C 3A7
Tél.: (514) 344-4841



REDOC : POUR UNE CLASSIFICATION EFFICACE

Jean Granger, ing.

On a remarqué ces dernières années la popularité grandissante des revues. Sous forme d'articles, tous les sujets y sont traités. L'information qu'on y retrouve est concise et précise. Les lecteurs sont gardés à la fine pointe de la connaissance et suivent de près l'évolution de la science.

Cependant, ces articles ont des caractéristiques assez particulières : il y en a plusieurs dans une même revue, les titres ne sont pas nécessairement descriptifs, et néanmoins, on veut les conserver pour les renseignements qu'ils apportent sur des sujets précis. Ce sont donc des considérations dont il faut tenir compte pour la classification.

Malgré leurs qualités reconnues pour le classement des volumes, les systèmes conventionnels s'adaptent mal au problème des articles. Il faut donc s'inspirer de techniques différentes pour rendre ces documents « intéressants », facilement accessibles.

Caractéristiques de la recherche documentaire

Avant d'exécuter une recherche documentaire, il faut identifier clairement les idées à étudier. Par la suite, il s'agit de trouver les documents traitant de ces idées dans un contexte particulier. C'est alors que les caractéristiques des systèmes de classification deviennent importantes.

Toute procédure de classification comporte des particularités associées au contenu ou à la forme de l'écrit. Prenons le cas des articles. En général, chacun traite d'une idée principale et de quelques idées secondaires importantes. Si le titre d'un article est *La sécurité des piétons en milieu urbain*, comment tenir compte des caractéristiques de la signalisation, de l'environnement, de la circulation, trois idées secondaires qui pourraient y être discutées ? Comment devrait-on le classer ?

Les techniques de classification de recherche documentaire utilisées dans les grandes bibliothèques sont de trois ordres. Ce sont : les systèmes genre Dewey ou Library of Congress, les systèmes genre « index permutés » et les systèmes de mots-clés.

Dans les grandes bibliothèques, l'utilisation du concept des mots-clés et de l'ordinateur a permis de résoudre ce problème. Mais l'équivalent n'existe pas encore pour les bibliothèques personnelles.

Cet exposé a pour but de décrire une méthode de classification simple et efficace basée sur ce concept et qui permet d'atteindre le résultat désiré « dans son bureau ». Cette méthode, nommée REDOC pour REcherche DOCumentaire, est inspirée principalement des procédures utilisées par American Society for Civil Engineers (ASCE) et Transportation Research Board (TRB). Cependant quelques modifications opérationnelles ont été apportées à la suite d'une utilisation personnelle.

Pour bien situer la procédure proposée, nous verrons d'abord les caractéristiques de la recherche documentaire en général, puis nous étudierons les particularités de la méthode REDOC et ses possibilités d'utilisation.

Avec les systèmes Dewey ou Library of Congress, on peut classer facilement les volumes, car le nom de l'auteur et la nature du sujet traité se prêtent bien à une classification alphabétique des noms ou des vedettes. L'index permuté se sert des mots du titre comme vedettes, mais son usage accélère la procédure de consultation du fichier. Le système de mots-clés, quant à lui, permet l'identification d'un article par recoupement des idées qu'il contient.

La méthode REDOC

La procédure REDOC a pour but de donner accès à un document en tenant compte des idées traitées. Elle utilise le concept des mots-clés comme instrument de recherche. Ses outils de travail se résument à un fichier et un lexique.

La procédure de classement

Avant d'entreposer un document, il faut compléter sa fiche d'identification et choisir les mots-clés qui caractérisent son contenu. La fiche (fig. 1) comprend le nom de l'auteur, le titre de l'article, la référence, l'année de parution, le nombre de pages et, s'il y a lieu, le nombre de figures, de tableaux, de photos ainsi

que la langue de publication. Elle contient aussi le lieu de disponibilité du document¹.

Pour compléter la fiche et lui faire jouer son rôle dans le système, il faut ajouter les numéros de références et les mots-clés. Dans le coin supérieur droit, on note le numéro de cette fiche par F-(X) et le numéro de document par D-(Y) (voir fig. 1). D-(Y) est aussi inscrit sur le document n'est pas disponible dans la bibliothèque personnelle, le numéro est remplacé par « SD » (sans document). On termine en inscrivant la série des mots-clés appropriés. Une procédure rapide à cet effet est décrite (voir l'encadré).

L'identification étant terminée, il ne reste plus qu'à transcrire les mots-clés dans le lexique. Celui-ci est un cahier dont les pages sont identifiées par ordre alphabétique. Pour introduire un mot-clé dans le lexique, il suffit de le noter dans la page appropriée et d'ajouter à droite le numéro de la fiche correspondante. Si ce mot est déjà présent dans le lexique il suffit d'ajouter, sur cette ligne, le nouveau numéro de fiche (voir fig. 2) où il a été utilisé.

La procédure de recherche

Pour trouver un ou plusieurs documents traitant d'un certain nombre d'idées, il faut d'abord identifier les mots-clés référant à ces idées. Puis, à l'aide du lexique, retracer les numéros de fiches correspondants. Après avoir noté tous les numéros associés à chaque mot, chercher ceux qui sont communs à tous. Chacun de ces numéros communs à tous les mots réfère à une fiche qui à son tour contient une note sur la disponibilité du document : sur place ou à un endroit identifié.

