

SYNTHÈSE DU MÉTHANOL A PARTIR DU BOIS

par G. PETROFF

*Division de Cellulose et Chimie
Centre Technique Forestier Tropical*

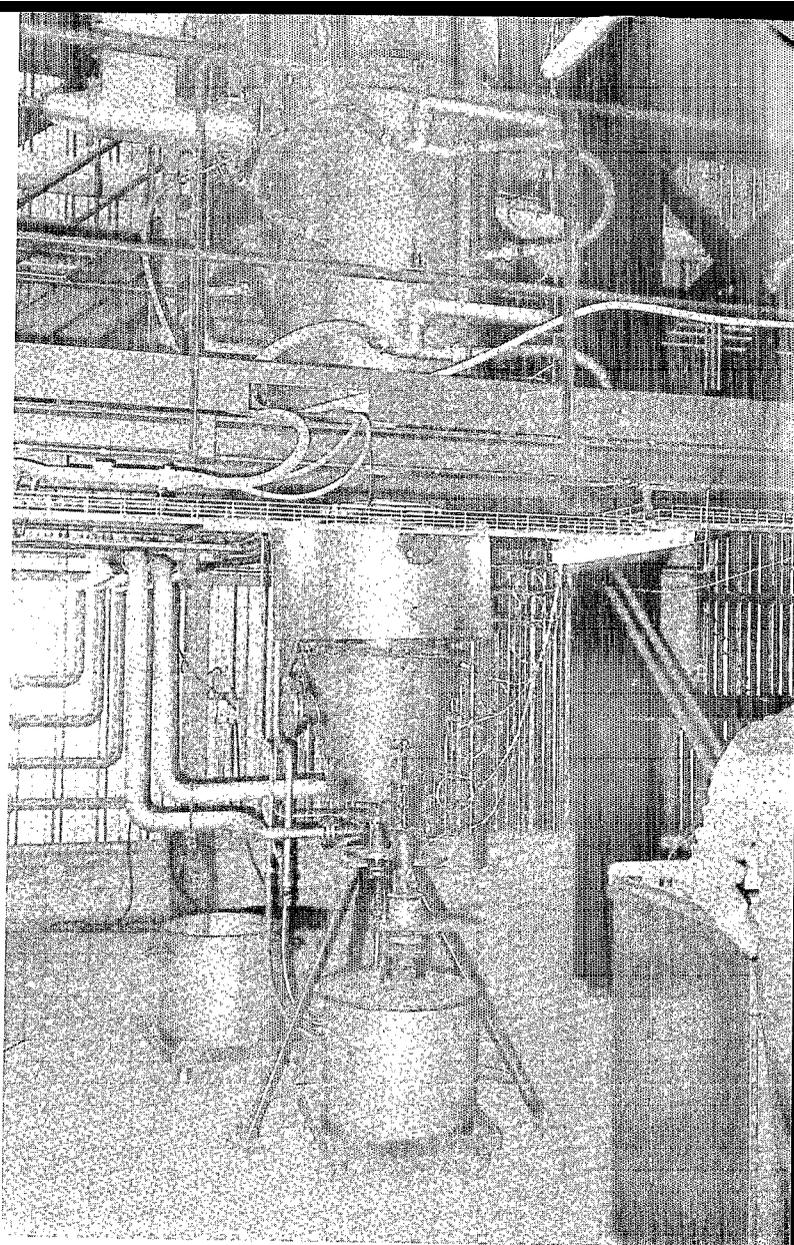


Photo Petroff.

Gazogène expérimental à lit fluidisé de Creusot Loire.

SUMMARY

THE SYNTHESIS OF METHANOL FROM WOOD

After reviewing the different processes of synthesizing methanol, the author deals with the possibilities of obtaining this alcohol from the gasification of wood. Different types of gas-producers are mentioned (fixed bed, fluidized bed, using electrical or solar energy).

The use of methanol as a product of synthesis (in the chemical industry) or as a source of energy (vehicle fuel) is also referred to, along with industrial application projects in various parts of the world.

RESUMEN

LA SINTESIS DEL METANOL A PARTIR DE LA MADERA

Tras haber examinado sucesivamente los distintos métodos de síntesis del metanol, el autor del artículo trata de las posibilidades de obtención de este alcohol mediante la gasificación de la madera. Se mencionan distintos tipos de gasógenos (aparato de lecho fijo, de lecho fluidizado, con utilización de la energía eléctrica o solar).

También se da cuenta de las posibilidades de empleo del metanol como producto de síntesis (en la industria química) o bien, como fuente de energía (combustible o carburante para vehículos), así como los proyectos de realizaciones industriales en el mundo.

Les conditions de vie étant désormais liées à la disponibilité et au coût de l'énergie, la plupart des nations sont à la recherche de produits de substitution du pétrole susceptibles d'être obtenus à des prix compétitifs.

Parmi les solutions envisageables, celles qui ont trait à l'utilisation de la biomasse, et en particulier celles qui concernent la synthèse du méthanol, doivent retenir l'attention car elles se développent rapidement.

Les ressources en biomasse mobilisables dans le monde sur la base d'un rendement soutenu peuvent être approximativement estimées à 10 milliards de t/an. La part la plus importante, et probablement la plus facilement disponible, correspond aux ressources forestières avec un potentiel annuel de 6 à 7 milliards de tonnes. Les pailles de céréales viendraient en seconde position avec seulement 1 à 2 milliards de tonnes. Ces chiffres soulignent l'importance qu'il faut attacher à la filière bois en notant toutefois que les disponibilités varient très largement d'une région à l'autre.

Les surfaces boisées se répartissent à peu près également entre zones tempérées et zones tropicales, mais leur nature est différente, les résineux se situant plutôt dans les premières et les feuillus dans les secondes. Il faut par ailleurs tenir compte de conditions locales diverses telles que quantités déjà prélevées pour l'industrie traditionnelle, accessibilité, facilité d'exploitation, possibilités de reforestation, etc... On peut toutefois admettre que des quantités très importantes de bois sont encore disponibles en Amérique du Sud et en Sibérie et des quantités non négligeables,

bien que sensiblement inférieures aux précédentes, en Afrique, Asie du Sud-Est et Canada. Les perspectives sont moins favorables pour l'Europe et l'Asie continentale, bien que l'on puisse envisager dans quelques cas l'emploi de bois de taillis ou de déchets divers.

