



Photo Sarlin.

Défrichement dans la forêt de la Comoé (Côte-d'Ivoire). Ne pourrait-on pas espérer récupérer un jour tant d'énergie dispersée en cendres et en fumée ?

COMMENT UTILISER LES FORÊTS TROPICALES COMME SOURCE D'ÉNERGIE

PROSPECTIVES SUR LEURS POTENTIALITÉS ACTUELLES ET FUTURES

par R. CATINOT

Directeur Général du Centre Technique Forestier Tropical.

SUMMARY

**WAYS OF HARNESSING TROPICAL FOREST AS A SOURCE OF ENERGY.
PROSPECTS ON PRESENT AND FUTURE POTENTIAL**

This paper concerns the answers which tropical forests could give in the solution of the energy problems. Wood can, actually, be transformed into energy by its combustion, carbonization, gasification or its liquefaction. It is therefore necessary to be prepared

for the future by maximizing the potentialities, already important, of this source. It is generally known how to renew this source without harming the natural environment too much, but it is, yet, to be discovered how to transform it with an acceptable yield into a form of energy both easy to manipulate and utilize.

The author studies the different aspects of the problem and emphasizes the role research will need to play in the ecological, silvicultural and technological fields.

RESUMEN

COMO UTILIZAR LOS BOSQUES TROPICALES COMO FUENTE DE ENERGIA PROSPECTIVAS ACERCA DE SUS POTENCIALIDADES ACTUALES Y FUTURAS

Este artículo se refiere a las perspectivas que podrían brindar los bosques tropicales con objeto de participar en la solución del problema de la energía. Efectivamente, la madera puede ser transformada en energía por su combustión, su carbonización, su gasificación o su licuación. Así, pues, conviene preparar el porvenir utilizando del mejor modo posible este recurso, cuyas potencialidades son sumamente importantes. Ya se sabe, en general, obtener su renovación sin alterar demasiado el medio natural, pero es preciso también aprender a transformarle con un rendimiento aceptable en un material energético que sea cómodo de manipular y de utilizar. El autor estudia estos distintos aspectos del problema e insiste acerca del papel que tendrá que desempeñar la investigación en los aspectos ecológico, silvícola y tecnológico.

LE PROBLÈME DE L'ÉNERGIE DANS LES TEMPS MODERNES

L'énergie — concept intellectuel mais chiffrable — caractérise tout ce qui est susceptible de fournir du travail ; elle peut présenter les formes les plus diverses : énergie mécanique, énergie calorifique, énergie chimique, énergie électrique, nucléaire, cinétique, etc...

Il est certain que, durant les premiers âges, l'Homme utilisait essentiellement l'énergie que lui fournissait la nature, mais surtout sa propre énergie potentielle : il se déplaçait, façonnait ses outils, les actionnait, bâtissait, grâce à l'usage exclusif de ses muscles ou de ses sens. Mis à part les produits naturels qui provenaient de la photo-synthèse et qu'il cueillait, il n'assurait sa subsistance que de sa propre énergie qu'il transformait en travail. Mais comment ne pas constater que toute l'évolution de son comportement a consisté à domestiquer sinon à maîtriser les énergies naturelles, afin de substituer de plus en plus au travail humain, celui des « machines » : dans la plupart des langues, le mot « travail » est synonyme d'« effort », ce qu'exprime bien le « labor » latin et d'une façon peut-être abusive mais étymologique, le « trepalium » qui signifiait « instrument de torture » ? Ce comportement s'est traduit sur le plan philosophique et moral par deux écoles opposées, l'une qui vante les « vertus du travail » et l'autre qui voudrait en « libérer ».

Quoi qu'il en soit, on est bien forcé de constater que l'homme a consacré toute son imagination et ses facultés intellectuelles à découvrir des énergies

nouvelles qu'il a essayé de mettre à sa disposition ; et il faut bien reconnaître que dans ce domaine, il a obtenu de grands succès. Après l'énergie animale, il a successivement domestiqué l'énergie éolienne, hydraulique, électrique, etc... ; mais aucune ne semble lui avoir donné plus de satisfaction que l'énergie « fossile » : le charbon d'abord qui a été le moteur de la révolution industrielle du XIX^e siècle, le pétrole ensuite sous forme gazeuse ou liquide qui a donné au développement industriel du XX^e siècle l'accélération prodigieuse qu'il a connue. Et l'énergie nucléaire prend maintenant le relais.

Il semble peu discutable que de toutes ces énergies, celle qui a obtenu le plus de succès du fait de sa maniabilité et de la sécurité de son emploi, a été celle qui provient des hydrocarbures : sur le plan technologique, elle a notamment donné naissance au moteur à explosion et aux turbines à gaz qui ont fourni à l'homme des solutions particulièrement séduisantes dans le domaine de la force motrice, qu'elle réponde à ses problèmes industriels ou à ses problèmes de transport ; la « motorisation » a transformé l'agriculture, l'industrie, mais aussi les transports terrestres, aériens et maritimes. La flambée du développement qui en a résulté a été un des éléments déterminants du concept économique de l'« expansion continue » qui s'est installé dans les esprits et s'y est imposé à un point tel, que la notion de pérennité de la ressource n'a même pas été évoquée durant de nombreuses années.



Photo Allouard.

Forêt dense en Côte-d'Ivoire.

Un autre aspect de la réussite des produits pétroliers a certainement découlé de leur faible prix de vente qui, pendant longtemps, en a fait une des sources d'énergie les moins coûteuses.

Les événements politico-économiques de 1973 ont retourné radicalement cette situation, du fait d'abord de la montée en flèche du prix des produits pétroliers et depuis quelques mois, de la diminution progressive des tonnages commercialisés. Les économistes et responsables politiques ont dû brutale-

ment prendre conscience du caractère non renouvelable — et à terme dès maintenant prévisible — des ressources fossiles et sur un autre plan, tirer les conséquences de l'augmentation vertigineuse des prix.

Il fallait -- en termes économiques et industriels terriblement brefs -- trouver d'autres solutions au problème des demandes énergétiques croissantes du Monde. L'énergie nucléaire a d'abord fourni une réponse séduisante, mais qui a l'expérience

peut avoir des limites, ne serait-ce que dans le domaine de la pérennité.

Bien d'autres solutions ont été également envisagées ou relancées : énergie solaire, marémotrice, géothermique, éolienne, à base de charbon, d'alcool, d'hydrogène, etc... et enfin l'utilisation de la biomasse dont le bois est un élément privilégié.

Le problème se pose désormais en termes plus clairs mais particulièrement angoissants, compte tenu des délais prévisibles :

— il faut tirer le maximum de parti des ressources d'énergie non renouvelables,

— il faut détecter et tirer le profit optimum des ressources renouvelables : hydrogène, biomasse, etc...

— il faut habituer l'homme à stabiliser, sinon à réduire, ses besoins énergétiques souvent anarchiques.

Dans les conditions actuelles, il faut bien reconnaître que tous les Gouvernements tâtonnent et essayent de coordonner des programmes de recherche allant tout de suite à l'essentiel : mais comment détecter des priorités, alors que l'on en est en général aux prémisses, aux hypothèses, ou dans les meilleurs cas aux promesses. Par contre un fait est certain : il faut qu'avant l'an 2000, des ressources nouvelles d'énergie aient été détectées et domestiquées, afin de prendre le relais des ressources pétrolières.

Notre propos ne concerne que les perspectives que pourraient offrir les forêts tropicales dans le but de participer à la solution de ce gigantesque problème.

Il est bien évident, en effet, que les ressources énergétiques indéfiniment renouvelables, pèseront lourd dans l'avenir du Monde : or, le bois est l'une d'elles.

LES SOLUTIONS ACTUELLES ET FUTURES QUE PEUT FOURNIR LE BOIS

Ce point a été très largement évoqué et développé par de nombreux Chercheurs, ce qui nous permettra de nous en tenir à un simple rappel très succinct.

Au niveau actuel de nos connaissances, on peut dire que la transformation de bois en énergie peut être obtenue grâce à :

— sa combustion : à titre de comparaison, rappelons que le pouvoir calorifique du bois représente le tiers du pouvoir calorifique du fuel pour une humidité du bois de 15 %, soit 3.300 cal/g/kg par rapport à 10.000 cal/g/kg. Sur le plan de l'énergie, un kg de bois à 15 % d'humidité dégage environ 0,45 Kwh à 0,50 Kwh s'il est brûlé dans une petite unité de combustion et environ 1,4 Kwh à 1,5 Kwh si l'opération est réalisée dans une grande unité.

De nombreuses mises au point technologiques et industrielles sont à attendre des recherches en cours qui concernent, au premier chef, les industries du bois car elles disposent au niveau de l'usine même, de volumes importants de déchets trop souvent inutilisés ;

— sa carbonisation : ce procédé, traditionnel et fort ancien, conduit à la production de charbon de bois d'un emploi à ce jour limité et de pyrolygèneux générateurs de matières premières utilisables par l'industrie chimique, mais actuellement concurrencés sans lutte possible par les produits similaires produits par la pétrochimie ;

— sa gazéification : grâce à une recherche technologique récente, ce procédé s'améliore chaque jour et a déjà donné lieu à des réalisations indus-

trielles surtout intéressantes pour les petites unités (200 à 1.500 Kw). Liée à la carbonisation, on peut lui trouver dès maintenant des applications rentables qui devraient se développer très vite (petites centrales électriques à partir de moteurs à gaz) ; n'oublions pas enfin qu'elle peut servir de base à la synthèse du méthanol qui est un carburant de valeur.

— sa liquéfaction : formule encore totalement expérimentale, elle a donné lieu aux U. S. A. à la création d'une unité-pilote. C'est certainement le procédé actuellement le moins développé.