Si aucun numéro n'est commun à tous les mots-clés, le système ne contient pas de document où se recoupent toutes les idées recher-

(1) Si le document est disponible dans son bureau, on peut utiliser la caractéristique numéro de document comme indicateur de disponibilité (tel qu'illustré sur la figure 1).

Si le document n'est pas disponible sur place, on indique l'endroit où il peut être consulté et, si possible, la référence exacte.

Ex. : Numéro de codification en bibliothèque
(Biblio. Poly) TE 301 R47

chées. En réduisant le nombre de mots-clés, on peut tout de même retrouver des documents utiles à la recherche en cause.

En principe, le système REDOC peut s'appliquer à un très grand nombre de documents puisqu'il est un reflet fidèle de la procédure de

recherche informatisée. En pratique cependant il a été conçu pour être utilisé à l'échelle individuelle, c'est-à-dire pour « contrôler » la documentation contenue dans « son bureau », c'est-à-dire quelques centaines de documents.

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|--|---------------|-----|-------|------|-------|---|------|---|-------|---|
| AUTEUR | GRANGER, J. | | | | | F-369 | | | | | |
| TITRE | La sécurité des piétons en milieu urbain | | | | | | | | | | |
| RÉFÉRENCE | Routes et Transports, nov 82, no 47 | | | | | D-195 | | | | | |
| | ANNÉE | 1982 | PP. | 19-24 | FIG. | | 4 | TAB. | 2 | PHOT. | - |
| DISPONIBILITÉ | biblio pers. | | | | | | | | | | |
| sécurité | comportement | circulation | | | | | | | | | |
| piéton | carrefour | signalisation | | | | | | | | | |
| urbain | entre-carrefour | environnement | | | | | | | | | |

Figure 1

| | | |
|------------------------|--|---|
| circulation | 2.-7.-8.-47-126-213-294-301-363-369-422. | C |
| Canada | 4.-11.-13.-14.-193-218-215-421. | |
| centre-ville | 4.-339- | |
| contrôle | 8.-37.-81-318-323-405. | |
| courbure | 10. | |
| comportement | 18.-19.-25-28.-37-41-73-106-195-212-301-369-401. | |
| charge | 19.-28. | |
| collège | 27. | |
| conducteur | 36-195. | |
| critère | 34-148-215-351. | |
| créniaux | 73. | |
| ceinture (de sécurité) | 95-109-210-309. | |
| congestion | 90-214. | |
| capacité | 65-97-99-151-218. | |
| carrefour | 131-153-156-176-218-294-369-422. | |
| conteneur | 103-105-113-337. | |

Figure 2

PROCÉDURE RAPIDE DE SÉLECTION DES MOTS-CLÉ.

Au début, le choix des mots-clés constitue une difficulté à surmonter. On ne sait pas comment choisir, ni quels mots choisir.

Un mot-clé est un mot représentatif d'une idée discutée. Il faut donc s'entraîner à découvrir dans le texte les mots de cette nature.

La première étape consiste à examiner attentivement le titre de l'article à classer et à souligner les mots jugés les plus descriptifs du sujet traité. Par la suite en lisant le résumé, on vérifie si les idées soulignées également tous les nouveaux aspects de la question révélée par ce résumé. Puis, on consulte l'introduction pour confirmer les idées déjà identifiées. Et l'on souligne encore toute idée complémentaire pertinente. Enfin, en examinant la conclusion, on peut voir si aucune idée vraiment importante n'a été oubliée.

On examine ensuite tous les mots-clés identifiés et l'on retient ceux qu'on juge les plus descriptifs du sujet traité. Dans le choix des mots, il est important de penser à la phase recherche : les mots soulignés sont-ils ceux qui viendront facilement à la pensée au moment de la recherche ? retenir ces mots en priorité. Au besoin, trouver un équivalent plus usuel pour l'idée traitée. Par la suite, noter ces mots dans les espaces réservés. Note ; par expérience moins de quatre mots est peu ; huit à dix mots constituent un maximum.

ÉNERGIE À LOUER

SOURCES MOBILES D'ÉNERGIE PRIMAIRE ET DE SECOURS HEWITT



Pour vous éviter d'avoir à investir des sommes importantes dans l'achat de groupes électrogènes mobiles, Hewitt vous propose son plan de location. Mines, industries, aéroports, municipalités profitent déjà de ce plan qui met à votre disposition des groupes produisant de 12kw à 930kw. Qui plus est, vous profitez également de la qualité exceptionnelle du service d'entretien et de réparation



Caterpillar, Cat et sont des marques déposées de Caterpillar Tractor Co.

HEWITT ÉQUIPEMENT LIMITÉE
Montréal, Québec, Chicoutimi, Sept Îles,
Val d'Or, Hull, Baie James

Si, après 112 ans, nous pouvons encore faire cette même offre, c'est donc que vous pouvez vous y fier.