On verra plus loin qu'il faut 1,75 t de bois sec pour produire 1 t de méthanol soit 3,5 t de bois pour produire une TEP (Tonne équivalent pétrole). Ainsi, on voit déjà que les forêts du monde pourraient en théorie produire près de 2 milliards/an de TEP méthanol. Ce raisonnement est toutefois fallacieux car bien des obstacles empêchent qu'un tel projet se réalise (coût de l'exploitation, éloignement des forêts, difficultés de transport, etc...).

Plus prometteuses sont les plantations artificielles à haute production dans des zones bien choisies des régions tropicales humides mais aussi dans certaines régions à climat doux et humide comme le sud du Chili. Grâce aux techniques nouvelles (travail du sol, fertilisation, sélection génétique) on produit facilement dans ces régions 15 t de matière sèche forestière par ha et par an soit l'équivalent de 4 à 5 TEP.

On reviendra sur cette question, ci-dessous, en commentant le tableau n° 2 qui indique la consommation de la Communauté Economique Européenne en carburant liquide.

C'est dans ce contexte qu'il faut situer les problèmes relatifs à la synthèse du méthanol à partir de la biomasse, en notant que les procédés qui seront mis au point s'appliqueront, dans une large mesure, à une matière première composée de bois, particulièrement de bois tropicaux.

ASPECT TECHNIQUE

Le méthanol ou alcool méthylique, $\text{CH}_3\text{—OH}$, est le premier des alcools dans la série des alcanes c'est-à-dire des hydrocarbures linéaires saturés. Il ne faut pas le confondre avec l'éthanol ou alcool éthylique $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$ qui arrive en seconde position dans la même série.

Les caractéristiques comparées du méthanol, de l'éthanol, de l'essence, du gazoil et du fuel sont données au tableau n° 1.

Le méthanol doit être considéré comme un carburant présentant, par rapport à des produits plus classiques, les avantages et inconvénients suivants :

- Avantages : bon indice d'octane, rapport stœchiométrique favorable, action polluante limitée.
- Inconvénients : faible pouvoir calorifique, vaporisation difficile, toxicité en cas d'ingestion, difficultés d'emploi diverses (voir plus loin les problèmes relatifs à l'emploi du méthanol comme carburant).

Plusieurs filières conduisent au méthanol de synthèse. Deux sont opérationnelles : filière au gaz naturel, filière au charbon minéral. Les autres basées sur la gazéification de la biomasse font l'objet de mises au point et le seront prochainement. Toutes les filières comportent deux stades :

TABLEAU n° 1

CARACTÉRISTIQUES COMPARÉES DU MÉTHANOL, DE L'ÉTHANOL ET DE QUELQUES HYDROCARBURES

	Méthanol	Ethanol	Essence (C4 à C12)	Diesel (C14 à C19)	Fuel (C20 ⁺)
Densité	0,79	0,79	0,72 à 0,78	0,83 à 0,88	0,88 à 0,97
P.c.i. cal/g	4.760(1)	6.390	10.500	10.250	9.600
Température d'ébullition à pression atmosphérique	66°	78°	27 à 225°	240 à 360°	360° ⁺⁺
Indice d'octane R	106-115	106-111	79-98	—	—
M	82-92	89-100	71-90	—	—
Chaleur latente de vaporisation MJ/Kg	1,18	0,84	0,33	—	—
Rapport massique stœchiométrique air/carburant	6,45	8,97	14,6	—	—
(1) Le P. C. S. peu usité, est sensiblement plus élevé : 5.420.					

- 1 : préparation d'un gaz de synthèse de composition moléculaire $\text{CO} + 2 \text{H}_2$. Le gaz de synthèse peut être obtenu à partir du bois, de la paille, du charbon, du gaz naturel, etc...
- 2 : synthèse du méthanol en présence de catalyseurs, à chaud et sous pression, selon la réaction :



La nature des catalyseurs, généralement des oxydes

métalliques tels que chrome, zinc, cuivre, etc..., est très importante. Elle conditionne la pression qui peut varier de 50 à 350 bars et la température qui peut passer de 250° à 400°. Les catalyseurs au cuivre, qui depuis quelques années sont très employés, permettent de travailler à des températures et pressions relativement plus basses. L'apparition de nouveaux types de catalyseurs pourrait modifier sensiblement les conditions de la synthèse et influencer sur le rendement et la qualité du produit final.

FILIÈRE AU GAZ NATUREL.

Jusqu'à présent, la plus grande partie du méthanol a été obtenue à partir du gaz naturel (ou des gaz résiduels de raffinerie de pétrole). Ce gaz est essentiellement composé de méthane : CH_4 . Le processus, tel celui de l'usine de Villers St-Paul en France, est le suivant :

a) Traitement du méthane pour lui donner un haut niveau de pureté.

b) Transformation catalytique du méthane (Reforming) pour obtenir un mélange CO/H_2 . Cette opération, fortement endothermique s'effectue sous pression de 14 bars : $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3 \text{H}_2 + \text{CO}$.

c) Equilibrage du mélange CO/H_2 pour obtenir la composition moléculaire $\text{CO}, 2 \text{H}_2$ (avec le gaz naturel on est généralement excédentaire en H_2).

d) Compression du gaz de 14 à 100 bars.

e) Synthèse du méthanol par recyclage du gaz sur un catalyseur approprié.

L'efficacité de la transformation globale dépasse généralement 90 % mais une part non négligeable du méthanol est recyclée pour couvrir les besoins énergétiques de l'usine.

FILIÈRE AU CHARBON.

La filière de gazéification au charbon minéral est connue depuis de nombreuses années et a notamment été exploitée par l'Allemagne pendant la guerre. Toutefois le gaz obtenu a été transformé directement

en essence grâce au procédé de synthèse Fischer et Tropsch. Le procédé de gazéification est basé essentiellement sur les réactions d'oxydation du charbon par la vapeur d'eau : $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CO} + \text{H}_2$.

La réaction nécessite des températures et pressions élevées. Quelques sociétés comme Winkler, Lurgi, etc... commercialisent des gazéificateurs à charbon. De nouvelles marques apparaissent actuellement et les possibilités de choix s'élargissent rapidement.