Si l'on s'en tient à ces quatre formules générales de transformation, qui ne seront certainement pas les dernières, les réflexions suivantes viennent à l'esprit :

— si elles en sont encore, dans la plupart des cas, à un niveau de rendement technologique encore fort modeste, elles le doivent au fait qu'aucune recherche digne de ce nom n'a été engagée depuis 1944, car les facilités extraordinaires offertes par la filière-pétrole les rendaient inopportunes. Mais devant une situation totalement renversée, les Gouvernements consommateurs vont faire en sorte que ces recherches soient désormais fortement épaulées et développées, ce qui devrait faire augurer des progrès sensibles et prochains ;

— les résultats à en attendre bénéficieraient certes d'abord à l'énergie, mais aussi à la chimie qu'il ne faut absolument pas dissocier dans le cadre de cette prospective, car les matières premières



dérivées notamment des pyroligneux reprendront tout leur intérêt de matières premières renouvelables, lorsque leur prix de production deviendra concurrentiel vis-à-vis de leurs homologues issus de la pétrochimie, ce qui semble de moins en moins utopique ;

— parallèlement à ces recherches technologiques, les recherches sur la productivité des peuplements forestiers doivent être développées. Car ces recherches sont en cours depuis longtemps, suscitées par des objectifs plus traditionnels : production de bois-matériau, mais surtout de bois-matière première (panneaux, pâte à papier). Il est évident que tous ces domaines sont extrêmement voisins et que, notamment la production de « bois à pâte » et la production de « bois-énergie » posent sur le plan technique des problèmes fort comparables : amélioration génétique, fertilisation, travail du sol, etc... Si sur le plan économique on peut y voir une concurrence, sur le plan technique on ne peut y

voir qu'une convergence. Mais le succès de ces recherches sera aussi déterminant pour le succès de l'opération que celui à attendre des recherches technologiques ;

— enfin sur le plan forestier, cette nouvelle option du bois-énergie va susciter d'autres concepts au niveau de l'Aménagement des forêts, notamment en milieu tropical. Nous verrons que sur le plan de la conservation des forêts tropicales, cette mutation pourrait être fort bénéfique pour leur avenir.

Depuis bientôt dix ans, nous avons essayé de mettre en relief le potentiel énergétique détenu par les forêts tropicales — naturelles ou artificielles — tellement il nous semblait certain que tôt ou tard cette évidence s'imposerait. La crise déclenchée en 1973 semble devoir — de plus en plus — raccourcir ce délai, et dès maintenant les formations forestières tropicales constituent une source d'énergie dont nous allons essayer de cerner les limites.

Il n'est pas question de proposer aujourd'hui une solution-miracle, qui ferait des forêts tropicales la source d'énergie providentielle qui pourrait sortir le Monde de la crise actuelle, mais de préparer l'avenir en faisant le tour des ressources potentielles qu'elles offrent, en réfléchissant sur la façon de les conserver, sinon de les augmenter, de les mobiliser, et de les utiliser au mieux. C'est fatalement sur un programme de recherches et d'études urgentes à entreprendre que débouchera notre propos, car de très graves lacunes subsistent notamment sur le plan de la transformation technologique du bois en énergie. A notre avis, la ressource existe, fort importante, que l'on sait en général renouveler sans porter trop atteinte au milieu naturel : ce qui reste à faire, c'est à apprendre à la transformer avec un rendement acceptable en un matériau énergétique commode à manipuler et à utiliser.

LES POTENTIALITÉS DE BASE OFFERTES PAR LES FORÊTS TROPICALES NATURELLES DANS LE DOMAINE DE L'ÉNERGIE

Les formations forestières tropicales sont de deux types, essentiellement différents, tant sur le plan physiologique que climatique :

— les forêts denses : à couvert continu, dont l'étage dominant peut atteindre 40-50 m de hauteur, exigeant une pluviométrie annuelle comprise entre 1.200 mm et 4.500/5.000 mm ;

— les forêts de savanes : à couvert discontinu recouvrant un tapis herbacé, dont l'étage dominant dépasse rarement 15-20 m de hauteur, se contentant d'une pluviométrie annuelle comprise entre 300 mm et 1.200 mm.

Examinons ce que peut produire en énergie potentielle unitaire chacune de ces deux formations.

LES FORÊTS DENSES

Elles constituent une véritable écharpe autour de l'équateur géographique en recouvrant les zones climatiques équatoriales et tropicales humides.

Sur le plan énergétique, on peut les caractériser ainsi :

— elles renferment un volume de bois sur pied

compris entre 200 et 500 m³/ha si l'on tient compte des plus grosses branches. Une découpe de toutes les branches d'un diamètre supérieur à 10 cm entraînerait la production d'un volume supplémentaire d'environ 10 à 12 %. A l'état vert, 1 m³ de ce genre de bois pèse 1 tonne : le tonnage de bois produit à l'ha oscille donc entre 200 et 500 tonnes ;

— en adoptant le critère déjà énoncé de 3.300 cal/g pour 1 kg de bois à 15 % d'humidité, on peut avancer que le pouvoir calorifique du bois contenu dans 1 ha de forêt dense tropicale oscille entre 45 et 100 TEP (1), ce qui correspond à une énergie potentielle comprise entre : 150.000 Kwh et 350.000 Kwh ;

— si ces chiffres ne sont pas considérables par rapport au potentiel théorique contenu par les meilleures forêts aménagées des Pays tempérés, on peut dire par contre qu'ils caractérisent très souvent un potentiel immédiatement disponible, du fait qu'après le passage des exploitations de bois d'œuvre qui enlèvent seulement quelques dizaines de mètres cubes par ha (sauf en Asie), le potentiel restant ne connaît plus, au niveau actuel de nos connaissances technologiques, qu'une utilisation possible : la production de pâte à papier et tôt ou tard d'énergie ;

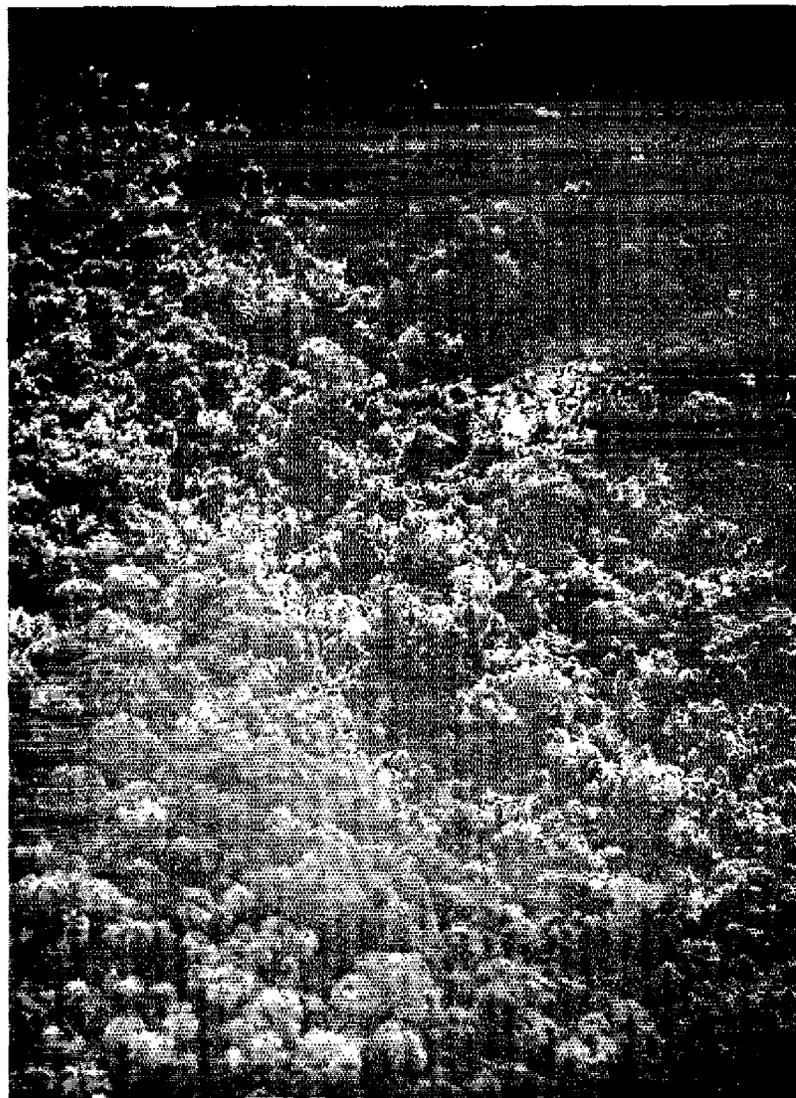
— par contre, si de telles forêts étaient « coupées à blanc », elles ne seraient pas remplacées par des formations identiques sur le plan floristique, qualitatif et quantitatif : à une haute futaie succéderait une formation d'espèces en général fort différentes dont la composition, le port, le volume évolueraient avec le temps. Les règles de cette évolution sont encore très mal connues : on sait seulement qu'il faut au moins entre 30 et 50 ans pour retrouver un autre peuplement de haute futaie, mais dont le potentiel matière n'est pas encore entièrement reconstitué : aucun témoignage humain réellement fiable ne permet encore de définir la durée qui serait nécessaire à la reconstitution d'un peuplement comparable à la formation forestière originelle, donc à son potentiel énergétique initial ;

— en retenant, par prudence, une durée de régénération de 50 ans, on pourrait donc estimer qu'1 ha de forêt dense naturelle serait susceptible de produire entre 0,9 et 2 TEP/ha/an, sans autre intervention humaine que les coupes d'exploitation ;

— si l'utilisation des forêts denses ne semble donc pas constituer une panacée sur le plan des ressources énergétiques du fait de leur évolution assez décevante après une coupe à blanc, rappe-

lons toutefois qu'elles recouvrent encore dans le Monde de l'ordre de 1.200.000.000 ha, que les seules forêts denses de la Guyane française recouvrent environ 8.000.000 d'ha, qu'il existe par ailleurs des centaines de millions d'ha de forêts denses exploitées pour leur bois d'œuvre et désormais sans grande valeur d'avenir en-dehors de la pâte à papier et de l'énergie. A titre d'exemple, calculons ce que produirait annuellement et indéfiniment la coupe réglée de trois massifs forestiers d'une superficie respective de 100.000 ha, 500.000 ha, 1.000.000 ha basée sur une rotation de 50 ans :

Superficie globale du massif	Durée de la rotation	Superficie annuelle abattue	Energie annuelle produite
100.000 ha	50 ans	2.000 ha	90.000 TEP à 200.000 TEP
500.000 ha	50 ans	10.000 ha	450.000 TEP à 1.000.000 TEP
1.000.000 ha	50 ans	20.000 ha	900.000 TEP à 2.000.000 TEP



(1) TEP : Tonne équivalent pétrole.