Une offre équitable

"Si après avoir posé la valve Jenkins que nous vous aurons recommandée pour votre type d'installation à l'endroit le moins favorable—là où les autres valves ne restent pas étanches — vous constatez qu'elle n'est pas parfaitement étanche ou qu'elle ne retient pas la vapeur, l'huile, les acides, l'eau ou autres fluides plus longtemps que toute autre valve, nous vous invitons à nous la retourner et votre argent vous sera remboursé."

Jenkins Canada Inc.

Cette offre fut publiée pour la première fois en 1869; nous la republions de temps à autre pour rappeler que les hautes normes de qualité Jenkins sont présentes dans chacune des valves vendues par cette firme.
Jenkins Canada Inc., Lachine, Qué.

JENKINS
Le spécialiste en valves



Offres d'emploi

Une importante firme de conseillers en informatique

DUCROS, MEILLEUR, ROY & ASSOCIÉS LTÉE

a besoin d'un

CONSEILLER EN GESTION DE L'INFORMATIQUE

Fonctions : Accomplir, pour les clients de la firme, divers mandats concernant la gestion de l'informatique : planification, étude d'organisation, vérification opérationnelle, gestion intermédiaire, gestion de projets de développement, acquisition d'équipement etc.

Qualifications : 5 ans d'expérience pertinente comportant des réalisations remarquables ; capacité d'adaptation à des milieux de travail variés ; bilinguisme et esprit d'initiative.

Le salaire et les conditions de travail sont en fonction des qualifications ; lieu de travail : Montréal. Les personnes intéressées sont invitées à soumettre leur candidature en s'adressant à :

Ducros, Meilleur, Roy & Associés Ltée
a/s M. Denis Brulotte
1200 ave. McGill College, bureau 1800
Montréal, Québec H3B 4G7
Tél : 9514) 866-3301

La société d'experts conseils

LMBDS-SIDAM INC.

Recherche les services d'un

Ingénieur civil

Fonctions : A l'intérieur d'une équipe multidisciplinaire, le titulaire obtiendra l'information pertinente aux projets auprès des personnes-ressources ; effectuera les calculs requis ; coordonnera le travail des dessinateurs et vérifiera les dessins.

Qualifications : Diplôme en génie civil ; posséder environ 5 années d'expérience en charpente d'acier et en béton armé.

Le salaire est en fonction des qualifications des candidats ; lieu de travail : Montréal.

Les personnes désireuses de poser leur candidature peuvent le faire en s'adressant à :

LMBDS-SIDAM Inc.
a/s M. Thomas Aquin, ing.
515 ouest, rue Sainte-Catherine, suite 625
Montréal, Québec H3B 1B4
Tél : (514) 282-1803

La firme d'ingénieurs-conseils

DUFRESNE, FARLEY ET ASSOCIÉS

désire combler les deux postes suivants :

INGÉNIEUR EN MÉCANIQUE DU BÂTIMENT

Qualifications : Diplôme en génie mécanique / option bâtiment ; posséder de 2 à 4 années d'expérience dans la mécanique du bâtiment.

INGÉNIEUR EN ÉLECTRICITÉ DU BÂTIMENT

Fonctions : Adjoint à l'ingénieur en chef.

Qualifications : Diplôme en génie électrique / option bâtiment ; posséder au moins 8 années d'expérience dans ce domaine.

Le salaire offert pour ces deux postes est en fonction des qualifications des candidats ; lieu de travail : Montréal.

Les personnes intéressées sont invitées à soumettre leur candidature en faisant parvenir leurs curriculum vitae à :

Dufresne, Farley et Associés
a/s M. Gilles Dufresne, ing.
200 ouest, rue Sauvé
Montréal, Québec H3L 1Y9
Tél : (514) 384-0440

La société

X-PER-X INC.

recherche les services de deux ingénieurs :

INGÉNIEURS CIVILS

Fonctions : Sous la direction de l'ingénieur-en-chef, l'ingénieur est responsable des contrats d'inspection, du contrôle de la qualité de fabrication en usine, de l'érection en chantier de structures d'acier et des contrats de fabrication métallique obtenus par X-per-X Inc. ; le titulaire devra pouvoir prendre après quelque temps la direction de certains projets.

Qualifications : Diplôme en génie civil / option structure ou métallurgie, et posséder de 3 à 5 ans d'expérience dans un ou plusieurs domaines connexes aux fonctions décrites ci-haut.

Deux (2) postes sont offerts, l'un à Montréal et l'autre à Québec ; l'ingénieur choisi pour la succursale de Québec en aura la direction administrative.

Les personnes désireuses de soumettre leur candidature sont priées de faire parvenir leur curriculum vitae à :

X-per-X Inc.

a/s M. Richard Proteau, ing.
463 Deslauriers
Ville Saint-Laurent, Québec H4N 1W2
Tél : (514) 332-4330

La compagnie

PRODUITS CHIMIQUES ALLIED CANADA LTÉE

recherche un

INGÉNIEUR CHIMIQUE

Fonctions : Elles sont de deux ordres. En tant que représentant / produits chimiques industriels, desservir les industries du verre, des pâtes et papiers, pétrolières, métallurgiques et chimiques, de Montréal à la Gaspésie (toute la rive sud du Saint-Laurent). En tant que représentant / produits routiers, transiger tout autant avec l'industrie qu'avec les gouvernements dans la commercialisation d'un produit unique, en collaboration avec d'autres représentants du Québec et de l'est de l'Ontario.