Le gaz de synthèse, une fois épuré et équilibré, peut

être traité comme dans le cas du gaz naturel pour conduire au méthanol.

Il faut noter que pour cette filière, le charbon minéral, peu réactif, doit être broyé plus ou moins finement avant d'être gazéifié. Il en résulte un matériel spécifique difficilement adaptable au bois ou au charbon de bois.

FILIÈRE AU BOIS.

Cette filière n'a jusqu'à présent été expérimentée qu'à très petite échelle. Elle fait encore l'objet de nombreuses mises au point.

Les procédés de gazéification se rattachent aux phénomènes de pyrolyse des bois.

Lorsque l'on chauffe une matière lignocellulosique jusqu'à 400° ou plus, elle donne naissance, par réaction pyrolytique, à trois produits distincts :

- une phase solide : le charbon de bois,
- une phase liquide : le pyroligneux,
- une phase gazeuse : les gaz combustibles.

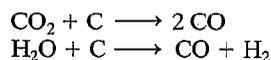
Le charbon de bois est constitué de carbone et de quelques pourcents de diverses matières organiques volatiles qui sont presque totalement éliminées lorsque l'on porte le charbon à des températures de l'ordre de 800 à 900°.

Le pyroligneux correspond à une phase aqueuse contenant en petites quantités des produits organiques tels que méthanol, acide acétique, acétates, acétone, crésol, gaïacol, etc... On y trouve, plus ou moins dispersée, une fraction non négligeable de goudrons lourds.

Le gaz est essentiellement constitué d'un mélange de CO, CO₂, avec en plus, mais en faible quantité, de l'hydrogène et des hydrocarbures saturés à chaîne courte.

Un artifice permet, au cours de la pyrolyse, de transformer le tout en un seul produit final gazeux. Il consiste à recycler à chaud, sur le charbon de bois formé, les vapeurs de pyroligneux et les gaz après les avoir mélangés à un peu d'air.

L'introduction d'air permet aux produits combustibles présents de brûler dans le gazéificateur, ce qui augmente localement la température (fig. n° 1). La combustion des pyroligneux conduit à des molécules du type CO₂, H₂O, CO qui elles-mêmes réagissent sur le charbon de bois pour donner une nouvelle quantité de CO et H₂ :



Une température élevée limite par cracking les quantités de goudrons qui risquent d'échapper à la combustion.

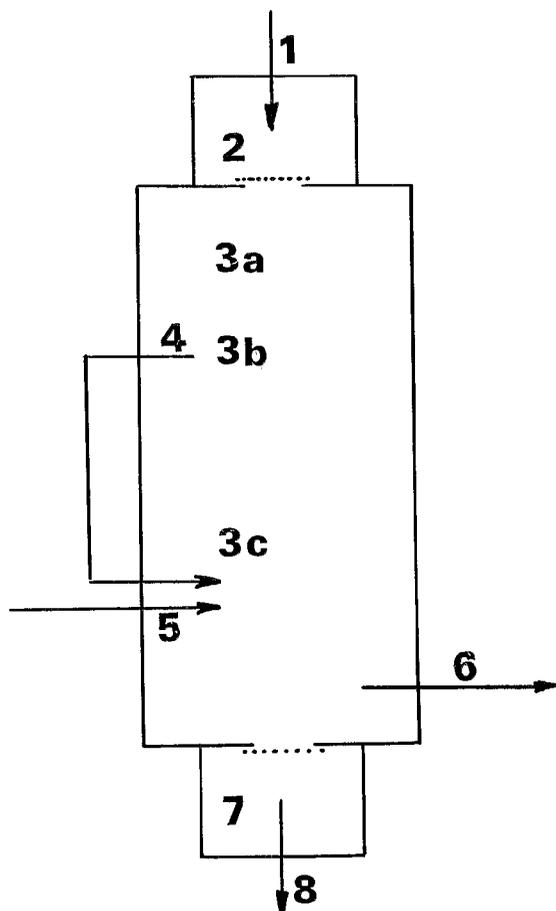


Fig. n° 1. — Gazéificateur à bois.

- 1 : Arrivée du bois
- 2 : Sas d'entrée
- 3 : a/zone de séchage
b/zone de pyrolyse — carbonisation
c/zone de combustion — gazéification
- 4 : Recyclage des gaz de pyrolyse
- 5 : Entrée d'air ou d'oxygène
- 6 : Sortie des gaz
- 7 : Sas de sortie
- 8 : Sortie des cendres.

Finalement, si le réglage de l'introduction d'air est correct, le gaz sortant de l'appareil peut avoir la composition approximative suivante, en volume :

CO15 %
H₂15 à 20 %
CO₂15 %
N50 à 55 %
Carbure+

L'introduction d'oxygène pur à la place de l'air élimine l'azote. On obtient alors un gaz contenant essentiellement CO, CO₂, H₂.

On peut également obtenir une gazéification sans azote en élevant la température du gazogène non par apport d'oxygène mais par échange c'est-à-dire par introduction de toute matière, sable ou autre, portée à l'incandescence dans un foyer annexe (gazogènes à lit mobile). Il faut dans ce cas introduire en complément un peu de vapeur d'eau pour assurer une bonne gazéification du bois.

A ce stade du processus, les problèmes restant à résoudre pour parvenir à un gaz qualitativement et quantitativement satisfaisant pour la synthèse sont les suivants :

— Epuration des gaz : les goudrons résiduels sont éliminables par adsorption dans des huiles dissolvantes. Un lavage à l'eau entraîne également une part importante des impuretés. Un passage des gaz sur filtre ou en cyclone sépare les particules solides. Certains constituants spécifiques peuvent nécessiter un traitement particulier.

LES GAZÉIFICATEURS À BOIS.

La mise au point de gazéificateurs fiables, de capacités suffisantes pour que l'on puisse envisager des productions industrielles, représente actuellement l'axe de recherche et de développement prioritaire pour la filière méthanol/biomasse. En effet, bien que d'assez nombreux prototypes soient en cours d'étude et fonctionnent même parfois en station pilote, aucune production industrielle de grande capacité, basée sur leur emploi, n'a semble-t-il été lancée jusqu'à présent.