Photo Aubréville.

Brésil — Entre Caxias et Terezina, sur ondulations sableuses, savane boisée dégradée par les feux et l'exploitation des bois.

Au niveau du massif de forêt dense tropicale existant encore dans le Monde, et compte tenu des superficies de forêts denses déjà exploitées sur le plan du bois d'œuvre et désormais économiquement stériles, il y a matière à réflexion : c'est avant tout un problème d'aménagement que nous allons trai-

ter ultérieurement et qui doit prendre en compte les problèmes écologiques, économiques, sociaux et humains afin de trouver une solution d'équilibre entre ces différentes exigences, ce qui *a priori*, ne semble pas impossible.

LES FORÊTS DE SAVANE

D'une structure et d'une physionomie complètement différentes, elles présentent des caractéristiques de hauteur, diamètre moyen, volume, et productivité toujours très inférieures à celles de la forêt dense du fait de conditions écologiques beaucoup moins favorables et du passage régulier du feu (**feux de brousse**). Elles relèvent en réalité de deux origines qui les différencient sur le plan géographique :

— les savanes d'origine climatique : ce sont celles qui constituent le couvert végétal naturel pour des pluviométries annuelles inférieures à 1.200/1.500 mm qui peuvent aller jusqu'à 200/300 mm de pluie caractérisant les climats sahélo-désertiques. Elles constituent les formations naturelles

(climax) des régions à climat guinéen, soudanien, sahélien où elles prennent, si l'on peut dire le relais de la forêt dense qui ne saurait y subsister ;

— les savanes d'origine anthropique ou édaphique : elles constituent les formations spontanées ou subspontanées qui se sont installées en substitution de la forêt dense partout où la pauvreté du sol empêche cette dernière de pousser, à moins que ce soit l'intervention agressive et répétée de l'Homme qui ait supprimé définitivement cette dernière. De ce fait, on les rencontre en plein climat équatorial ou tropical humide, par exemple le long des côtes de la Guyane française, de la Côte-d'Ivoire, du Ghana, du Congo, du Gabon, en Bragantine (Brésil), etc...



*Bénin du Nord. Savane herbeuse dans la plaine inondable de Porga.
A l'arrière-plan, galerie forestière.*

Photo Sarlin.

On devine que, de ce fait, leur potentialité puisse être fort différente, ce qui se traduit sur le plan énergétique par des performances très variables :

— elles renferment un volume de bois sur pied compris entre quelques m^3 et $100 m^3$ par ha dans les meilleures conditions pour une découpe supérieure ou égale à 10 cm de diamètre. Compte tenu de la mauvaise forme moyenne des arbres et des branches, l'unité de mesure souvent adoptée est d'ailleurs le stère (1 stère = $0,65 m^3$).

Enfin, la teneur en eau des bois de savane étant inférieure à celle des bois de forêt dense, on peut avancer que sur de grandes moyennes, 1 m^3 de bois sur pied pèse : **0,800 t** ;

— en reprenant le critère de 3.300 cal/g pour 1 kg de bois à 15 % d'humidité, on peut estimer que le pouvoir calorifique du bois contenu dans 1 ha de savanes naturelles varie de **0 à 20 TEP**, ce qui correspond à une énergie potentielle comprise entre **0 et 60.000 Kwh** ;

— ce potentiel reste donc très modeste, mais il faut l'apprécier en fonction des superficies de savanes disponibles dans le monde qui sont très considérables : en s'en tenant aux savanes assez fortement boisées, la FAO estime leur superficie

à 650.000.000 d'ha. Cependant, si l'on y ajoute les savanes faiblement boisées mais susceptibles, comme nous le verrons, de **se reconstituer très vite par simple protection contre le feu**, on peut avancer sous toutes réserves un chiffre global voisinant 1.000.000.000 d'ha ;

— par contre, et contrairement à la forêt dense, la « coupe à blanc » de telles formations **les enrichit** du fait que pratiquement toutes les espèces qui les constituent rejettent de souche et reconstituent des cépées de brins de taillis abondantes complétées par l'installation de semis naturels. Mais ce type de régénération ne conduit à des résultats tout à fait intéressants que si on **protège contre le feu** les formations forestières ainsi régénérées. Les résultats de recherches obtenus à ce titre sont tout à fait probants :

- une savane des environs de Bangui (Empire Centrafricain) renfermant au départ quelques stères à l'ha a produit 50 stères par ha au bout de 8 ans de protection contre le feu ;
- une savane des environs de Bambari (Empire Centrafricain) a produit 45 stères par ha après 9 ans de protection, et entre 46 et 60 stères durant les 9 années suivantes, bien que le sol y soit de qualité très médiocre.

Contrairement à la forêt dense, nous disposons donc de résultats déjà précis, bien qu'encore incomplets pour certaines zones de savanes. On peut avancer les chiffres suivants correspondant à des rotations de coupe de 10 ans :

- sous climat sahélien, 1 ha de savane naturelle produit de 1 à 2 stères/ha/an correspondant à : 0,15 à 0,30 TEP/ha/an ;
- sous climat soudanien, 1 ha de savane naturelle produit de 2 à 4 stères/ha/an soit : 0,30 à 0,60 TEP/ha/an ;
- sous climat guinéen, 1 ha de savane naturelle produit de 4 à 7 stères/ha/an, soit : 0,60 à 1,00 TEP/ha/an ;

Comme pour la forêt dense, calculons ce que produirait annuellement et indéfiniment la coupe réglée de trois massifs forestiers de savane d'une superficie respective de 100.000 ha, 500.000 ha, 1.000.000 ha basée sur une rotation de 10 ans :

Quand on sait que de nombreux Pays tropicaux disposent de plusieurs millions d'ha de savanes

Superficie globale du massif	Durée de la rotation	Superficie annuelle abattue	Energie annuelle produite
100.000 ha	10 ans	10.000 ha	15.000 TEP à 100.000 TEP
500.000 ha	10 ans	50.000 ha	75.000 TEP à 500.000 TEP
1.000.000 ha	10 ans	100.000 ha	150.000 TEP à 1.000.000 TEP

boisées, on doit reconnaître que cette ressource énergétique indéfiniment renouvelable pourrait être dans l'avenir d'autant plus précieuse que ces Pays sont en général éloignés de la mer et disposent de ressources énergétiques insignifiantes.

Comme pour la forêt dense, nous pensons que la solution de tels problèmes passe par l'étude d'un Aménagement cohérent qui, en l'occurrence, devrait être agro-sylvo-pastoral.

LES POTENTIALITÉS DE BASE OFFERTES PAR LES PLANTATIONS FORESTIÈRES TROPICALES DANS LE DOMAINE DE L'ÉNERGIE

Nous avons rappelé à plusieurs reprises la caractéristique essentielle des plantations forestières tropicales :

Toutes choses étant égales par ailleurs (fertilité des sols, topographie, travail du sol, etc...) les plantations forestières tropicales atteignent dans un laps de temps **beaucoup plus court** que sous d'autres écologies, une productivité très satisfaisante bien qu'inférieure à celle que présentent sur longue durée les meilleures espèces des régions tempérées et froides : cela provient du fait que la croissance **individuelle** des arbres de ces plantations est beaucoup plus forte qu'en Pays tempérés et qu'en 6-7 ans, un Eucalyptus atteint le diamètre optimum des arbres destinés à la trituration (25 à 30 cm de diamètre), alors qu'en 30-35 ans, un Terminalia (Framiré ou Limba) présente le diamètre optimum d'un arbre de déroulage (65 à 70 cm de diamètre).

Ce caractère très intéressant est hautement favorable dans le domaine de l'énergie, car il se traduit par une productivité **annuelle** d'énergie potentielle (potentialité permanente) particulièrement élevée: le CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL a obtenu sur parcelles expérimentales (C. T. F. T.-Congo) une productivité de 50 m³/ha/an soit 10 TEP/ha/an avec des Eucalyptus hybrides, productivité à comparer à celle des Peupliers en France qui se situe autour de 5 TEP/ha/an. Ceci est dû à une écologie tout à fait favorable, mais aussi à un travail de recherche persévérant dans le domaine de l'écologie, de l'amélioration génétique et de la sylviculture.

Mais s'il ne faut jamais perdre de vue cette productivité assez spectaculaire des plantations forestières tropicales, il faut également bien concevoir qu'elle varie considérablement en fonction de l'écologie, spécialement en fonction de la pluviométrie et de l'humidité atmosphérique. A ce titre, voici ce que l'on pourrait raisonnablement attendre de plantations forestières à base d'Eucalyptus en vue d'une production d'énergie :

Pluviométrie mm/an	Productivité m ³ /ha/an	Productivité TEP/ha/an	Age de l'exploitation	Productivité globale m ³ /ha	Productivité globale TEP/ha
300 < P < 600	3 à 4	0,66 à 0,80	7	21 à 28	4,6 à 35,6
600 < P < 800	4 à 8	0,80 à 1,60	7	28 à 56	5,6 à 11,1
800 < P < 1.000	15 à 25	3 à 5	7	105 à 175	21 à 15
P > 1.000	25 à 50	5 à 10	7	175 à 350	35 à 70

Bambari (Empire Centrafricain). En zone soudano-guinéenne, exploitation d'une parcelle d'étude des formations naturelles de savane par simple protection naturelle, et en vue d'obtenir essentiellement du bois de feu.

