



Photo Creusot Loire FRAMATOME.

Vue générale de l'unité méthanol de Clamecy en fin d'installation.

LE POINT SUR LE MÉTHANOL VIA LA BIOMASSE *en France et dans le Monde*

par Jacqueline DOAT

*Directeur des Recherches sur le Bois
Centre Technique Forestier Tropical*

ABSTRACT

REVIEWING METHANOL FROM BIOMASS IN FRANCE AND IN THE WORLD

This article takes stock of the work carried out in France within the context of the methanol group financed by the authorities and the EEC. The work led to the setting up of a demonstration unit, in the Nièvre department, for the production of synthesis gas from wood.

The text gives some indications on methanol, the description of the industrial unit and cost evaluation. The other projects developed in the world, as well as possible prospects, are also mentioned. It should be said, however, that with today's oil prices, the synthesis of methanol from wood is not profitable. Yet, as a new world energy crisis cannot be ruled out, one should remain vigilant and one technological watch at least should be kept on the subject of oxygenated fuels from biomass.

SITUACION ACTUAL DEL METANOL, VIA LA BIOMASA, EN FRANCIA Y EN EL MUNDO

El el presente artículo se precisa el estado de la situación actual de los trabajos que se llevan a cabo en Francia en el marco del grupo metanol, financieramente a cargo de los poderes públicos y de la C.E.E. Tales trabajos han dado lugar a la implantación en el departamento del Nièvre de una unidad de demostración para la producción de gas de síntesis a partir de la madera.

En el texto que figura a continuación se dan algunas indicaciones acerca del metanol, la descripción de la unidad industrial y una evaluación aproximada de los costos. Como es sabido, existen otros proyectos en el mundo, que también se mencionan, así como las perspectivas posibles en este sector. No obstante, cabe admitir que con las tarifas actuales de los productos petrolíferos, la síntesis del metanol, por medio de la madera, no resulta rentable. La perspectiva de una nueva crisis energética mundial no se debe descartar de todos modos, siendo preciso no perder de vista los hechos y conservar, como mínimo, una vieja tecnología aplicable en el campo de los carburantes oxigenados a partir de la biomasa.

Le 21 novembre 1986 était inaugurée à Clamecy (Nièvre) une unité de démonstration pour la production, à partir du bois, de gaz de synthèse utilisable pour la fabrication du méthanol.

Ce pilote représente la concrétisation et l'aboutissement du programme de production de carburants liquides oxygénés (alcools) initié en France vers la fin des années 70.

A l'occasion de cette inauguration, plusieurs informations et quelques documents ont été fournis à partir desquels il a paru intéressant de situer l'historique et le déroulement du programme, de fournir les données techniques et économiques de l'appareillage présenté, d'évaluer les perspectives dans les dix prochaines années et donc de faire le point des travaux réalisés en France dans le domaine du méthanol via la biomasse.

BREF HISTORIQUE

Il y a plus de dix ans éclatait (vers 1974) ce que l'on a appelé la première crise pétrolière mondiale qui a conduit la plupart des nations industrialisées non productrices « d'or noir » à rechercher des solutions alternatives pour la fourniture d'énergie et plus particulièrement de carburants liquides pour les véhicules. C'est dans ce contexte qu'a été créé en France le « groupe méthanol » auquel participaient, au début, des universités, des industriels, des instituts et des centres techniques (dont d'ailleurs le CTFT) pour déterminer les possibilités de transformation du bois et plus généralement de la biomasse en alcool. A cette époque, l'étude de plusieurs filières avait été abordée :

a) la gazéification du bois et sa transformation en gaz de synthèse pour la production de méthanol,

b) l'hydrolyse acide ou enzymatique des matériaux lignocellulosiques et la transformation des sucres obtenus :

- par fermentation alcoolique en éthanol,
- par fermentation acétonobutylique, en « tiers solvant » (**),

c) la fermentation éthylique ou acétonobutylique des plantes et déchets agricoles (betteraves, topinambours, maïs, etc...).

(**) On rappelle qu'une directive européenne récente (1985) a fixé la nature des mélanges autorisés dans l'essence :

- 3 % de méthanol + 2 % de tiers solvant,
- 5 % d'éthanol + 2 % de tiers solvant.

A la suite de ces travaux, deux actions ont été engagées qui ont conduit à la réalisation de pilotes, l'un à Soustons, dans les Landes, constitué d'un fermenteur acétonobutylique, l'autre à Clamecy, dans la Nièvre, sous la forme d'un gazéifieur à l'oxygène. C'est de ce dernier pilote qu'il sera question dans cet article.