Les technologies connues ou envisageables peuvent se classer en différents groupes (fig. nos 2 et 3) :

1. Gazogènes à lits fixes : à corps vertical, horizontal ou incliné, ils se distinguent par la granulométrie de la matière première entrante. Ces gazogènes ne peuvent pas utiliser indifféremment des rondins (ou des gros blocs), des plaquettes ou des sciures et il faut dans chaque cas adapter le matériel à la nature du bois. Certains gazogènes présentent des particularités, tel le gazogène De Lacotte (actuellement Sté Entropie) qui dispose d'une chambre latérale pour la combustion des pyrolyseux. De même des types de gazogènes à étages sont en cours d'étude. Ils comportent deux zones successives de recyclage et combustion afin de mieux éliminer les goudrons résiduels. Certains gazogènes ont été conçus pour fonctionner sous pression ce qui peut

— Ajustement moléculaire : contrairement à ce que l'on observe dans le cas du gaz naturel, le gaz obtenu à partir de la biomasse est généralement pauvre en hydrogène et il importe de rééquilibrer le mélange. L'apport d'hydrogène extérieur, de type électrolytique ou autre, serait coûteux pour de nombreux pays, bien que certaines régions privilégiées (Canada, Norvège) puissent l'envisager. On préfère généralement obtenir l'hydrogène nécessaire en transformant une partie du monoxyde de carbone, par réaction avec de la vapeur d'eau selon le schéma $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$. Cette opération est désignée sous le nom de conversion des gaz.

— Elimination de CO₂ : théoriquement, la présence de bioxyde de carbone dans le gaz de synthèse pourrait être admise, car il réagit selon l'équation $\text{CO}_2 + 3 \text{H}_2 \longrightarrow \text{CH}_3 - \text{OH} + \text{H}_2\text{O}$. Pratiquement il est peu apprécié car il consomme beaucoup d'hydrogène et donne en partie de l'eau. C'est pourquoi, dans bien des cas, on cherche, sinon à l'éliminer totalement, tout au moins à réduire sensiblement sa proportion. Pour cela on l'adsorbe en tours à contre-courant avec des solutions de potasse.

— Compression des gaz : il peut être avantageux, pour améliorer certaines réactions, de procéder très rapidement à un premier stade de compression, parfois même dès le début du processus, c'est-à-dire au niveau du gazéificateur. Il existe en fait de nombreuses variantes qui modifient sensiblement la technologie d'une station.

améliorer les équilibres chimiques et l'écoulement des gaz dans les sections situées en aval.

Les gazogènes à lit fixe ont à l'origine été conçus pour un fonctionnement à l'air (Cemagref, Duvant, Pillard, etc...). Quelques-uns comme l'appareil Cemagref ont été convertis à l'oxygène. Dans les autres cas, les gaz contiennent de l'azote impropre à la synthèse du méthanol.

2. Gazogènes en suspension : ils permettent de traiter de fines particules qui circulent dans le corps des appareils selon un mouvement cyclonique. Ils ont à l'origine été retenus pour le traitement du charbon. Un modèle conçu pour la paille et adaptable au bois a été réalisé par le Cemagref.

3. Gazogènes à lits mobiles : le fluide caloporteur est souvent constitué de sable ou d'une matière similaire. Ces appareils facilitent une gazéification hors oxygène et azote, seuls du sable chaud, de la vapeur d'eau et un recyclage partiel de gaz craqué entrant alors en contact avec le bois. Les gaz de pyrolyse peuvent contribuer, directement ou indirectement, au chauffage du sable dans un four annexe. Ces gazogènes, parfois pressurisés, sont généralement plus coûteux.

e = Entrée du bois
 r = Recyclage des gaz
 o = Entrée d'oxygène
 g = Sortie des gaz

s = Sortie des cendres
 c = Chambre de combustion annexe
 f = Fluide caloporteur

q = Apport calorifique
 R = Rayonnement solaire
 m = miroir

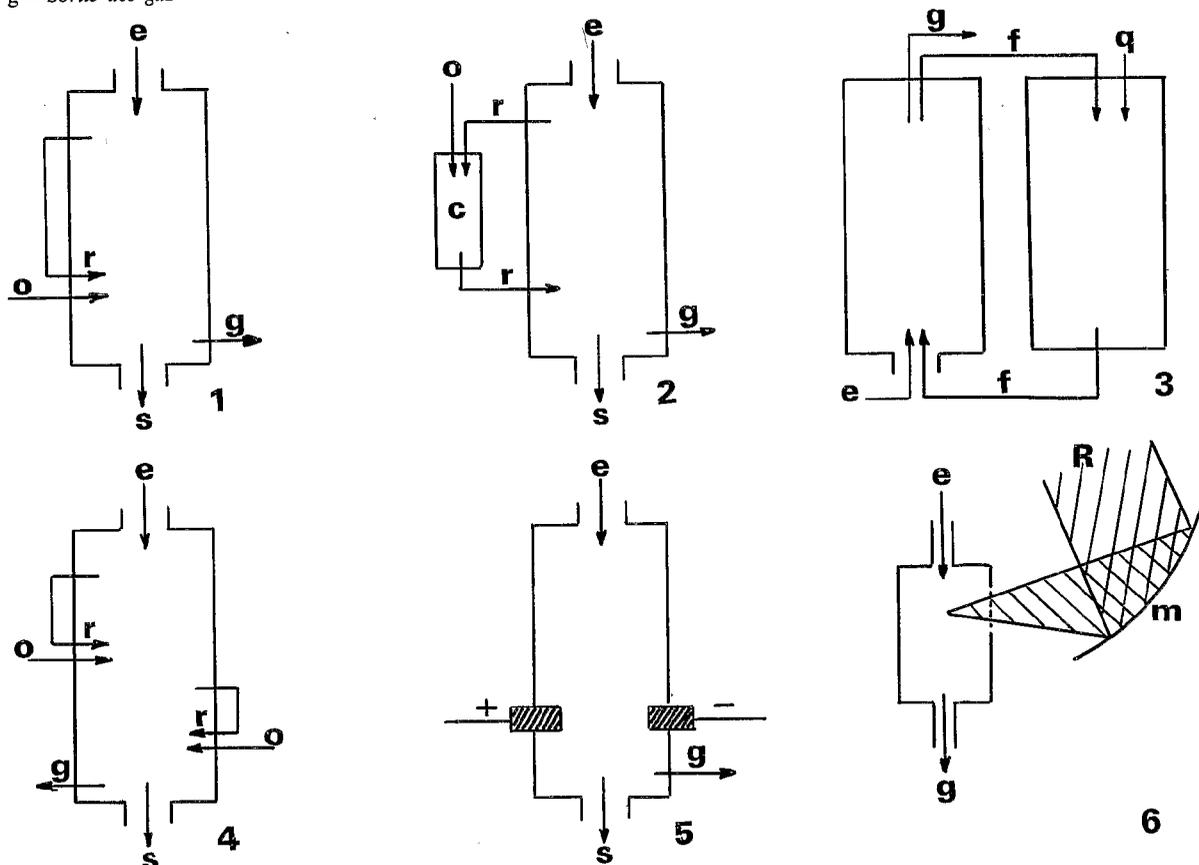
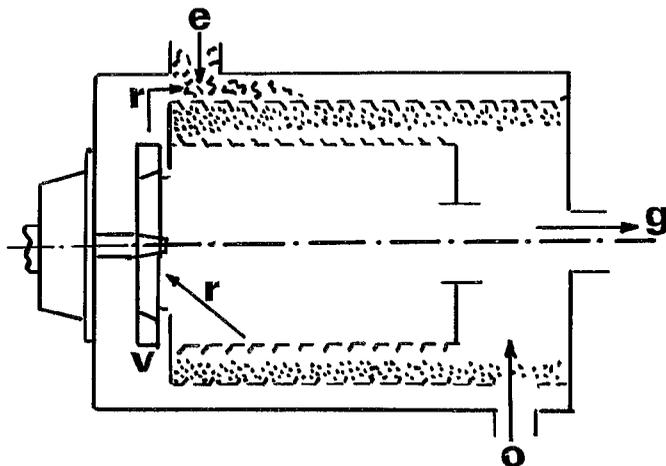