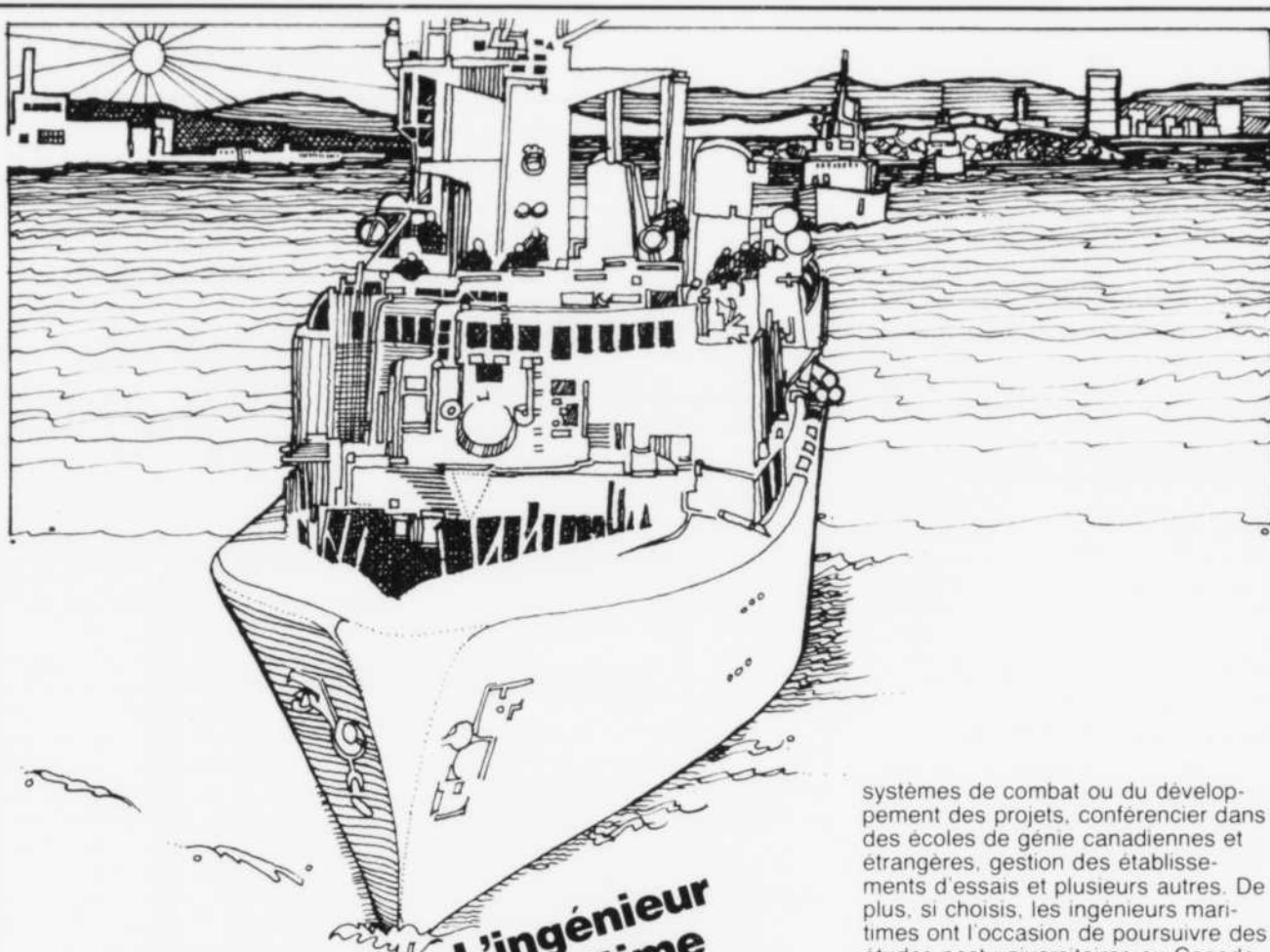
Qualifications : Diplôme en génie chimique ; posséder de 2 à 5 années d'expérience dans toute industrie connexe ou cliente ; avoir une bonne maîtrise de l'anglais.

Une excellente rémunération et une large gamme d'avantages sociaux sont offerts. Lieu de travail : Ville Saint-Laurent, avec déplacements de 1 à 2 jours par semaine (voiture et allocation de dépenses).

Si ce défi vous intéresse, faites parvenir votre curriculum vitae à :

Produits Chimiques Allied Canada Ltée
Service du personnel
750 boul. Laurentien
Ville Saint-Laurent, Québec H4M 2M5

Tout ingénieur qui acceptera un des postes offerts dans cette liste est prié d'en avertir le directeur général de l'Association des Diplômés de Polytechnique, Mme Yolande Gingras, téléphone : (514) 344-4764



Vous pouvez vous forger une carrière intéressante dans la marine canadienne. Les Forces canadiennes sont présentement à la recherche de diplômés en génie, en science et en technologie du génie.