La mise au point de cet appareil a nécessité de nombreuses recherches, conduites par Creusot-Loire Entreprises, et Creusot Loire, avec le soutien du COMES, puis de l'AFME et des Communautés Européennes. Tout d'abord un petit pilote atmosphérique à lit fluidisé travaillant à l'oxygène sur 100 à 200 kg/heure de bois a été installé au Creusot. L'appareil a été ensuite testé en discontinu, puis en plus longue durée

(100 heures en continu) et sa capacité portée à 3 à 400 kg/heure de bois.

D'autres matières végétales ont été essayées (pailles, noix de coco, bagasse) avec des conditionnements divers.

Parallèlement a été entreprise l'ingénierie de base du pilote de Clamecy. En 1984, un GIE (1) a été créé entre l'AFME, FRAMATOME (qui a repris une partie des activités de Creusot-Loire dont la division Creusot Energie) et SOCOMETAL (Sté d'études et de constructions métallurgiques) pour le développement du procédé : l'ASCAB (Association pour le Développement des Carburants pour la Gazéification du bois). La part des différents partenaires de ce GIE est de 80 % pour l'AFME, 15 % pour FRAMATOME et 5 % pour SOCOMETAL.

LE MÉTHANOL

Avant d'aller plus loin, il semble nécessaire de donner quelques indications sur le produit qui constitue le but de cette opération, c'est-à-dire le méthanol.

Le méthanol (CH₃OH) appelé auparavant esprit de bois, puis alcool méthylique, est le plus simple des alcools organiques.

Il a été découvert en 1661 par Boyle dans les produits de distillation du bois. Sa constitution chimique a été établie en 1830 par Dumas et Peligot. C'est un produit liquide incolore de densité égale à 0,79, dont le point d'ébullition est de 65° et le point de fusion-98°.

Le méthanol est miscible à l'eau et à de nombreux solvants organiques. C'est un produit très toxique dont l'ingestion peut entraîner la mort.

Du point de vue énergétique, avec un pouvoir calorifique supérieur qui se situe autour de 5.400 kcal/kg (ou 22.600 kJ/kg) et de 4.300 kcal/litre et un pouvoir calorifique inférieur autour de 4.600 kcal/kg, il est nettement inférieur au fuel ou à l'essence (9.000 à 11.000 kcal/kg).

Son indice d'octane est toutefois supérieur à celui des produits pétroliers (110 contre 97,5 pour le super).

Son emploi pur, en remplacement des carburants classiques, ne serait possible qu'avec des moteurs spécialement conçus pour le méthanol. Il peut cependant être ajouté en petites quantités à l'essence à la condition de disposer d'un « tiers solvant ». Sa présence permet

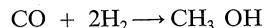
dans ce cas d'éviter d'introduire du plomb dans l'essence (comme l'a décidé la CEE pour 1989).

Actuellement, le méthanol sert de solvant industriel et d'intermédiaire de synthèse en chimie organique. Il pourrait servir de source d'énergie. La production mondiale de méthanol atteint, en 1986, 16 millions de tonnes. Le méthanol fait partie des dix premières matières organiques produites dans le Monde.

La synthèse du méthanol comprend deux étapes principales :

— la production de gaz de synthèse composé d'une molécule d'oxyde de carbone et de deux molécules d'hydrogène,

— la transformation du gaz de synthèse en méthanol :



Pour obtenir le gaz de synthèse, deux matières premières sont actuellement utilisées surtout le gaz naturel (principalement composé de méthane CH₄) et le charbon minéral qu'il faut gazéifier au préalable.

Ce sont ces produits qui pourraient être éventuellement remplacés par la biomasse, à la condition de disposer de l'appareillage adéquat. La 2^e étape de l'opération, c'est-à-dire la production du méthanol à partir du gaz de synthèse est la même, quelle que soit la matière première de départ.

LE PILOTE DE DÉMONSTRATION DE CREUSOT-LOIRE - FRAMATOME

Le site

Les Pouvoirs Publics et l'ASCAB ont décidé d'implanter cet appareil de démonstration sur le site d'une ancienne usine de carbonisation de Rhône Poulenc à Clamecy. C'est sur ce même site qu'a d'ailleurs

été installé un an auparavant un autre pilote destiné cette fois à la production de charbon de bois et de gaz combustibles. Clamecy est une ville de 6.000 habitants,

(1) Groupement d'Intérêt Economique.