De haut en bas :

- Parcelle 9 ans après l'exploitation à blanc.
- Nouvelle exploitation du taillis.
- Enstérage.

Photos Vonnet.

Ce tableau montre très clairement l'influence déterminante de la pluviométrie sur la productivité ; encore une fois, il faut associer à ce facteur l'humidité de l'air (ou le déficit de saturation) qui agit dans le même sens. On note la différence qui se fait au niveau de l'isohyète de 800 mm, au-dessous duquel la productivité reste très modeste : mais, d'une part, ceci doit être tempéré par la grande variabilité des résultats qu'entraîne la pédologie et, d'autre part, par le fait que les travaux d'amélioration génétique sont à peine amorcés dans les zones climatiques à pluviométrie inférieure à 800 mm, compte tenu des priorités retenues. On peut donc s'attendre à des progrès très notables dans ce domaine.

N'oublions pas enfin que des essais de reboisement irrigué sont actuellement en cours dans les zones sèches, dont les premiers résultats sont très prometteurs et seront tôt ou tard voisins des meilleurs résultats obtenus en station non irriguée sous climat humide.

Pour reprendre les perspectives de productivité à espérer des plantations forestières en savanes tropicales, nous pensons pouvoir avancer les résultats suivants concernant la zone à pluviométrie annuelle supérieure à 900/1.000 mm qui détient les meilleures potentialités :

— en zone de savanes guinéennes (hors de la forêt dense, par exemple Bambari Empire Centrafricain), on doit pouvoir obtenir une productivité de 25 m³/ha/an, soit 5 TEP/ha/an, ce qui entraînerait :

- pour une plantation de 100.000 ha, un potentiel énergétique annuel de : 500.000 TEP
- pour une plantation de 200.000 ha, un potentiel énergétique annuel de : 1.000.000 TEP

— en zone de savanes équatoriales (en zone de forêt dense par exemple Pointe-Noire, Congo), on doit pouvoir obtenir tôt ou tard, 50 m³/ha/an soit 10 TEP, ce qui entraînerait :



- pour une plantation de 100.000 ha, un potentiel énergétique annuel de : 1.000.000 TEP
- pour une plantation de 200.000 ha, un potentiel énergétique annuel de : 2.000.000 TEP

Ces chiffres qui risquent d'être obtenus très prochainement sur grandes surfaces, montrent tout l'intérêt économique et financier que pourraient

en retirer des Etats tropicaux peu ou pas pourvus de ressources énergétiques et fatalement à court de devises. On pourrait notamment appliquer les chiffres caractérisant les « savanes équatoriales » à des plantations à réaliser en Guyane française, au Gabon, en Côte-d'Ivoire, au Cameroun, au Brésil etc... après abattage total de la forêt dense : nous reprendrons cette perspective dans le cadre des « Etudes d'Aménagement ».

CONSÉQUENCES SUR L'EXPLOITATION DES FORMATIONS FORESTIÈRES TROPICALES ET LEUR AMÉNAGEMENT

De nombreux Forestiers et Economistes ont souvent considéré que l'exploitation des forêts tropicales s'était trop généralement faite sans grande recherche d'économie de la matière première et parfois même sous le signe du gaspillage. Avec l'utilisation du bois comme source d'énergie, cette

ère serait probablement révolue et l'on entrerait dans celle de la « course » au bois disponible. Ceci entraînerait de nombreux changements se répercutant sur la conception du principe et des méthodes d'exploitation, ainsi que sur l'Aménagement même des forêts : c'est toute une conception nouvelle qui pourrait voir le jour aux conséquences particulièrement importantes.

En effet, si le prix d'achat du bois-énergie devient rémunérateur, pratiquement 95 % à 100 % du bois des forêts deviennent utilisables, alors que 5 % à 50 % seulement sont actuellement cueillis en forêt dense comme bois-matériau (déroulage, tranchage, sciages, etc...). Les conséquences à attendre de cette situation nouvelle seraient les suivantes :

EN CE QUI CONCERNE LA FORÊT NATURELLE DENSE

— Sur le plan de l'exploitation au sens large du terme : une très large récupération de bois abattus et inutilisés s'impose évidemment à l'esprit tant dans le cadre des plantations vivrières réalisées par les paysans après exploitation de la forêt, que dans celui des exploitations de bois d'œuvre. Mais de grosses difficultés se présenteraient en réalité dans la pratique, dues :

- à la dispersion géographique très considérable des plantations vivrières et à l'absence trop fréquente de voies d'évacuation ; il faudrait mobiliser de gros moyens en un temps très court, du fait du caractère *saisonnier* des opérations d'abattage

En forêt dense du Cameroun.

Photo P. Ichac.



(un à deux mois durant la fin de la saison sèche), car dès que les plantations agricoles sont faites, il n'est plus question d'y pénétrer ; — à la dispersion sur les chantiers d'exploitation du bois abandonné constitué essentiellement de surbilles laissées sur coupe, du fait de leur trop faible diamètre. Bien qu'on estime qu'environ 30 % du volume des fûts abattus sont ainsi laissés au sol, les quelques études faites

à ce sujet ont montré qu'il faudrait finalement dépenser beaucoup d'énergie pour récupérer ces petits billons, car compte tenu de la longueur des fûts des arbres de forêt dense, il n'est pas toujours possible de les débarder en une seule pièce. Lorsque cela est réalisable la découpe en billes et surbilles peut être faite sur les chantiers de chargement et diminue ainsi le prix de revient.

Aussi semble-t-il que finalement la solution la moins coûteuse consisterait en la coupe intégrale de la forêt dont on récupérerait les bois d'œuvre et enverrait le reste aux usines génératrices d'énergie. Une étude faite par la Division des Exploitations du CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL a montré que, dans ce cas, l'énergie nécessaire à abattre, débarder, transporter et fendre le bois représente moins de 5 % de l'énergie potentielle totale du bois ainsi mobilisé, ce qui est parfaitement acceptable.

Sur le plan de l'Aménagement de cette forêt : trois types d'Aménagements sont concevables :

— par coupes rases régulières à une rotation d'environ 50 ans et utilisation exclusive de la régénération naturelle. Ce système présenterait le double avantage d'un coût minimum et d'une protection assurée du sol maintenant en permanence l'état boisé. De nombreuses expérimentations installées dans le monde, notamment en Guyane française par l'Office National des Forêts et le Centre Technique Forestier Tropical ont en effet montré qu'en forêt dense, la régénération naturelle était toujours assurée ainsi que la protection des sols. Toutefois dans notre article « L'utilisation intégrale des forêts tropicales est-elle possible ? » (R. CATINOT), nous avons fait quelques réserves sur la garantie d'une telle régénération régulière sur grandes surfaces du fait de l'absence de portegraines ; tant qu'une expérimentation portant sur plusieurs milliers d'ha d'un seul tenant n'en aura pas fait la preuve nous ne pouvons que maintenir ces réserves ;

— par coupes rases suivies de plantations d'espèces à croissance rapide portant sur l'ensemble de la surface. Nous retrouvons dans ce cas des risques d'érosion et d'épuisement du sol. D'autre part des Ecologistes pourront trouver fort répréhensible la substitution de plantations d'Eucalyptus à la forêt dense naturelle. Les expérimentations en place sont encore trop récentes pour porter à ce sujet une démonstration probante, mais rappelons toute-



Côte-d'Ivoire. Forêt dense en bordure de mer.

Photo P. Ichac.



Photo Letouzey.

Au Sud de la falaise de l'Adamaoua (Cameroun), savane à *Daniellia oliveri* et *Lophira lanceolata*.

fois que durant leur jeune âge certains Eucalyptus (*E. naudiniana*, *E. urophylla*, *E. torrelliana*) couvrent fort bien le sol et que systématiquement une fertilisation est prévue ;

— par une combinaison soit dans le temps soit

dans l'espace de ces deux types d'Aménagement, ce qui peut permettre par exemple de réserver aux plantations les terrains les plus propices sur le plan de la topographie ou de la fertilité ou prévoir sur la même parcelle une alternance dans le temps plantation/régénération naturelle.

EN CE QUI CONCERNE LA FORÊT NATURELLE DE SAVANE

— Si sur le plan de l'exploitation, aucune disposition particulière n'est à envisager (sinon soigner au mieux la réalisation des coupes pour favoriser les rejets de souche), par contre, des précautions toutes spéciales sont à prévoir afin d'éviter le passage du feu. Toute la productivité de ces savanes naturelles est conditionnée en effet par la protection intégrale contre les feux de brousse des parcelles ainsi régénérées par coupes de taillis.

En effet, la nature tropicale est ainsi faite que la reconstitution du couvert ligneux des savanes est pratiquement assurée si l'homme n'intervient pas durant le processus de « restructuration » : c'est vraiment une bénédiction à respecter, et qui devrait mettre l'homme devant ses responsabilités.

Et nous pensons que, précisément, l'aspect vital pour l'avenir de ces Pays de l'utilisation d'une énergie nationale et renouvelable pourrait constituer une motivation déterminante pour ne plus brûler ce gisement potentiel et permanent.

Il faut faire comprendre au paysan ou au chasseur que, plutôt que de libérer cette énergie en pure perte sous forme de feu et de fumée, il faut qu'il la garde pour des emplois où elle est maîtrisée et à sa merci et dont dépend peut-être finalement la survie de son Pays.

Nous pensons que dans ce domaine, la propagande par l'école et l'audio-visuel peut avoir un impact décisif, et qu'il faudrait dès maintenant



Photo Sarlin.

Feux de brousse dans l'Ouest africain. Que d'énergie perdue !

essayer de sensibiliser les populations. Il ne serait pas question bien évidemment d'étendre cette interdiction des feux de brousse à tout un Pays : nonobstant l'impossibilité d'assurer le contrôle correspondant, il faut bien évidemment tenir compte des impératifs des éleveurs, des chasseurs, et des traditions ancestrales.