Les ingénieurs maritimes travaillent au Canada et outre-mer, sur terre et sur mer. Ils relèvent les défis technologiques du présent et de l'avenir. Eventail d'emplois tels que: officier de génie à bord d'un navire officier des

L'ingénieur maritime des Forces canadiennes vogue sur les mers du monde.

systemes de combat ou du développement des projets, conférencier dans des écoles de génie canadiennes et étrangères, gestion des établissements d'essais et plusieurs autres. De plus, si choisis, les ingénieurs maritimes ont l'occasion de poursuivre des études post universitaires au Canada ou à l'étranger.

Le génie maritime est une carrière intéressante et captivante qui relève les défis du génie moderne et vous offre l'occasion de voyager, tout en servant votre pays.

Pour plus de renseignements, visitez le centre de recrutement le plus proche de chez vous, ou téléphonez à frais virés. Vous nous trouverez dans les pages jaunes, sous la rubrique Recrutement ou postez ce coupon.

IMBATTABLE...

la vie dans les Forces



**LES FORCES
ARMEES
CANADIENNES**

**AU: Directeur du Recrutement et de la Sélection,
Quartier général de la Défense nationale,
Ottawa, Ontario K1A 0K2**

Une carrière dans les Forces armées canadiennes m'intéresse, j'aimerais recevoir plus de renseignements à ce sujet.

Nom _____

Adresse _____

Téléphone _____

Université _____

Faculté _____

Spécialité _____

PT-ING1081

Événements à venir

Deuxième conférence
Augustin-Frigon

LA TÉLÉMATIQUE : EDEN OU ENFER ?

— M. R. Charles Terreault
Vice-président adjoint
Bell Canada

Le mercredi, 25 novembre 1981 à
11h30
Amphithéâtre C-631
École Polytechnique de Montréal

Entrée libre
Rens. : (514) 344-4915

COLLOQUE INTERNATIONAL SUR LA COMMUNICATION GRAPHIQUE ET ÉCRITE

du 16 au 18 novembre 1981
Paris, France.

Vidéographie, télétex, télécopie, réseaux,
services et problèmes de société seront
parmi les principales questions abordées.

Information : 11 rue Hamelin, 75783 Paris
Cedex 16, France. Tx : SYCELEC Paris
611045 F.

CONGRÈS INTERNATIONAL DU SERVICE HIVERNAL 1982

du 19 au 21 janvier 1982,
Davos, Suisse.

Organisé par le Comité national suisse de
l'Association internationale permanente
des Congrès de la Route (AIPCR), le con-
grès traitera de la recherche actuelle, des
routes et avalanches ainsi que du service
hivernal et de l'environnement.

Information : AIPCR, Congrès 1982, CH
— 7220 Davos (Suisse).

CONFÉRENCE CANADIENNE D'INGÉNIEURIE DES STRUCTURES 1982

les 22 et 23 février 1982.
Robson Square Media Centre, Vancou-
ver, C.-B.

Information : Mme Patricia Hanson,
CCSS, 201 Consumers Road, Suite 300,
Willowdale, Ontario M2J 4G8. Tel : (416)
491-9898.

BATIMAT 1982

du 23 février au 2 mars 1982
Stade olympique, Montréal, Québec.

Information : 1117 ouest, rue Sainte-
Catherine, bureau 306, Montréal, Québec
H3B 1H9

SCITEC ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE ET CONFÉRENCE

les 8, 9 et 10 novembre 1981
Ontario Science Centre, Toronto, Onta-
rio.

Thème : L'éducation, clef de la survivan-
ce et de la prospérité.

Seront traités les sujets suivants : La pro-
ductivité industrielle ; la réponse des mai-

sons d'enseignement aux besoins actuels
en matière d'éducation ; tendances ac-
tuelles en matière de contenu de cours et
de méthodes d'enseignement ; pénurie de
main-d'œuvre spécialisée ; stratégie cana-
dienne en matière d'éducation ; la poli-
tique scientifique fédérale.

Information : Mme Mona L. Jento, Asso-
ciation canadienne des physiciens, 151
rue Slater, bureau 805, Ottawa, Ont. K1P
5H3. Tél : (613) 237-3392. (ou) Dr. H. Ken
Burkhardt, Ryerson Energy Centre, Ryer-
son Polytechnical Institute, 50 Gould St.,
Toronto, Ont. M5B 1E8. Tél : (416) 595-
5071.



Conseil national
de recherches Canada

National Research
Council Canada

ANALYSTE / PROGRAMMEUR

Le Conseil national de recherches du
Canada a établi un Institut de génie des
matériaux dans la région de Montréal afin
de répondre aux besoins de l'industrie cana-
dienne dans le domaine important des
problèmes reliés à la dégradation et à la
durabilité des matériaux. L'Institut de génie
des matériaux est à la recherche d'un ana-
lyste/programmeur pour mettre sur pied
et participer à la bonne marche de son
nouveau centre de calcul. Sous la respon-
sabilité de l'ingénieur en chef, la personne
choisie aura à développer ou exploiter dif-
férentes applications scientifiques comme
la saisie de données en temps réel, le con-
trôle de processus, et l'analyse par élé-
ments finis. La personne assurera égale-
ment la gestion des ressources comme la
disponibilité d'espace mémoire et l'attribu-
tion de codes projets. A la demande des
chercheurs d'IGM et selon sa disponibilité,
elle développera du logiciel pour les pro-
jets de l'Institut. Elle aidera également les
chercheurs à utiliser efficacement la ma-
chine.