Photo Quillet.

*République Populaire du Congo. Unité d'Afforestation Industrielle Congolaise. Plantations monoclinales.
Au 1^{er} plan : Eucalyptus âgés de 5 mois. Ecartement 6 m × 4 m - 1981.*

située à environ 40 km d'Auxerre et 70 km de Nevers, où le problème de l'emploi se pose comme dans de nombreuses petites villes de province. La main d'œuvre de la région est par ailleurs déjà habituée à exploiter ou traiter le bois du Morvan.

L'unité proprement dite

L'unité de gazéification a été prévue pour une capacité minimale de 60 tonnes de bois (compté anhydre) par jour, ce qui correspond, environ, à une production ultérieure de 30 tonnes/jour de méthanol (on estime, en effet, à 1/2 le rapport de transformation bois/CH₃OH).

Le procédé ASCAB de gazéification à la vapeur et à l'oxygène, comprend deux étapes, disposées en série :

- la première, correspond à une gazéification en lit fluidisé à basse température (750 °C) afin d'opérer au-dessous de la température de fusibilité des cendres,
- la seconde à une oxydation partielle à haute température (1.300 °C) pour se situer alors au-dessus de leur température de fusion.

En amont, le stockage et la préparation du bois (mise en plaquettes) sont également réalisés sur la station.

Le détail du matériel et des opérations est donné ci-après (il est extrait de la plaquette ASCAB : « Description technique de l'unité de démonstration de Clamecy »).

« ...

a) Réception, stockage du bois brut :

- Aire de stockage des plaquettes de bois (800 m³).
- Stockage tampon sous abri pour les plaquettes séchées (300 m³).

b) Préparation du bois :

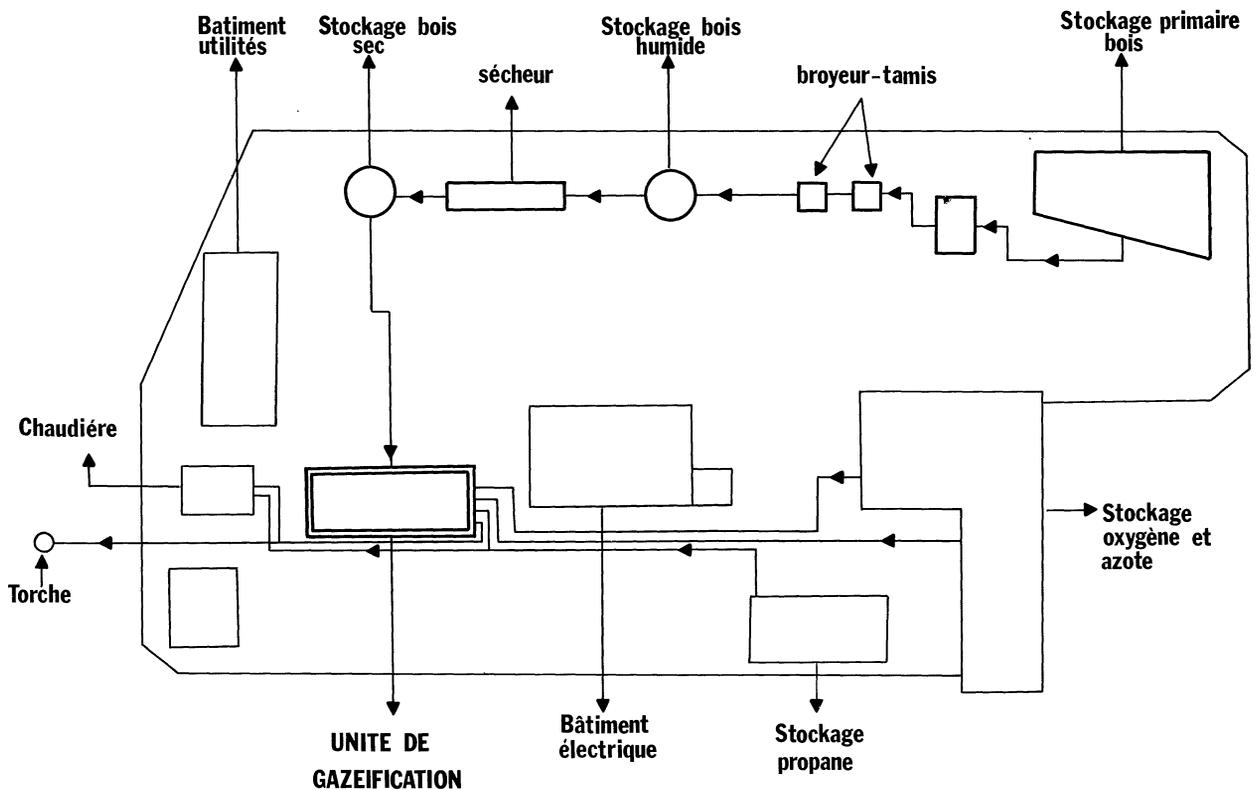
- Séparation des ferrailles et cailloux.
- Broyage des plaquettes à la dimension requise pour la gazéification (20 × 20 × 5 mm).
- Séchage de 50 à 15 % d'humidité sur brut.