— C'est précisément l'Aménagement de ces formations qui va essayer de trouver les solutions de compromis nécessaires et d'édicter des règles pratiques. Il s'agira :

- au niveau de la Nation, de déterminer la superficie de savanes à affecter à l'énergie : ceci résultera de calculs économiques et de données techniques dont disposent les Services responsables (Plan, Forêts, etc...);

- d'en faire la répartition au niveau des régions, puis des unités administratives dans le cadre du domaine forestier national et des collectivités ;
- d'effectuer également cette répartition dans le cadre d'un véritable « Aménagement de l'espace rural » à partir de la trilogie : nutrition, énergie, parcours et chasse. Ces trois facteurs nous semblent déterminants au niveau des perspectives et des tendances du Monde moderne : il faut que l'Homme obtienne de la nature des moyens de se nourrir, de se mouvoir, produire du travail et de se détendre.

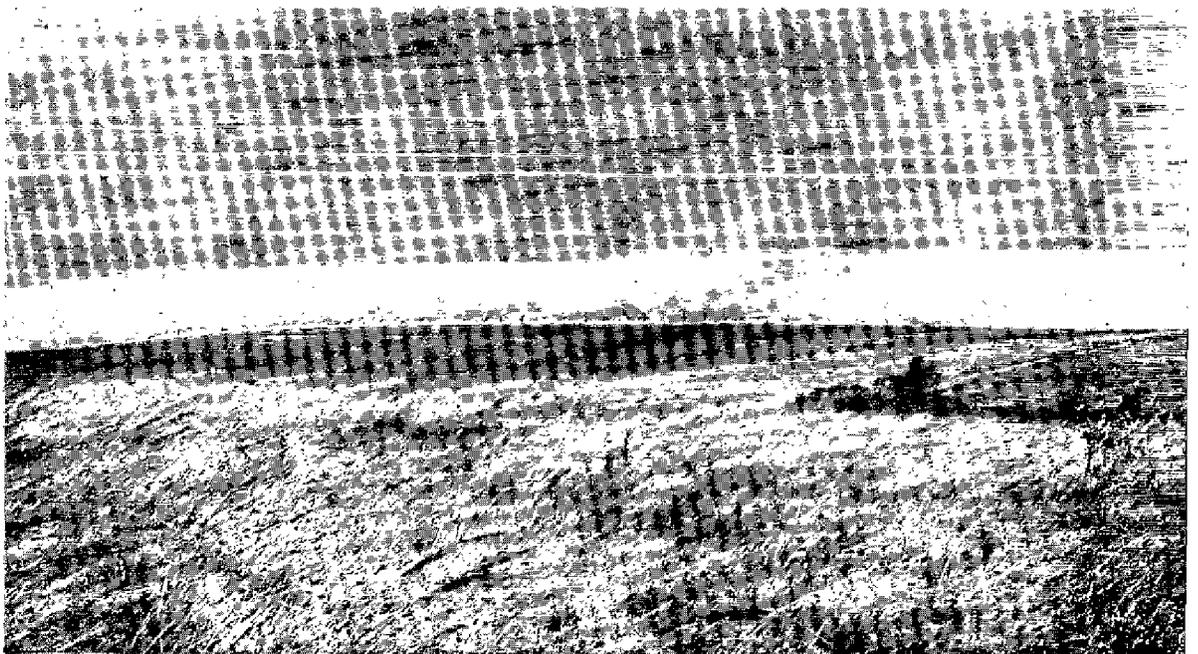
Dans le premier domaine au titre de l'élevage et dans le troisième, la mise à feu des formations

Nous pensons que, dans ce domaine, l'énergie issue du bois directement utilisable par le monde rural dans des micro-centrales, et un jour sous forme de carburant au niveau national pourrait constituer le déclic de cette opération d'Aménagement de l'espace rural dont rêvent depuis toujours tous les Agronomes tropicaux : devant le dilemme « vivre ou disparaître », l'Homme pourrait enfin maîtriser des réflexes ancestraux qu'il n'a à ce jour jamais su contrôler.



Ce qu'il ne faut plus voir sur l'ensemble d'un territoire : feux de brousse à Madagascar (Manankazo).

Photos C. T. F. T.



forestières restera tolérée, tandis qu'elle demeurera interdite dans la deuxième.

Dans la pratique, un tel Aménagement intégrant les forêts et leur énergie potentielle dans l'espace rural, s'opérera à partir d'études sur photographies aériennes, de sondages des potentiels forestiers au sol, d'études pédologiques, d'études de vocation des sols et évidemment d'enquêtes socio-économiques et politiques.

A titre d'exemple, et pour fixer les idées, nous avons schématisé un tel Aménagement à partir de deux villages voisins : dans toute la mesure du possible — et les Aménagistes le savent bien — il faudrait encadrer les trois types de zones différentes par des limites naturelles dont les ruisseaux et rivières constituent par expérience les meilleures limites.

Pourquoi tellement insister sur l'intérêt offert par les savanes au plan énergétique : parce que les Pays qui les détiennent présentent en général une double caractéristique qui les pénalise quant à l'importation des hydrocarbures :

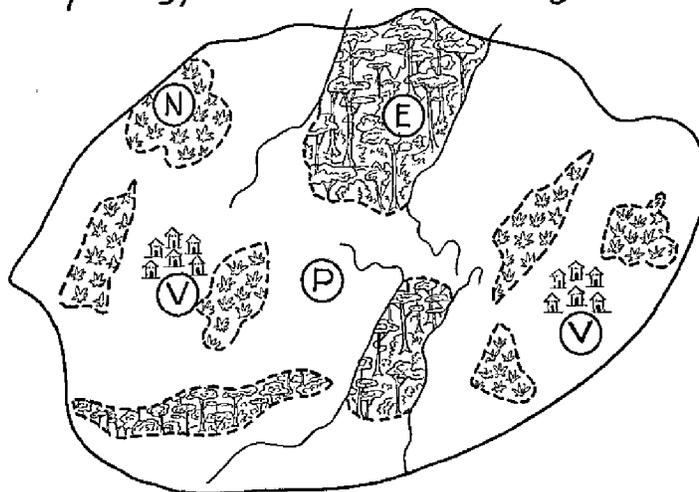
-- en zones équatoriale et tropicale, ces Pays sont en général éloignés de la mer : ils sont en effet souvent continentaux et, de ce fait, le coût de transport des produits pétroliers qu'ils doivent acquérir est considérable ;

— ils détiennent un potentiel de production agricole beaucoup plus faible que les Pays de forêt dense, du fait d'une pluviométrie nettement moindre (coton, sorgho, mil, élevage) qui leur confère un PNB nettement plus faible et limite donc leurs possibilités d'importation de matières premières énergétiques.

En contrepartie, ils présentent souvent des superficies considérables de zones de savanes herbeuses plus ou moins boisées, mais qui, comme nous l'avons montré plus haut pourraient devenir, par simple protection contre les feux, des sources renouvelables particulièrement importantes.

Nous pensons que c'est par dizaines de millions

Exemple - Type de schéma d'aménagement



d'ha qu'il faut chiffrer les superficies ainsi disponibles dans les seuls Pays africains de climat guinéen ou soudano-guinéen où l'on devrait trouver les productivités les plus intéressantes.

Ces chiffres pourront être contestés par différents auteurs, du fait que la notion de « savane boisée » est très subjective : compte tenu du taux de boisement extrêmement faible des savanes mises en défens en Empire Centrafricain et qui ont fourni des rendements de 3 à 5 m³/ha/an après neuf à dix ans de mise en défens (cf. photographies p. 13) nous estimons qu'une superficie très importante de savanes guinéo-soudaniennes entre dans cette catégorie, ce qui nous a incité à retenir des chiffres de superficie qui pourront sembler excessifs. De toute façon, nous pouvons affirmer qu'il n'existe actuellement aucun document solide permettant d'avancer des chiffres contrôlés : seule une étude de photo-interprétation telle que nous l'avons proposée au niveau national permettrait de définir valablement ces potentialités.

EN CE QUI CONCERNE LES PLANTATIONS FORESTIÈRES TROPICALES :

Ni l'exploitation, ni l'Aménagement des plantations forestières tropicales destinées à produire de l'énergie ne posent de sujétions particulières. Toutefois, prévoyons que :

— au niveau de l'exploitation : les espèces forestières à plus haute productivité restant actuellement les Eucalyptus qui se régénèrent en général par rejets de souche, un très grand soin devra être porté

à leur exploitation. Selon l'abondance et le coût de la main-d'œuvre, le degré d'économie d'énergie que l'on devra atteindre, on pourra hésiter entre abattage et façonnage manuels ou mécaniques, fabrication de cossettes sur la coupe ou en usine, transport plus ou moins rapide. De toute façon, l'abattage des tiges provenant de rejets de souche présentera dès la deuxième génération des diffi-

cultés particulières si l'on veut conserver les souches dans un état optimum compatible avec une nouvelle émission de rejets.

De toute façon, bien que l'exploitation de « plantations énergétiques » ne présente aucune difficulté particulière, il faudra choisir entre les deux options extrêmes, celle du travail manuel et celle du travail hautement mécanisé, car désormais toute politique d'« économie d'énergie » incite à substituer à la notion de prix de revient, celle de « bilan énergétique », c'est-à-dire la proportion d'énergie à dépenser pour produire une matière première énergétique de potentiel connu.

En cas de pénurie tragique d'énergie importable, cette notion serait la seule à retenir.