Les personnes intéressées doivent pos-
séder un baccalauréat en génie électrique
avec spécialisation en informatique et une
connaissance des langages FORTRAN,
BASIC, et d'assemblage et deux à trois ans
d'expérience pertinente dans le domaine
de l'informatique. La connaissance du fran-
çais est essentielle pour ce poste.

Traitement — Jusqu'à 25,058 dollars par
année, selon la formation et l'expérience.

Prière d'adresser un curriculum com-
plet à l'Agent d'emploi, Conseil national de
recherches du Canada, Ottawa, Ontario,
K1A 0R6. Veuillez donner la référence
IGM-61-1.

Canada

Communiqués

BOURSES DE DÉVELOPPEMENT PROFESSIONNEL DU CRDI

Le Centre de recherches pour le développement international offre, pour 1982-83, huit bourses de développement professionnel dans le domaine du développement international.

Ces bourses sont destinées à accorder un « congé sabbatique » de six mois à un an aussi bien à des spécialistes qui veulent parfaire leurs connaissances en matière de développement international qu'à des profanes désirant se spécialiser dans ce domaine, quel que soit par ailleurs leur secteur d'activité ou leur discipline.

Les candidats doivent soumettre un projet de leur cru répondant à deux critères principaux : il doit accroître la compétence professionnelle du boursier tout en le familiarisant avec les problèmes des pays en développement et il doit avoir un rapport direct avec les problèmes de ces pays. Il peut s'agir d'un programme de formation dans un cadre institutionnel ou informel, d'une combinaison d'études et de travaux, ou de n'importe quel genre de programme de perfectionnement augmentant les

capacité professionnelles dans le domaine du développement international.

Chaque bourse prévoit des émoluments pouvant atteindre 30.000 dollars, les frais de transport (aller-retour) du boursier au lieu d'étude ou de recherche, le frais de formation — s'il y a lieu —, ainsi que jusqu'à 5.500 dollars pour les frais de déplacement et de recherche durant l'année d'étude.

Tout citoyen canadien ou immigrant reçu au Canada peut poser sa candidature s'il a au moins dix années d'expérience professionnelle. La date limite pour la réception des candidatures est le 31 décembre 1981.

Les intéressés sont invités à communiquer avec le programme de Bourses du CRDI en écrivant à l'adresse suivante :

*Bourses de développement professionnel
Centre de recherches pour le développement international
B.P. 8500
Ottawa (Ontario)
K1G 3H9*

Récente parution :

LES MÉLANGES DES FLUIDES FRIGORIGÈNES : PROPRIÉTÉS ET APPLICATIONS

Ce volume, le 45e de la collection *Science et Technique du froid* de l'Institut International du Froid présente des communications groupées sous quatre sections : — les propriétés d'équilibre et de transport des mélanges, — l'utilisation des mélanges dans les machines frigorifiques et les pompes à chaleur à compression, — les machines à absorption, — le transfert de chaleur et les instabilités hydrodynamiques dans les mélanges.

Les recherches faites permettent d'espérer une certaine amélioration des machines frigorifiques et des pompes à chaleur : de plus, les résultats obtenus peuvent être exploités par des systèmes faisant appel à diverses sources énergétiques primaires et en particulier à l'énergie solaire.

(Information : I.I.F., 177 boul. Maiesherbes, F-75017 Paris, France)

S GÉNIE PRODUCTION

CONSEIL TECHNIQUE

DIRECTEUR D'USINE

\$48 — \$55,000

Une importante société manufacturière canadienne recherche présentement un individu pour diriger ses opérations manufacturières. Le gérant d'usine sera entièrement responsable de la mise sur pied d'une usine et de la mise en marche d'un nouveau procédé continu de fabrication. Le candidat recherché est un ingénieur diplômé, il possèdera une expérience de 5 ans et plus dans un milieu de procédé au niveau de la haute direction.

DIRECTEUR DU GÉNIE

\$41 — \$50,000

Notre client, une des plus importantes sociétés manufacturières dans la province, recherche un directeur de génie. Le candidat sera responsable de diriger les départements de génie et de maintenance. Le titulaire doit posséder une expérience dans tous les aspects de manufacture et aura un minimum de 5 ans d'expérience dans la direction du personnel et sera diplômé en génie.

INGÉNIEUR DE PROJET INTERNATIONAL

\$36 — \$40,000

Notre client, au premier rang mondial en son domaine, recherche présentement les services d'un ingénieur de projet. Il sera entièrement responsable de la mise sur pied d'usine au niveau international. Le candidat possèdera 3 à 5 ans d'expérience en direction des projets, sera familier avec l'autorisation et le contrôle de procédé, devra détenir un diplôme en génie, et disposé à voyager en Europe occasionnellement.