c) Gazéification :

- Dispositif d'alimentation sous pression des plaquettes de bois.
 - Gazéifieur à lit fluidisé de diamètre 1,5 m, alimenté avec le bois, l'oxygène et la vapeur d'eau et opérant à 700-800 °C, sous une pression pouvant atteindre 30 bars.
 - Réformeur secondaire de diamètre 1,7 m, alimenté avec le gaz issu du gazéifieur à lit fluidisé et avec un appoint d'oxygène, opérant à 1.300 °C et plus.
 - Ballon de trempé situé à la base du réformeur et assurant le dépoussiérage partiel et le refroidissement du gaz.

d) Traitement du gaz :

- Lavage du gaz par voie humide dans un dépoussiérage où s'effectue la séparation gaz brut-solides résiduels (cendres + carbone imbrûlé).



- Condensation de la vapeur d'eau contenue dans le gaz.
- Envoi du gaz de synthèse soit à une torchère, soit en chaudière pour production de vapeur utilisée sur le site en particulier pour le séchage du bois (à 15 % d'humidité maximum).

e) Traitement des effluents :

- Les rejets d'eau chargée en solides sont traités dans une unité spécifique (neutralisation, floculation, décanation,...) avant d'être évacués.

f) Utilités :

- L'eau industrielle et l'air-instrument seront acheminés sur la plate-forme à partir des unités déjà en place sur le site industriel de Rhône-Poulenc.
- L'oxygène, l'azote, l'argon proviendront de stockages prévus pour les besoins de l'unité (solution envisagée adoptée pour les besoins de la démonstration).
- La vapeur procédé haute pression sera produite à partir d'une chaudière spécifique.

g) Conditions opératoires :

- Pression variable de 10/25 bars.
- Débit de bois sec : 2.500 kg/h (soit 60 t/jour pour une marche 24 h/24).
- Humidité : 15 %.
- Débit d'oxygène : 1.490 kg/h.
- Débit de vapeur : 1.000 kg/h.

Les caractéristiques prévisionnelles du gaz de synthèse délivré en limite d'unité sont :

- débit de gaz brut : 3.700 Nm³/h,
- débit de gaz sec : 3.350 Nm³/h,

- Composition du gaz sec (% volume) : CO : 39
H₂ : 31
CO₂ : 27
CH₄ : inf. à 3

... »

Le schéma ci-dessus donne la disposition des différents postes sur le terrain.

Les coûts de l'appareillage et de l'exploitation

Le montant global des investissements s'est élevé à 57 millions de francs, dont :

- 43 % correspondent à l'équipement,
- 20 % correspondent à l'ingénierie,
- 25 % correspondent à la construction et au génie civil, le reste étant constitué par des frais divers de maintenance et de mise en route.

Le financement a été assuré à 80 % par les fonds propres du GIE, les 20 % restants venant de la CEE, du Ministère de l'Agriculture et de la Région Bourgogne.

L'exploitation du pilote n'a pas encore démarré ; elle devrait débuter au cours du 1^{er} trimestre 1987. Quelques estimations de coût ont été cependant faites ; elles indiquent que la part la plus importante sera celle qui correspond à la matière première (46 % environ si l'on peut valoriser énergétiquement les gaz), viennent ensuite celle du personnel (29 %) et celle des « utilités » : oxygène, vapeur, eau, etc... (20 %).

LES AUTRES PROJETS EXISTANT DANS LE MONDE SUR LE SUJET

A côté du programme Creusot Loire Framatome, d'autres réalisations ont été projetées ou ont déjà vu le jour. Il n'est pas question ici de donner une liste exhaustive, mais de situer le projet français parmi ceux des « concurrents ».