— au niveau de l'Aménagement : si l'on utilise

des Eucalyptus tropicaux dont la productivité sera encore améliorée par les recherches génétiques, on est tenté de se fixer deux à trois rotations de coupe d'une durée de sept ans environ. Mais ce type d'Aménagement est loin d'être immuable et généralisable partout car il dépend :

- de l'écologie, c'est-à-dire finalement de la productivité de la station ;
- du degré d'amélioration génétique atteint ;
- du degré de perfectionnement des méthodes de fertilisation ;
- de l'évolution des techniques de façonnage du bois destiné à l'énergie : actuellement, on pense à la transformation en cossettes du « type papeterie » (3 cm x 2,5 cm x 0,5 cm), ce qui entraîne l'utilisation de coupeuses pouvant absorber des fûts d'un diamètre à peine supérieur à 30 cm et ce qui incite à utiliser des rotations d'exploitation d'environ 7 ans. Mais si ces données technologiques changent, la durée des rotations de coupe en sera elle aussi modifiée.

ESTIMATION DU POTENTIEL GLOBAL DE BOIS-ÉNERGIE DISPONIBLE DANS LES FORÊTS TROPICALES

Nous avons essayé de définir jusqu'alors, les différents aspects des potentialités des forêts tro-

picales que l'on pourrait tenter de transformer en énergie. Il nous semble désormais nécessaire de

*République Populaire du Congo. Station de Kissoko, U. A. I. C.
Plantation d'Eucalyptus PF1 âgée de 7 mois (800 ha).*

Photo Quillet.



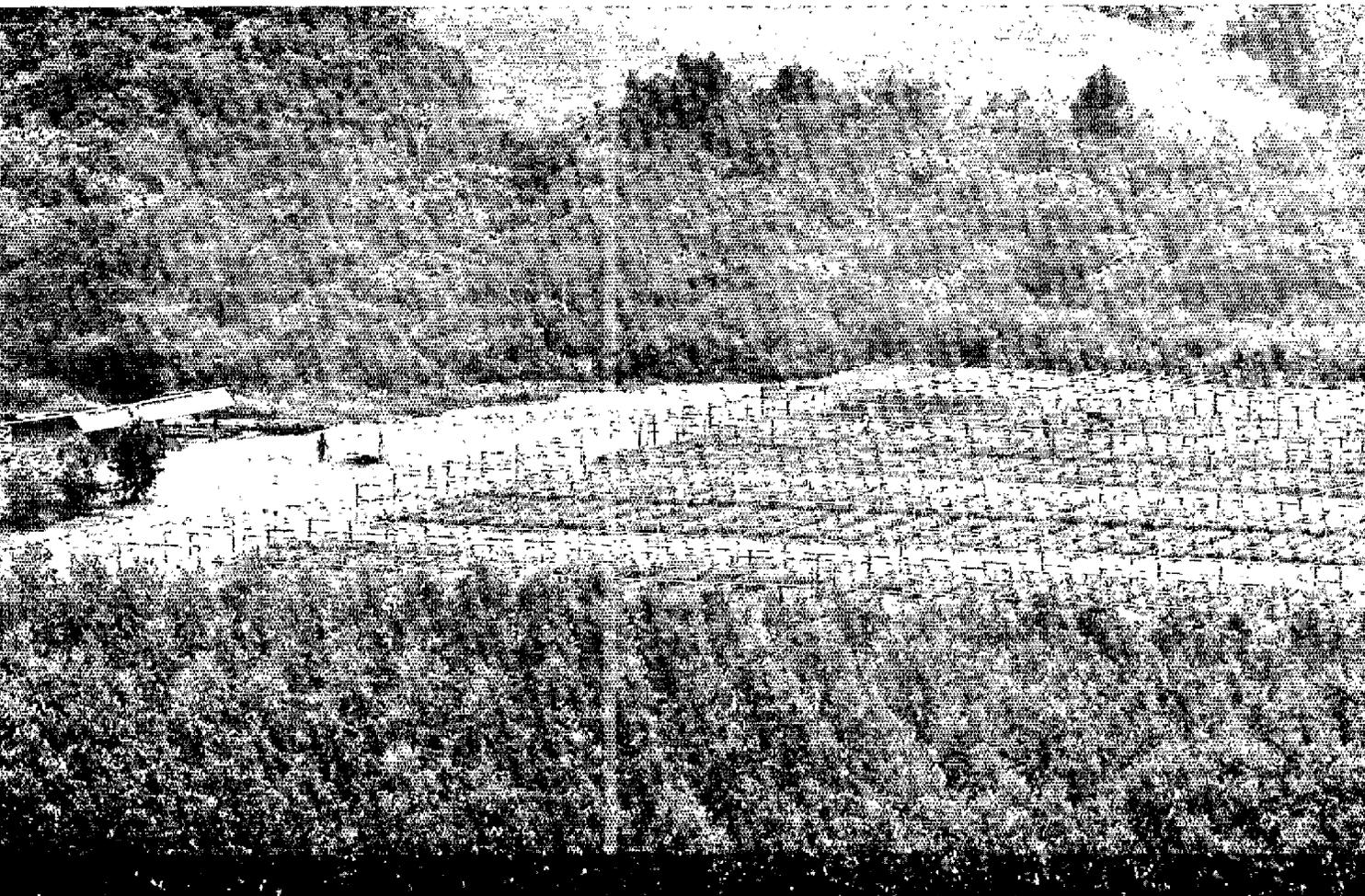


Photo Quillet.

République Populaire du Congo. La pépinière de la station de Kissoko, U. A. I. C.

donner une idée d'ensemble des potentialités mobilisables à ce titre, afin de mieux cerner les disponibilités à en attendre, et la place qu'elles pourraient prendre parmi les ressources que laissent espérer la biomasse et l'ensemble des disponibilités énergétiques du Monde.

Il est bien évident qu'une telle prospective se révèle particulièrement délicate, du fait qu'aucune approche d'ensemble n'a été réalisée dans ce domaine, et que les chiffres que nous allons avancer seront inévitablement discutables. Ils le sont d'autant plus que la décision d'affecter telle ou telle proportion des surfaces forestières disponibles à la production de bois-énergie relève des seuls Gouvernements et interdit toute hypothèse raisonnable à ce sujet. Aussi, nous semble-t-il plus justifié de nous en tenir à l'énoncé des potentialités globales, déduction faite des besoins de l'agriculture, de

l'élevage, de l'industrie et des exigences relevant d'un mode de vie traditionnel.

Nous allons tenter de rassembler dans un seul tableau les données les plus caractéristiques concernant, à titre d'exemple, les Pays francophones et certains Pays à très gros potentiel. Ils représentent, à nos yeux, non seulement les superficies forestières disponibles et actuellement boisées, mais aussi les superficies de « brousses secondaires » issues tant de forêt dense que de savanes et susceptibles de se régénérer naturellement à partir de mise en défens ou d'être transformées en plantations.

Nous avons conscience de ce que ces chiffres sont fort discutables, car encore une fois, ils ne préjugent pas des décisions des Gouvernements en ce qui concerne les superficies de forêt naturelle à affecter à l'énergie, mais surtout à la superficie des plantations à créer dans le même objectif.



Photo C. T. F. T.

République Populaire du Congo. Station de Loandjili.
Test clonal en Eucalyptus PF1. La plantation à 1 an.

Pays	Superficie de forêt dense disponible pour l'énergie ha	Potentiel/ha/an de la forêt dense en TEP	Superficie de savanes disponibles pour l'énergie ha	Potentiel/ha/an des savanes en TEP	Potentiel/ha/an des plantations en forêt dense	Potentiel/ha/an des plantations en savane
Cameroun	10.000.000	0,9 à 2 TEP/ha/an	5.000.000	0,8 TEP/ha/an	8 à 10 TEP/ha/an	5 TEP/ha/an
Congo	10.000.000	0,9 à 2 TEP/ha/an	2.000.000	0,8 TEP/ha/an	8 à 10 TEP/ha/an	8 à 10 TEP/ha/an
Côte d'Ivoire.....	2.000.000	—	10.000.000	—	—	5 TEP/ha/an
E. C. A.....	1.000.000	—	15.000.000	—	—	—
Gabon	12.000.000	—	1.000.000	—	—	—
Guyane française..	5.000.000	—	—	—	—	—
Zaïre	80.000.000	—	20.000.000	—	—	—
Madagascar	1.000.000	—	15.000.000	—	—	—
Brésil (approximation)	100.000.000	—	100.000.000	—	—	—

Essayons de prendre deux exemples concrets, celui d'un Pays de forêt dense à potentiel moyen et d'un Pays de savane :

— **Forêt dense** : admettons que cet Etat détiene 8.000.000 à 10.000.000 d'ha de forêt dense, dont apparemment 5.000.000 pourraient être théori-

quement affectés à l'énergie compte tenu de la très faible densité de la population. Mais pour des raisons de maintien du couvert végétal, le Gouvernement décidera peut-être que seulement 2.000.000 d'ha pourraient être abattus progressivement et destinés à produire de l'énergie.