INGÉNIEUR DE PROJET

\$27 — \$35,000

Notre client recherche un ingénieur mécanique ou électrique qui sera responsable du développement de l'évaluation et de l'implantation de tout projet. Le candidat idéal possèdera 2 ans et plus d'expérience de projet ou de production.

INGÉNIEUR EN ÉLECTRICITÉ ET INSTRUMENTATION

\$31 — \$38,000

Le titulaire exécute des projets touchant l'instrumentation des procédés et l'équipement électrique et électronique lié aux projets de développement. Le candidat devra détenir un diplôme universitaire en génie électrique et posséder de 2 à 3 ans d'expérience en milieu industriel. Des connaissances en hydraulique et pneumatique seraient un atout.

SPECIALISTE EN LOGICIEL DE CONTRÔLE

\$25 — \$32,000

Le titulaire se verra confier la conception et la réalisation du logiciel nécessaire à l'automatisation de différents projets. Le candidat devra détenir un diplôme universitaire en génie avec 1 à 5 ans d'expérience dans la programmation sur ordinateur effectuant le contrôle et l'acquisition de données en temps réel. Toute expérience pertinente dans ce domaine sera aussi considérée. De plus, le candidat devra avoir une connaissance pratique d'un langage évolué, avoir déjà travaillé avec des ordinateurs préférentiellement d'exploitation RSX-11M.

REPRÉSENTANT TECHNIQUE TÉLÉPHONIE

\$27,500 + boni

Notre client, une importante société manufacturière de produits téléphoniques, recherche un individu qui sera responsable des présentations techniques au près de leur clientèle. Le candidat possèdera une expérience en système téléphonique surtout en « T carrier et PCM carrier ». Un stage de formation sera donné dans le sud des États-Unis.

CONSEILLER TECHNIQUE

\$23 — \$30,000

Nous avons plusieurs clients qui sont présentement à la recherche de représentants techniques. Les candidats recherchés possèdent une formation en génie ou technique.

Pour une entrevue confidentielle, contactez Yvan Michon

ST-AMOUR et ASSOCIÉS LTÉE

Spécialistes en recrutement de personnel

666 ouest, rue Sherbrooke, Montréal, Québec - 288-7400

288-7400

Répertoire des annonceurs

| | | | |
|------------|---|----------|---|
| 2,3 CIV | Aciers Algoma Ltée ASEA Industries Ltée | 20 | Inspec-Sol Inc. |
| 20 20 | Beauchemin, Beaton, Lapointe Inc. Bouthillette, Parizeau et Associés | 35 | Jenkins Canada Ltée |
| 6 | Compagnie Nationale de Forage et Sondage Inc. | 40 | Laboratoire d'Inspection et d'Essais Inc. |
| 38 | Conseil National de Recherches du Canada | 14 20 | La Ligue d'électricité du Québec Lavalin |
| 30 | Coopérative Etudiante de Polytechnique | 6 | Lupien, Rosenberg, Journeaux et Associés Inc. |
| 29 | Desjardins, Sauriol et Associés | 6 | Mon-ter-val Inc. |
| 12 | Équipements de contrôle Davis Ltée | 40 20 | La Rapière, restaurant Les entreprises Réfac Inc. |
| CIII 4 | Federal Pioneer Ltée Flygt Canada | CII | Rémy Martin |
| 37 | Gouvernement du Canada — Ministère de la Défense nationale | 39 24 | Saint-Amour et Associés Ltée La Société pour l'Expansion des Exportations |
| 40 | Le Groupe-conseil S.M. Inc. | 31, 32 | Stelco Inc. |
| 34 | Les Equipements Hewitt Ltée | 6 13 | Technisol Inc. Téléforce/Réseau de téléphone transcanadien |

La Rapière
RESTAURANT FRANÇAIS
spécialités pyrénéennes

le confit d'oie, le cassoulet,
le jambon de Bayonne.

Table d'hôte lundi au vendredi:
(midi à 23h30) Fermé le dimanche:

Réservations: 844-8920
1490 rue Stanley,
(métro Peel, sortie Stanley)



Le Groupe-conseil S.M. inc.

Les Consultants Industriels S.M. Inc.
Division génie industriel

Les Consultants S.M. Inc.
Division surveillance et conception

Labo S.M. Inc.
Division laboratoires

345, rue Boucherville
Sherbrooke, Québec
J1L 1X8
Téléphone: 819/566-8855
Sans frais: 1-800/567-6135

2545, avenue Delorimier
Longueuil, Québec
J4K 3P7
Téléphone: 514/651-0981

**LABORATOIRE
D'INSPECTION
& D'ESSAIS INC.**

Geotechnique / Contrôle Qualitatif
SONDAGES - ÉTUDES / SOLS - BÉTON - ASPHALTE - ACIER



6775, rue Bombardier
C.P. 310, Succ. St-Michel
Montréal H1P 2W2
Tel.: (514) 326-0130

3380, boul. Hamel
C.P. 9220, Succ. Ste-Foy
Ste-Foy G1V 4B1
Tel.: (418) 872-3381



«Le patron a eu le nez fin: Action clientèle, ça va rapporter.»