FIG. n° 2. — 1: Classique 4: A double recyclage
 2: De Lacotte 5: Electrique
 3: A lit mobile 6: Solaire

FIG. n° 3. — Gazogène en suspension CEMAGREF-PILLARD

e : entrée de la matière première r : recyclage des gaz
 g : sortie des gaz v : ventilateur
 o : entrée d'air ou d'oxygène



4. Gazogènes électriques : le procédé initial, testé au Brésil, consiste à faire circuler le mélange gazeux dans une zone à haute température obtenue par conductance électrique du charbon formé qui passe entre deux électrodes. On obtient ainsi un meilleur craquage des goudrons résiduels ce qui facilite les problèmes d'épuration ultérieurs.

5. Gazogènes solaires : cette conception toute récente n'a pas dépassé le stade des premières recherches. L'apport calorifique est obtenu à l'aide d'un four solaire concentrant ses rayons sur un réacteur situé au foyer. Le flux de chaleur est intense et permet d'envisager une pyrolyse « éclair » donc pratiquement instantanée de la matière première. Des expériences de laboratoire ont montré que dans de telles conditions, les produits de pyrolyse sont assez voisins de ceux que l'on obtient par les technologies classiques, et évidemment exemptes d'azote.

LES DONNÉES INDUSTRIELLES.

Il est encore trop tôt pour définir très exactement les consommations, les coûts, les rendements d'une unité de synthèse de méthanol fonctionnant au bois. Des calculs d'approche montrent que la consommation de bois se situe probablement entre 1,5 et 2 t de bois anhydre par tonne de méthanol. En fait, les quantités de bois dépendent de divers facteurs dont trois en particulier peuvent jouer un rôle important :

- Possibilité de faire appel au bois pour couvrir les besoins énergétiques internes de l'usine.
- Apport éventuel d'hydrogène extérieur pour ajuster le rapport CO/H₂.
- Efficacité de la station de « conversion » des gaz.

L'énergie nécessaire à l'usine sera de l'ordre de 1.000 Kwh par tonne de méthanol. Le rendement énergétique global, c'est-à-dire le rapport « Energie méthanol / (Calories bois + Energie, entrant à l'usine) » pourrait alors se situer aux environs de 0,5.

Ce rendement est très acceptable par rapport à ceux que l'on observe pour d'autres filières de production d'alcool, les chiffres étant souvent beaucoup plus faibles. On connaît même, malheureusement, des filières pour lesquelles l'énergie de transformation est supérieure à celle de l'énergie du produit final.

L'investissement pour une unité de méthanol sera probablement compris entre 1.000 et 2.000 F par t/an