En partant d'une hypothèse simplifiée, admettons

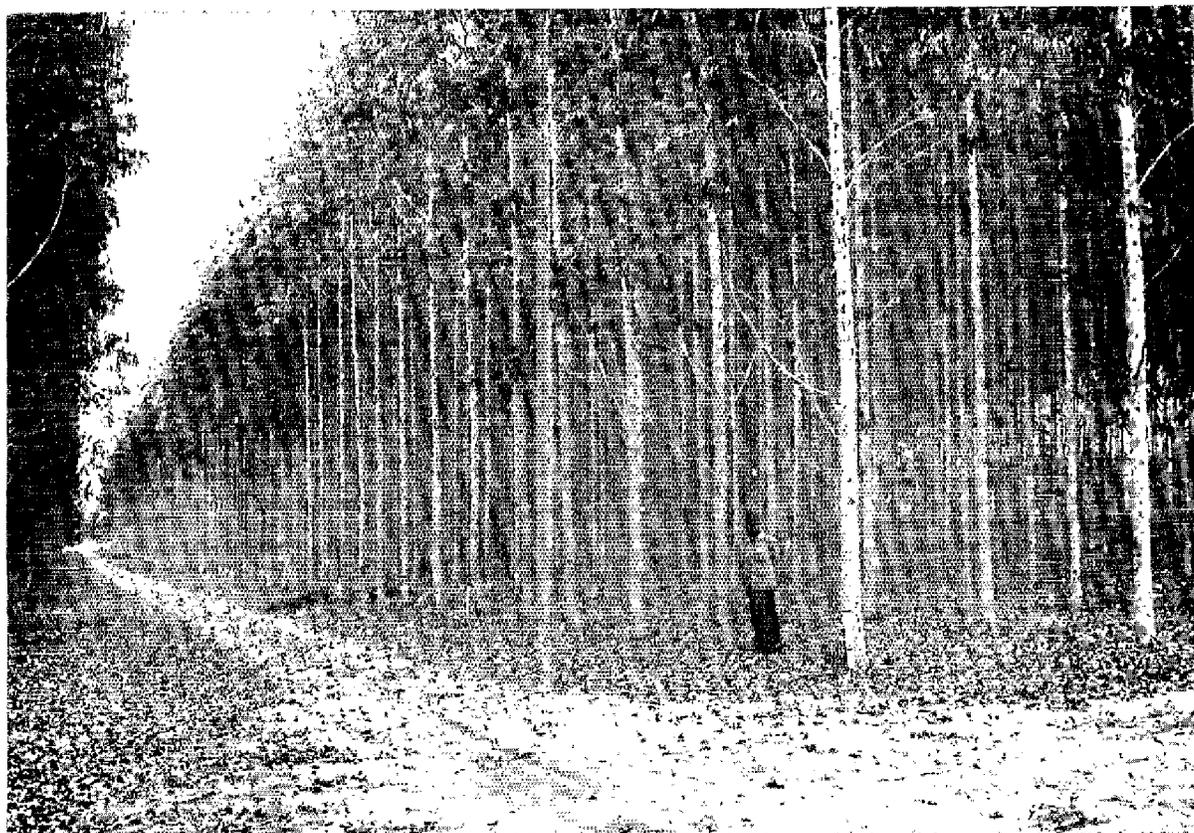


Photo Quillet.

République Populaire du Congo, Station C. T. F. T. de Loandjili.
Les mêmes hybrides d'Eucalyptus PF1 à 3 ans et 7 mois.

que 1.000.000 d'ha de forêt naturelle seraient abattus et transformés en énergie sur 50 ans et 1.000.000 d'ha abattus et remplacés par des plan-

tations d'espèces à croissance rapide produisant 8 TEP/an sur 7 ans. La production à attendre pourrait être la suivante :

Année	Superficie et production de la Forêt dense régénérée	Superficie et production de la Forêt dense destinée à être transformée en plantations	Superficie et production des plantations réalisées	Total TEP de l'énergie annuelle produite
1	20.000 ha × 70 TEP = 1.400.000	143.000 ha × 70 TEP = 10.000.000	143.000 ha	11.400.000
2	---	---	---	11.400.000
3	---	---	---	11.400.000
4	---	---	---	11.400.000
5	---	---	---	11.400.000
6	---	---	---	11.400.000
7	- 1.400.000	---	---	11.400.000
8	= 1.400.000	— 0 —	143.000 ha × 8 TEP × 7 = 8.000.000	9.500.000
9	---	---	---	9.500.000

Ce tableau montre qu'annuellement une production d'environ 10 à 12 millions de TEP pourrait être assurée : or, il existe plusieurs dizaines de Pays

tropicaux (6 en zone francophone) susceptibles d'atteindre cette productivité.

Il ne faut pas, par ailleurs, se laisser effrayer par



Gabon — Sogacel. Après exploitation de la forêt dense,
essai provenance pour *Eucalyptus urophylla*. Plantation âgée de 1 an.

Photo Cassagne.

la perspective de réaliser annuellement des plantations de plusieurs centaines de milliers d'ha (sinon plus) : c'est une question de moyens à mettre en œuvre et un Pays comme le Brésil et tôt ou tard le Vénézuéla nous en donnent la preuve.

— **Savane** : prenons un deuxième exemple, celui d'un Pays de savane soudano-guinéenne qui détiendrait de 10 à 12.000.000 d'ha de savanes plus ou moins boisées. Admettons que, compte-tenu des autres besoins de la population, 6.000.000 d'ha soient disponibles pour le bois-énergie, dont 5.000.000 d'ha que l'on peut régénérer par coupe de taillis sur 10 ans, c'est-à-dire 500.000 ha/an. D'autre part, admettons également que l'on ait la possibilité d'en transformer 1.000.000 d'ha en plantations produisant 25 m³/ha/an, (5 TEP/ha/an) sur une durée de 9 ans, soit

$$\frac{1.000.000}{9} = 110.000 \text{ ha/an.}$$

Les caractéristiques de productivité pourraient être alors résumées dans le tableau ci-contre.

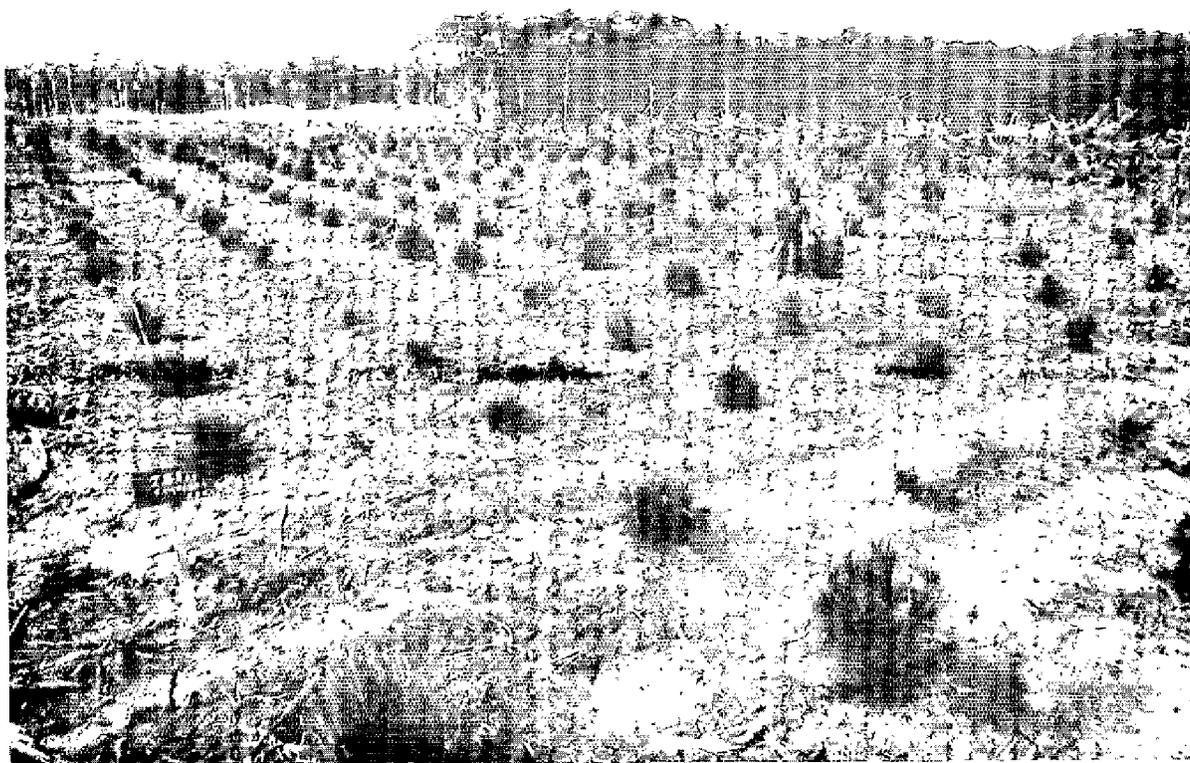
A partir de ces deux exemples, concernant l'un la forêt dense, l'autre la savane, on s'aperçoit que les potentialités disponibles ne sont pas ridicules et pourraient constituer un appoint très appréciable en matière de ressources énergétiques nationales.

N'oublions pas, par ailleurs, que de tels exemples sont nombreux en zone tropicale et qu'un nombre important de Pays disposent à la fois de ces deux potentialités, l'une en forêt dense, l'autre en savane.

A la tête de tels moyens, et compte-tenu de leurs propres besoins nationaux, certains de ces Pays deviendraient non seulement autosuffisants, mais *exportateurs* d'énergie.

C'est sans doute au niveau de plusieurs centaines de millions de T. E. P. que l'on peut chiffrer, dans le cas d'une large prospective, la potentialité annuelle et indéfiniment renouvelable des forêts tropicales.

Ce que nous voulions essentiellement prouver par ce tableau, c'est que les potentialités à attendre du bois-énergie dans les Pays tropicaux sont considérables et que, pour bien des Pays, elles peuvent apporter une solution d'un très bon niveau au problème de la mise en place d'un système de production d'énergie renouvelable. Elles ont notamment une très grande souplesse sur le plan des transports, du fait que même dans des Régions d'accessibilité fort difficile, elles peuvent donner par le biais de micro-centrales (ou de centrales plus grandes), des ressources énergétiques produites et utilisées *localement* et probablement à bon compte à partir des massifs forestiers ou de plantations immédiatement voisins.



Guyane française — Station de Sinnamary.
 Vue de l'essai provenance de Pinus caribaea 1 an après la plantation.

Photo Cossalter.

Année	Superficie et production de la Forêt de savane régénérée	Superficie et production de la Forêt de savane destinée à être régénérée	Superficie et production des plantations réalisées	Total TEP de l'énergie produite
1	500.000 ha × 10 TEP = 5.000.000	110.000 ha × 10 TEP = 1.110.000	111.000 ha	6.110.000
2	—	—	—	—
3	—	—	—	—
4	—	—	—	—
5	—	—	—	—
6	—	—	—	—
7	—	—	—	—
8	—	—	—	—
9	—	—	—	—
10	500.000 ha × 10 TEP = 5.000.000	— 0 —	111.000 ha × 5 TEP × 9 = 5.000.000	10.000.000
11	—	—	—	—

NÉCESSITÉ DES RECHERCHES A PRÉVOIR

Notre exposé fait souvent appel à des affirmations qui semblent relever de certitudes déjà

acquises sur le plan de la technologie du bois-énergie et des possibilités d'Aménagement. En réalité, nous



Guyane française, station de Sinnamary. Essai d'introduction d'Eucalyptus urophylla réalisé en janvier 1977. Plantation âgée de 2 ans.