En Europe

Au niveau de l'Europe de l'Ouest, il faut tout d'abord indiquer que plusieurs projets pilotes visant à la production de gaz de synthèse utilisable pour la transformation en méthanol ont été supportés par la Communauté Européenne pendant 3 ans (1982-1983 et 1984). Il s'agit, en plus du premier pilote français installé au Creusot pouvant traiter 300 à 400 kg de bois/heure :

— du pilote Lurgi (RFA) à lit fluidisé circulant, capacité 320 kg/heure de bois, alimenté à l'oxygène,

— du pilote John Brown/Wellman (Grande-Bretagne) à double lit fluidisé, capacité 440 kg/heure, alimenté à l'air,

— du pilote Italenergie/AGIP, ayant 2 lits fluidisés alimentés le premier à la vapeur et le second à l'oxygène. La capacité prévue était de 500 kg/heure, mais l'appareil n'aurait pas fonctionné,

— du projet AVSA (Belgique) à double lit fluidisé vapeur/air, capacité 200 kg/heure,

— du projet de l'Université de Twente (Hollande) (au stade du laboratoire), gazéification à l'air en présence d'hydrures.

Parmi ces projets, seul le pilote français a été poursuivi et porté à un stade de développement ultérieur (pilote de Clamecy de 60 t/jour de bois).

A ces appareillages, il faut également ajouter le pro-

jet suédois de la Sté STUDVIK d'une capacité de 500 kg/heure, comportant un lit fluidisé dense et travaillant à pression élevée (20 atmosphères) sur le bois ou la tourbe.

En Amérique du Nord

a) Le Canada développe à la Société BIOSYN un gazogène sous pression (20 atmosphères), à lit fluidisé dense, ayant un débit de bois de 10 t/heure. Pour le moment, ce gazogène n'a fonctionné qu'à l'air. Le reformage catalytique des goudrons serait prévu, mais non démarré.

b) Aux Etats-Unis, les Sociétés SERI, BATELLE et IGT étudient des gazogènes de plus petites capacités, respectivement 50, 100 et 500 kg/heure. Les appareils de SERI et IGT travaillent sous pression (10 et 20 kg) mais le premier est à lit fixe alors que le deuxième est à lit fluidisé. Le pilote de la Sté BATELLE est un appareil atmosphérique à double lit fluidisé.

Enfin, un projet plus important pourrait être décidé prochainement (coût environ 10 M\$).

En Amérique du Sud

Jusqu'à présent, seul le Brésil s'est intéressé à la réalisation de gazogène. La Companhia Electrica de Sao Paulo (CESP) dispose d'un appareil à procédé électrothermique de 10 t de bois/jour environ et projeterait de construire un gazogène plus puissant (équivalent à la production de 20 t/jour de méthanol). Un accord de collaboration entre la CESP et le GIE français ASCAB serait en cours d'élaboration.

APPROCHE ÉCONOMIQUE DE LA PRODUCTION DE MÉTHANOL VIA LE BOIS

Des calculs de coûts pour la production de méthanol à partir du bois ont été faits par la Société SPEICHIM avec trois hypothèses de production 50, 150 et 500 t/jour de méthanol. Pour ces trois options, les coûts d'investissement (sans compter l'électrolyse) seraient respectivement de 160 MF, 280 MF et 700 MF.

Les coûts de fabrication se décomposeraient comme suit :

— 50 à 60 % pour le bois qui coûte en France 170 à 250 F la tonne ;

— 25 % pour l'amortissement du capital ;

— le reste correspondant aux coûts de personnel et d'exploitation.

Les prix de revient du méthanol ex bois varieraient de 1.600 F la tonne pour une capacité de 500 t/jour de méthanol à 2.200 F la tonne pour une capacité de 50 t/jour de méthanol.

Si l'on compare ces niveaux de prix à ceux du méthanol ex gaz qui se situent entre 1.000 et 1.300 F la tonne, on remarque donc que, dans la conjoncture actuelle, la gazéification du bois et/ou de la biomasse pour la production de méthanol n'est pas envisageable en Europe. Il faut cependant noter que les usines utilisant le gaz

naturel ont généralement une capacité très élevée de l'ordre de 2.000 t/jour d'alcool ce qui en diminue les prix de revient.

A l'inverse, le coût du méthanol/bois se rapproche davantage de celui du méthanol/charbon estimé selon l'ASCAB entre 1.300 et 2.300 F la tonne.

PERSPECTIVES

Il est donc évident qu'en l'état actuel des choses, la production de méthanol à partir du bois n'est pas rentable en Europe.