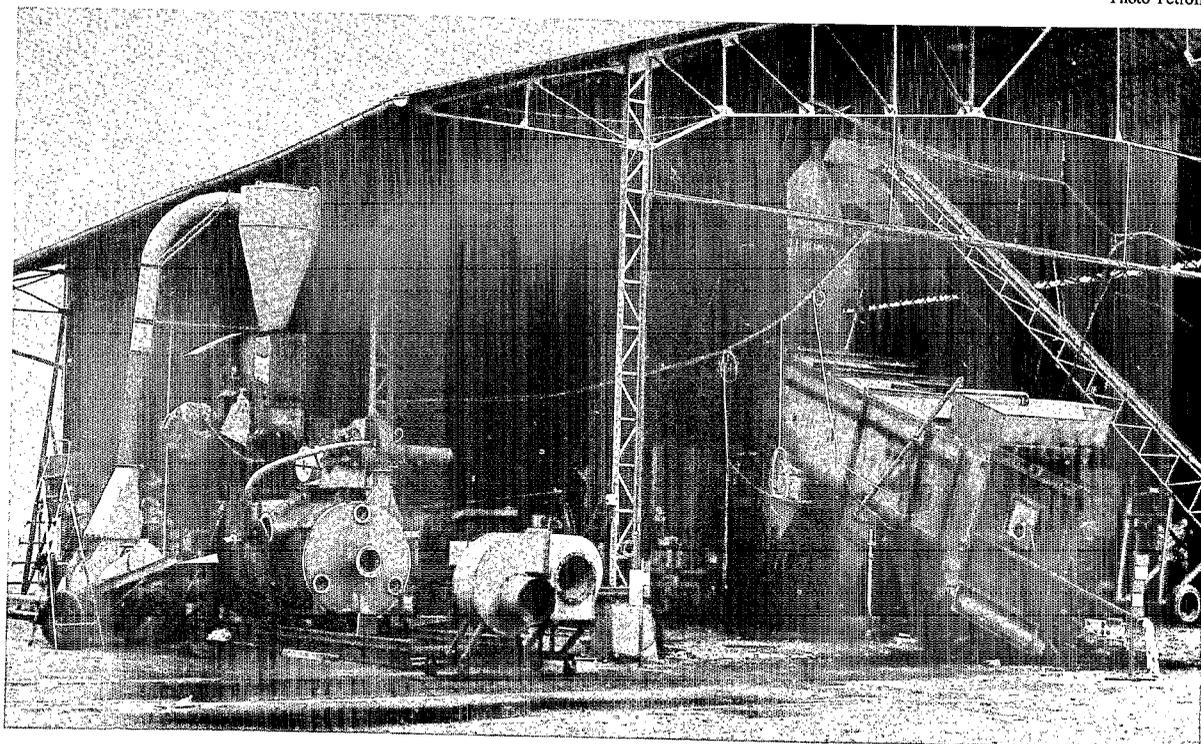
de méthanol, soit très approximativement 500 millions de francs pour une unité de 1.000 t/jour. Ces chiffres sont toutefois susceptibles de varier considérablement selon les données spécifiques : localisation de l'usine, capacité de production, infrastructure disponible, etc...

Les éléments d'information sont dans leur ensemble encore trop imprécis, et trop variables d'une région à l'autre, pour qu'il soit possible de donner une vue d'ensemble satisfaisante des conditions économiques relatives à la production de méthanol. On peut toutefois indiquer que le facteur « prix du bois » joue un rôle très important. Dans l'hypothèse d'un approvisionnement en bois à un prix raisonnable, quelques calculs préliminaires de rentabilité situent cet indice à un niveau suffisamment élevé pour que l'on puisse envisager dès maintenant des réalisations, le prix de vente du méthanol étant aligné sur la tonne équivalent pétrole, c'est-à-dire comparable au prix des produits pétroliers concurrents à pouvoir calorifique égal (actuellement, du méthanol pour carburant supporterait probablement un prix de revient dépassant quelque peu 1.300 FF/t, le prix du bois représentant 25 % de cette valeur dans les cas favorables d'approvisionnement et plus de 50 % dans les cas défavorables).

Certains pays tropicaux qui avaient l'intention de construire des usines de cellulose approvisionnées soit

A Antony, atelier du Cemagref pour la mise au point des gazogènes.

Photo Petroff.



par la forêt naturelle humide soit par des plantations à haut rendement, éprouvent actuellement des difficultés pour trouver les capitaux nécessaires. Nous croyons que ces pays pourraient utilement songer à une

« reconversion » au méthanol fondée sur les mêmes matières premières. L'investissement est en effet beaucoup plus faible pour une même quantité de bois consommée.

POSSIBILITÉS D'EMPLOI DU MÉTHANOL

Comme la plupart des carburants ou combustibles liquides, le méthanol offre l'avantage d'être assez facilement maniable. Cette caractéristique est importante dans la mesure où elle solutionne une partie des problèmes de transport, de stockage et d'alimentation des stations utilisatrices. Certaines adaptations ou modifications seront peut-être nécessaires, mais elles n'entraîneront ni un bouleversement des habitudes acquises, ni un remodelage important des circuits de distribution (le méthanol a une légère action sur certains métaux et sur certains plastiques).

Les précautions à observer au cours des manipulations ne sont guère différentes de celles qui se pratiquent actuellement en ce qui concerne l'inflammabilité et les explosions. Il faudra toutefois veiller aux entrées d'eau en raison de la mixibilité eau-alcool. De même il sera souhaitable d'attirer l'attention des usagers sur les dangers d'ingestion d'un produit qui ressemble à l'éthanol mais qui est beaucoup plus dangereux.

On peut employer le méthanol comme matière première pour l'industrie chimique, comme combustible, comme carburant.

EMPLOI DANS L'INDUSTRIE CHIMIQUE.

En fait le méthanol est déjà utilisé par l'industrie chimique en tant qu'agent de synthèse. Sa consommation à l'échelle mondiale atteint plus de 10 millions de t/an. Il intervient notamment dans la fabrication du formol et des résines urée-formol : industrie des panneaux de particules contreplaqués, etc... Il intervient, dans une moindre mesure, dans d'autres types de fabrication : solvants, fibres artificielles, insecticides, etc...

En marge de ces emplois traditionnels promis à une extension normale au cours des prochaines années, apparaissent de nouvelles possibilités, susceptibles d'entraîner une évolution sensible du marché, par conversion du méthanol en carburant traditionnel ou

assimilé. Deux processus doivent pour le moment retenir l'attention :

- Le procédé Mobil-MTG qui synthétise l'essence classique en partant du méthanol.

- Divers procédés qui conduisent à la fabrication du MTBE (Méthyltertiobutylether) par condensation du méthanol avec de l'isobutène. Le MTBE est miscible à l'essence et améliore l'indice d'octane. L'isobutène n'est actuellement disponible qu'en quantités limitées mais sa production pourrait s'accroître si on le désire.

Les coûts de ces produits de synthèse seraient bien entendu supérieurs à ceux du méthanol mais ils devraient rester compétitifs en raison de leur facilité d'emploi.

EMPLOI DU MÉTHANOL COMME COMBUSTIBLE.

L'emploi du méthanol comme combustible en remplacement du fuel ou du gaz, ne devrait pas soulever de problèmes techniques très importants, si ce n'est la

mise au point de brûleurs, opération apparemment facile à réaliser. Seules certaines chaudières, nécessitant des températures très élevées, pourraient soulever des difficultés.

EMPLOI COMME CARBURANT.

L'emploi du méthanol, directement comme carburant pour moteur peut être envisagé soit en mélange avec de l'essence, soit à l'état de méthanol 100 %.