Jules et Jean se sentent plus d'attaque. Leur patron a invité un conseiller Téléforce à expliquer le nouveau programme appelé Action clientèle. Action clientèle accroît la rentabilité des entreprises par des techniques de commercialisation par téléphone. Vous voulez créer une nouvelle clientèle? Stimuler des comptes

inactifs? Susciter une meilleure interaction entre votre entreprise et ses clients? Action clientèle est un outil sans pareil. Avec Action clientèle, Jules et Jean seront plus efficaces, leurs clients seront satisfaits, leur entreprise marchera plus rondement...et leur patron se félicitera d'avoir eu du flair une fois de plus.

Téléforce* est un service de consultation dont le but est de permettre à votre entreprise d'accroître son efficacité et sa rentabilité à l'aide de l'interurbain.

Pour obtenir gratuitement et sans obligation plus de renseignements sur le programme Action clientèle de Téléforce, remplissez immédiatement le coupon-réponse ci-joint ou composez sans frais 1+800+267-8333.



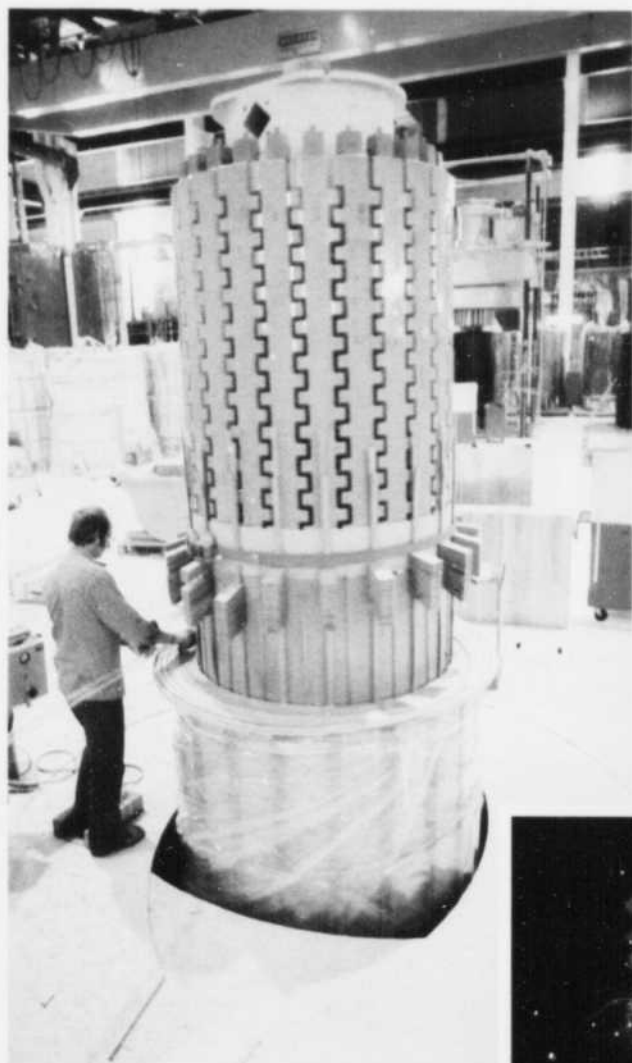
Téléforce
Réseau téléphonique transcanadien

Téléforce
Laissez-le vous aider

*Marque déposée

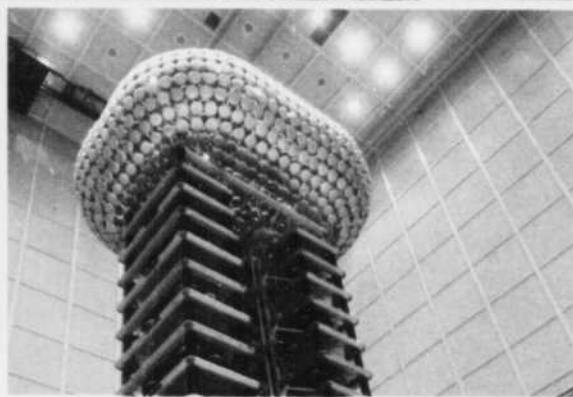
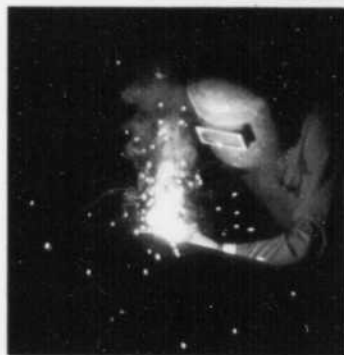
Bell

l'électricité au service de l'homme



Notre objectif premier est de répondre à un besoin pour des transformateurs de puissance et inductances shunt à la fine pointe de la technologie, de dimensions réduites et d'une fiabilité remarquable.

Nous sommes les premiers en Amérique du nord à produire des transformateurs de puissance, triphasés à 735 K V.



ASEA

ASEA Industries Ltée — 1600 Montée Ste-Julie, Varennes, Québec, Canada J0L 2P0
ASEA Limitée — 10300 ouest, Henri Bourassa, St-Laurent, Québec, Canada H4S 1N6
Bureaux de vente: Toronto, Winnipeg, Calgary, Vancouver