Toutefois, cette conclusion radicale et pessimiste peut être un peu atténuée si l'on considère, d'une part, d'autres régions du globe et, d'autre part, des perspectives à plus long terme.

On rappelle, en effet, que dans nos régions, le coût du bois est élevé et qu'il serait responsable de près de 60 % du prix de revient du méthanol. Une matière première à plus bas prix entraînerait une baisse sensible des coûts. Où trouver cette matière première ? Dans des zones à fort potentiel forestier (forêts denses de pays tropicaux humides, plantations énergétiques à croissance très rapide).

L'ASCAB cite parmi les pays potentiels :

— Le Brésil qui étudierait la possibilité de produire 3 millions de tonnes de méthanol avec 60 installations de gazéification ;

— Le Zaïre ou le Congo où, en plus de la ressource en bois, les potentialités en énergie électrique sont importantes (une énergie électrique à bas coût permet, en effet, d'envisager à la place de l'unité d'oxygène, une unité d'électrolyse entraînant une augmentation du rendement méthanol/bois) ;

— La Malaisie (et peut-être la Chine ?) ;

— La Nouvelle-Zélande qui dispose d'une quantité importante de gaz naturel à partir duquel elle fabrique son méthanol, mais qui pourrait décider d'utiliser son potentiel forestier.

Il faut cependant noter que l'emploi de bois à moitié prix n'entraînerait qu'une réduction des coûts de 30 %.

Il faudrait donc également une volonté politique de la part de pays non pétroliers souhaitant valoriser leurs richesses forestières et économiser des devises. Ceci pourrait exister.

D'autre part, si nous connaissons actuellement une grande faiblesse des coûts des produits pétroliers, celle-ci n'est peut-être pas définitive et certains envisagent un troisième choc pétrolier. Il faudrait pourtant, d'après l'Institut Français du pétrole :

— avec un prix du bois type européen, que le coût du gaz naturel se situe entre 180 et 200 FF/10³ Mcal, ou que le prix du brut soit compris entre 40 et 45 \$ (*) le baril ;

— avec un prix du bois équivalant à la moitié du prix européen, que le coût du gaz naturel se stabilise autour de 135 à 160 FF les 10³ Mcal et celui du brut entre 32 et 36 \$ (*) le baril pour que le méthanol bois soit compétitif.

On rappelle que le prix pratiqué actuellement pour le brut est de 18 \$ le baril.

Enfin, l'avenir industriel du développement du pilote de Clamecy pourrait être envisagé à plus court terme sous la forme d'un « système dérivé », le gazéifieur ne servant plus dans ce cas de producteur de gaz de synthèse pour la transformation en méthanol mais seulement de producteur de gaz pauvre pour l'alimentation de moteurs diesel d'une centrale électrique. Dans ce cas la gazéification à l'oxygène n'est plus indispensable et l'adjonction d'air peut être suffisante. L'ASCAB aurait actuellement des contacts intéressants sur ce sujet avec plusieurs pays.

Janvier 1987.

BIBLIOGRAPHIE

ASCAB. — Les matières premières utilisables avec le procédé ASCAB.

L'unité de démonstration de Clamecy.

Les filières de production de carburants ex biomasse.

Aperçu sur le marché des unités de méthanol ex bois.

Note sur l'intérêt de la filière méthanol ex biomasse.

Production de gaz de synthèse à partir du bois, état de la concurrence.

Publications ASCAB, Juillet-Octobre 1986.

BEENACKERS (A. A. C. M.) and VAN SWAAIJ (W. P. M.). — The biomass to synthesis gas pilot plant programme of the CEC : a first evaluation of its results. *3rd E.C.*

Conférence « Energy from biomass », Venise (Italie) Mars 1985.

DOAT (J.). — Les carburants. *Rapport interne CTFT*, 1981.

DOAT (J.). — Les bois tropicaux, source potentielle d'énergie. BFT n° 181, 1978.

MOLLE (J. F.). — Expertise du dossier pilote méthanol de Clamecy. *CEMAGREF*, Juin 1986.

PERDU (O.). — Comparaison des coûts d'obtention du méthanol à partir de gaz naturel (procédé ICI) et à partir de bois (gazéification). *Institut Français du Pétrole*, Octobre 1986.

PETROFF (G.). — Synthèse du méthanol à partir du bois. *Bois et Forêts des Tropiques*, N° 192, 1980.

(*) Equivalence énergétique.