Si on mélange du méthanol pur, exempt d'eau, à de l'essence, on peut introduire une proportion de l'ordre de 0 à 10 % de méthanol sans modifier pratiquement

les performances et le réglage des véhicules. Une proportion de 10 à 20 % les modifie peu. Malheureusement il faut compter avec la présence d'eau, en quantité plus ou moins importante, qui peut être cause d'un phénomène secondaire de démixtion de la phase ternaire eau-méthanol-essence. Le phénomène est particulièrement sensible pour de faibles proportions de méthanol. On peut y remédier par l'emploi d'additifs divers tels que des alcools de plus hauts poids moléculaires, mais de toute façon la zone 0-5 % de méthanol reste une zone d'emploi peu favorable qu'il vaut mieux éviter. La zone 5-7 % est d'un emploi plus facile. Beaucoup de spécialistes croient qu'une proportion supérieure allant jusqu'à 15 % est également acceptable sans qu'il en résulte de graves perturbations.

Des quantités de méthanol supérieures à 20 % nécessitent des modifications portant, d'une part, sur la composition de base de l'essence qui doit inclure des proportions croissantes de carbures aromatiques et additifs divers, d'autre part, sur les moteurs pour lesquels il faut revoir les dimensions des gicleurs, les arrivées d'air, le préchauffage des gaz, l'avance à l'allumage, le taux de compression, des dispositifs facilitant le démarrage à froid, etc... Les modifications sont d'autant plus importantes que le mélange est riche en méthanol. Elles sont partiellement compensées par une diminution de la pollution et un meilleur rendement énergétique dû à l'élévation du taux de compression. Pratiquement, il faudrait probablement mieux dans ce cas passer à un moteur directement conçu pour l'emploi de méthanol 100 %, ce qui est parfaitement concevable d'un point de vue technique, mais ne peut s'inscrire que dans le cadre d'une politique nationale ou sectorielle.

Le tableau n° 2 donne les consommations en carburant de différents pays d'Europe. Il apparaît que l'incorporation de méthanol, même à faible taux de l'ordre de 5 à 10 %, se traduit par un débouché important. Il faut toutefois rappeler qu'une telle action ne peut être envisagée que sous le couvert d'une réglementation précise actuellement à l'étude dans de nombreux pays.

Finalement les possibilités d'emploi du méthanol sont multiples et suffisamment importantes pour absorber la production de nouvelles usines, à condition bien entendu que ces dernières pratiquent des prix compéti-

tifs, ce qui semble actuellement acquis. A titre indicatif, on peut admettre que le marché français serait facilement ouvert, dès maintenant, à environ 1 million de t/an de méthanol soit la production de plusieurs unités industrielles. Ce marché pourrait notablement se développer à moyen terme. En cas de déséquilibre ou de rupture de l'approvisionnement pétrolier, le marché pourrait atteindre plusieurs millions de t.

TABLEAU n° 2
CONSOMMATION DE CARBURANT POUR MOTEUR
DANS LA CEE

Pays	Consommation en 1979 (en millions t)
Allemagne	23,7
Belgique	3,2
Danemark	1,7
France	17,7
Irlande	1,0
Italie	12,0
Luxembourg	0,3
Pays-Bas	4,0
Royaume-Uni	18,7
Total Europe 1979	82,3

Commentaire : on peut faire sur ce tableau les observations suivantes : si la CEE voulait remplacer par du méthanol tout le carburant tiré du pétrole qu'elle consomme, et le produire à partir du bois, elle devrait en importer la majeure partie car ses forêts n'y suffiraient pas. On peut admettre qu'elle importerait de toute façon 60 millions de TEP équivalant à 120 millions de t de méthanol.

Les régions du monde qui possèdent la capacité de production la plus élevée en biomasse forestière sont les régions humides, soit tropicales, soit tempérées du type Chili du Sud. Dans ces régions, on arrive à produire 15 t de matière sèche par ha et par an qui peuvent elles-mêmes produire sous forme de méthanol 5 TEP par ha et par an. Il faudrait donc, pour approvisionner la CEE en carburant pour moteur, trouver, planter et exploiter 60 millions TEP/5 = 12 millions d'ha de forêts artificielles.

Cela n'est pas utopique à long terme et on peut imaginer que la source principale du carburant pour moteur se déplacera progressivement du désert vers les tropiques humides.

LES PROJETS INDUSTRIELS

Les problèmes liés à la synthèse du méthanol font l'objet de recherches dans de nombreux pays. Ces recherches sont généralement menées à l'échelle du laboratoire. Toutefois, dans quelques cas particuliers, elles ont atteint un niveau plus élevé et ont été prises en charge par diverses sociétés ou groupements industriels désireux d'aboutir rapidement à des réalisations. Il en résulte quelques projets que l'on examinera ci-après en

les regroupant par pays afin de mieux les situer dans leur contexte local.

FRANCE.

Un premier groupement s'est constitué, associant les cinq sociétés suivantes : Centre d'Expérimentation du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et des

Forêts (CEMAGREF), Centre Technique Forestier Tropical (CTFT), Société Creusot Loire Entreprises (CLE), Société ELF, Société Total. L'objectif concerne l'étude et la réalisation d'unités de production de méthanol à partir de la biomasse. Une première phase de recherche est en voie d'achèvement. Elle comprend un ensemble d'études, techniques et économiques, en particulier la mise au point d'un gazogène à oxygène de 1 t/h. La seconde phase débutera fin 1981. Elle prévoit l'installation d'une station pilote dans le Sud-Ouest de la France. L'objectif final, qui pourrait être atteint d'ici quelques années, prévoit la construction en France et Outre-Mer, d'unités industrielles de tailles diverses pouvant aller jusqu'à 1.500 t/jour de méthanol.

Un second groupement vient de se constituer autour de la Compagnie Générale d'Electricité (CGE). La première phase concerne également la mise au point d'un gazogène à l'oxygène sous pression.

BRÉSIL.