Photo Cossalter.

partons d'une seule certitude, c'est que le potentiel-bois existe dans les formations forestières naturelles ou peut être créé par des plantations dont on maîtrise à peu près la technique, et qu'enfin, compte tenu des moyens que vont y affecter désormais les Gouvernements, de très gros progrès technologiques sont hautement probables dans les très prochaines années. C'est à certains points de vue un acte de foi, ou plutôt un risque très calculé, car une grande partie des conditions requises est rassemblée en vue d'une réussite : volonté bien arrêtée des Gouvernements, moyens probables, prémisses favorables.

Mais encore faut-il bien définir ces moyens à partir des programmes de recherche correspondants. Il nous semble que ces moyens devraient porter par priorité sur :

L'ASPECT TECHNOLOGIQUE DES PROBLÈMES

En reprenant les quatre filières déjà énoncées concernant la transformation du bois en énergie, nous proposons que :

— la filière « combustion directe du bois » soit laissée au seul secteur des recherches industrielles, car il s'agit surtout de perfectionnement et de mises au point ;

— la filière « carbonisation » fasse l'objet du même choix, encore que bien des points soient susceptibles d'améliorations très importantes ;

— la filière « gazéification » fasse l'objet dès maintenant d'une association entre Instituts de

recherche et Secteur Industriel, car de très gros progrès sont à réaliser, tant sur le plan fondamental qu'appliqué :

— la filière « liquéfaction » soit actuellement entièrement affectée à la responsabilité des Instituts de recherche, tant l'ensemble de ce secteur est à explorer, alors qu'à nos yeux, il se présente **comme le plus prometteur**.

N'oublions jamais enfin d'associer les recherches chimiques à ce *plan-directeur*, du fait du potentiel des matières-premières dérivant de chacune des filières précédentes.

L'ASPECT FORESTIER DES PROBLÈMES

Bien que nous soyons dans ce domaine apparemment mieux armés, les programmes de recherche et d'étude devraient être développés et porter par priorité sur :

— un développement des recherches écologiques et génétiques conduisant à définir ou fabriquer (hybrides) des végétaux plus performants sur le plan de la productivité, spécialement dans les zones de savanes soudano-guinéennes où peu de moyens ont été affectés à la solution de ces problèmes ;

— un développement des recherches sylvicoles (pépinière, travail du sol, entretien, fertilisation) correspondant à un matériel génétique de plus en plus performant ;

— un développement des recherches sur la rapidité et l'intensité de reconstitution des formations forestières protégées de l'Homme et de ses feux de brousse, tant en forêt dense (après exploitation), qu'en savanes : il faudrait en effet diversifier très vite nos connaissances en fonction de l'écologie,



Photo Cossalter.

Guyane française, station de Sinnamary. Essai d'E. urophylla. Peuplement âgé de 9 mois.

République Populaire du Congo, Station C. T. F. T. de Loandjili. Eucalyptus PF1 âgés de 1 an et 8 mois.

Photo Quillet.



car les résultats de recherche disponibles sont encore très fragmentaires et ne recouvrent que très partiellement les zones soudano-sahéliennes où, compte-tenu de l'éloignement des sources traditionnelles d'énergie, la mise en défens des boisements peut présenter un intérêt *a priori* modeste, mais toutes proportions gardées très appréciable ;

— la mise en place d'études sur la potentialité des peuplements naturels de savane par photo-interprétation et sondages au sol, tant au point de vue national qu'inter-Etats, car souvent des peuplements forestiers sont communs à deux Etats et leur exploitation relève d'infrastructures communes et même de politiques forestières communes. Ce type d'études constitue la base indispensable aux travaux d'Aménagement de l'espace rural que nous avons proposé, et compte-tenu de son intérêt

global, sinon régional, il pourrait relever de financements internationaux.

Le CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL qui travaille depuis plusieurs années sur ces problèmes de bois-énergie dans le monde tropical souhaiterait très vivement pouvoir développer ces recherches et ces études, tant technologiques que forestières, du fait de sa vocation et des connaissances qu'il a déjà accumulées dans ces différents domaines. Tant par ses laboratoires de NOGENT-SUR-MARNE dont il faudrait évidemment étendre et compléter l'équipement, que par les Centres et Missions de recherche dont il a la responsabilité en zone tropicale, il pense pouvoir apporter une contribution efficace à la solution des gigantesques problèmes qui se posent pour le Monde moderne au niveau de l'énergie.

* * *

En conclusion, par le texte qui précède, nous souhaiterions avoir montré que :

— les forêts tropicales détiennent des ressources potentielles d'énergie considérables, tant sur le plan naturel immédiatement utilisable, que par l'inter-

médiaire de plantations dont la productivité dérivant de conditions écologiques exceptionnellement favorables se présente actuellement comme la meilleure au Monde ;

— le développement des recherches technolo-

République Populaire du Congo. Station C. T. F. T. de Loandjili. Eucalyptus PF1 âgés de 1 an et 8 mois.

Photo Quilliet.



République Populaire du Congo. Station C. T. F. T. de Loandjili. Eucalyptus PF1 âgés de 4 ans et 6 mois, mélange de clones.

Photo Quilliet.

giques devrait de toute urgence apporter à l'utilisation du produit de ces forêts comme source d'énergie des solutions réalistes et opportunes ;

— la mise en valeur de ces forêts comme source d'énergie constitue une solution inattendue au problème de leur utilisation intégrale sur le plan économique ;

— leur régénération par des espèces à croissance rapide du type Eucalyptus, actuellement les plus productives sur le plan du bois-énergie, risque de poser à long terme des problèmes sur le plan du maintien de l'équilibre écologique des régions concernées ;

— par contre, la conservation d'un couvert naturel boisé en régions tropicales risque d'être très favorisé par une telle utilisation, spécialement en régions de savanes, du fait que l'Homme, traditionnellement entraîné à détruire spontanément ce milieu par la hache et par le feu, pourrait trouver dans cette obligation de sauvegarder une source d'énergie dont il n'avait jamais eu conscience la motivation de retrouver la sagesse qu'ont détenue certainement ses ancêtres et leur ont permis de perpétuer durant des siècles l'environnement naturel qui fut leur source de vie.

Or, il existe dans le Monde, des centaines de millions d'ha de forêts tropicales, soit inlassablement détruites par le feu dans les zones sèches, soit transformées en cendres et en fumées sous prétexte de supporter quelques cultures fugaces de manioc ou d'arachides, soit simplement exploitées pour la fourniture du bois d'œuvre, et dont la seule vocation actuelle consiste à protéger l'environnement contre l'agressivité des éléments érosifs, à maintenir peut-être un certain climat et à rassurer les Ecologistes. Nous sommes d'autant plus sensibles à la valeur où ce rôle de protection que nous sommes les premiers à l'apprécier et à le défendre. Mais nous avons grand peur que sa portée ne dépasse pas les cercles fermés des Sociétés savantes si un support économique puissant ne vient pas le conforter. Il nous semble, qu'à ce titre, l'énergie arrive miraculeusement à point nommé, dans la mesure où l'on saura encadrer avec sagesse ses exigences dans les limites du respect de l'équilibre écologique.



Les perspectives et les exigences absolues qu'elle suscite nous semblent particulièrement riches de promesses originales et inattendues.

Nous croyons en effet beaucoup aux redressements du comportement humain que peut susciter une contrainte absolue, telle celle qui risque de résulter tôt ou tard de la raréfaction des sources d'énergie traditionnelles.

Il serait tout de même admirable de constater un jour, que le maintien et la protection des forêts tropicales ont été déclenchés finalement par la raréfaction progressive du pétrole du Désert.

BIBLIOGRAPHIE

CATINOT (R.). -- Le présent et l'avenir des forêts tropicales humides. Possibilités biologiques et économiques des éco-systèmes forestiers tropicaux. Les limites de leur transformation. *Bois et Forêts des Tropiques* N° 154, 1974.

CATINOT (R.). — L'utilisation intégrale des forêts tropicales est-elle possible ? Référence à l'Afrique tropicale au Sud du Sahara. *Bois et Forêts des Tropiques* N° 181, 1978.

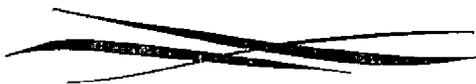
DOAT (J.). — Le pouvoir calorifique des bois tropicaux. *Bois et Forêts des Tropiques* N° 172, 1977.

DOAT (J.). — Les bois tropicaux source potentielle d'énergie. *Bois et Forêts des Tropiques* N° 181, 1978.

DOAT (J.) et PETROFF (G.). — La carbonisation des bois tropicaux. *Bois et Forêts des Tropiques* N° 159, 1975.

LANLY (J.-P.) et CLÉMENT (J.). — Present and future forest and plantation areas in the tropics. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 1979.

PETROFF (G.) et DOAT (J.). — Pyrolyse des bois tropicaux. Influence de la composition chimique des bois sur les produits de distillation. *Bois et Forêts des Tropiques* N° 177, 1978.



**LES BOIS TROPICAUX SONT DE PLUS EN PLUS
UTILISÉS DANS L'INDUSTRIE DU BOIS**

**LE CENTRE TECHNIQUE
FORESTIER TROPICAL**

est à votre disposition

- ★ pour les identifier
- ★ pour vous renseigner sur leurs caractéristiques
et leurs utilisations
- ★ pour vous conseiller dans leur mise en œuvre