La Compagnie Electrique de São Paulo (C. E. S. P.) a installé à Rio Claro, à 200 km de São Paulo, une station expérimentale pour l'étude de la production de méthanol. On y a testé trois gazéificateurs de conceptions diverses. Des résultats acceptables ont, semble-t-il, été obtenus et la C. E. S. P. a décidé d'installer une usine pilote de 100 t/jour à Jupia, près du Matto Grosso. On y installera trois gazéificateurs, l'un de conception brésilienne, le second de conception allemande à lit fluidisé (UHDE), le troisième conçu par la Davy Power Gas. Les premiers essais de fonctionnement pourraient débuter dans un an environ.

Parallèlement, des plantations d'Eucalyptus sont lancées dans la région de Jupia en vue d'assurer l'approvisionnement d'unités de production de grande capacité.

Il faut rappeler que le Brésil a déjà mené avec succès une campagne « éthanol ». Cette production d'alcool, obtenue à partir de bagasse, qui était de 600.000 t en 1972, est passée à 4 millions en 1979. Le Brésil commercialise dès maintenant deux carburants :

a) essence contenant 20 % d'éthanol distribuée à toutes les pompes en remplacement des carburants classiques,

b) éthanol à 96° de pureté pour des véhicules spécialement adaptés (2.000 distributeurs d'éthanol déjà installés en 1980).

CANADA.

Le Québec a confié le problème du méthanol au Groupe Nouveler qui comprend quatre sociétés : Hydroquebec (production électrique) Rexfor (société forestière), S. G. F. (société financière), Soquem (société pétrolière). Ce groupement a décidé de monter une unité pilote de 100 t/jour. Soixante millions de dollars canadiens ont été prévus à cet effet. C'est Hydroquebec qui sera chargé de la conception et de la mise au point du gazéificateur, probablement un appareil à lit fluidisé sous pression.

NOUVELLE-ZÉLANDE.

Les projets néozélandais dans le domaine de l'énergie passent par diverses filières (gaz naturel, éthanol, etc...). L'une de ces filières concerne la production de méthanol à partir de la biomasse et le Gouvernement a fixé comme objectif, pour 1988, une production de 500 t/jour.

AUTRES PAYS.

Il n'est pas certain que tous les projets en cours portant sur la synthèse du méthanol à partir de la biomasse aient été repérés et la liste précédente peut pêcher par omission. On manque d'information en particulier sur les unités de méthanol/bois susceptibles d'être réalisées aux Etats-Unis. Il semble, à première vue, que les sociétés américaines préfèrent s'orienter vers la gazéification du charbon ou vers d'autres filières, mais il ne faut pas oublier que des gazéificateurs existent aux U. S. A. : procédés Purox (de l'Union Carbide), Erco, Texaco, etc... Les possibilités américaines dans ce domaine ne doivent pas être sous-estimées. signalons que certains Etats de l'Union commercialisent déjà, sous le nom de « gasohol », un carburant contenant 10 % d'éthanol de maïs.

L'Allemagne Fédérale n'a pas non plus été mentionnée dans la mesure où elle s'est orientée vers la gazéification du charbon : procédés Winkler, Koppers Totzek, Lurgi. Elle n'en constitue pas moins un concurrent potentiel dans la mesure où elle compte développer sa propre production de méthanol. De même la Suède et la Norvège envisagent des productions de méthanol à partir de gaz de pétrole extrait en mer du Nord.

CONCLUSION

Les alcools de synthèse, en particulier le méthanol et l'éthanol, vont probablement devenir des objectifs stratégiques de l'économie mondiale. Un marché important s'ouvre à ces produits susceptibles de remplacer une part croissante des approvisionnements

pétroliers. Il est normal qu'un nombre accru de sociétés industrielles s'intéresse à leur fabrication et envisage des productions à court terme.

D'un point de vue technique, plusieurs filières permettent d'obtenir ces produits et on peut actuellement

hésiter entre différentes voies en notant toutefois que si certaines sont opérationnelles, d'autres n'ont pas dépassé le stade des premières recherches :

- Méthanol :
 - Utilisation du gaz naturel.
 - Utilisation des gaz de pétrole.
 - Utilisation de résidus pétroliers.
 - Gazéification du charbon.
 - Gazéification de la biomasse.
- Ethanol :
 - Utilisation de la bagasse de canne à sucre.
 - Utilisation de plantes saccharifères adaptées à certains climats.
 - Hydrolyse chimique de la biomasse.
 - Hydrolyse enzymatique de la biomasse.
- Acétone-Butanol :
 - Hydrolyse enzymatique de plantes annuelles.

Diverses études ont été réalisées en vue de classer

ces procédés d'un point de vue économique. Les résultats obtenus ont été à notre avis trop divergents pour être retenus sans restrictions, mais ils ont eu le mérite d'attirer l'attention sur certaines filières qui semblent dès maintenant intéressantes. La production de méthanol par gazéification du bois se range dans cette catégorie.

Finalement les choix qui s'imposeront aux Gouvernements dépendront dans une large mesure des ressources locales disponibles. On peut donc admettre que la synthèse du méthanol à partir du bois concernera plus particulièrement des pays à vocation forestière : pays tropicaux à fortes précipitations comme par exemple ceux de la Côte Ouest Afrique, ou pays tempérés à climat humide comme le Chili. Cela pourrait être également le cas de la France qui, par le biais de son département de la Guyane, dispose d'une matière première ligneuse abondante, à condition que les problèmes d'approvisionnement en bois n'y soient pas grevés de frais d'exploitation trop importants.

BIBLIOGRAPHIE

- Alcohols Production from Biomass in the Developing Countries, World Bank, Sept. 1980.
- Preprints of the International Conference « Energy from Biomass », Brighton, England, 4-7 nov. 1980.
- Utilisation d'alcools et d'éthers dans les carburants, par Ponot, Sté Technip. Colloque AFTP du 21-1-1981.
- Les Ethers méthyliques par M. Watrin, Sté Technip, Colloque AFTP du 21-1-1981.
- Procédé I. F. P. de production d'alcools C_1-C_5 à partir de gaz de synthèse, par l'Institut Français du Pétrole, Janv. 1981.
- Comment utiliser les forêts tropicales comme source d'énergie, par R. Catinot, B. F. T. n° 184, mars-avril 1979.
- Les Bois Tropicaux source d'Energie, par J. Doat, B. F. T. n° 181, sept.-oct. 1978.
- Wood, an alternate Energy Resource, by Georgia Institute of Technology, Atlanta.