

LE BOIS-ÉNERGIE HIER ET AUJOURD'HUI



Les pays tropicaux ont toujours été de gros utilisateurs de bioénergie. Ici, vente de charbon de bois au détail au Cameroun.

LES GRANDES ÉTAPES DE LA FILIÈRE BOIS-ÉNERGIE

JACQUELINE DOAT*
PHILIPPE GIRARD

Le bois a, au début de l'humanité et pendant des siècles, constitué la plus importante source d'énergie dans le monde. Jusqu'en 1850, il est utilisé non seulement pour produire de la chaleur domestique (chauffage et cuisson des aliments), mais sert également, avec le charbon de bois, à la réduction du minerai de fer, et ce dès l'Antiquité.

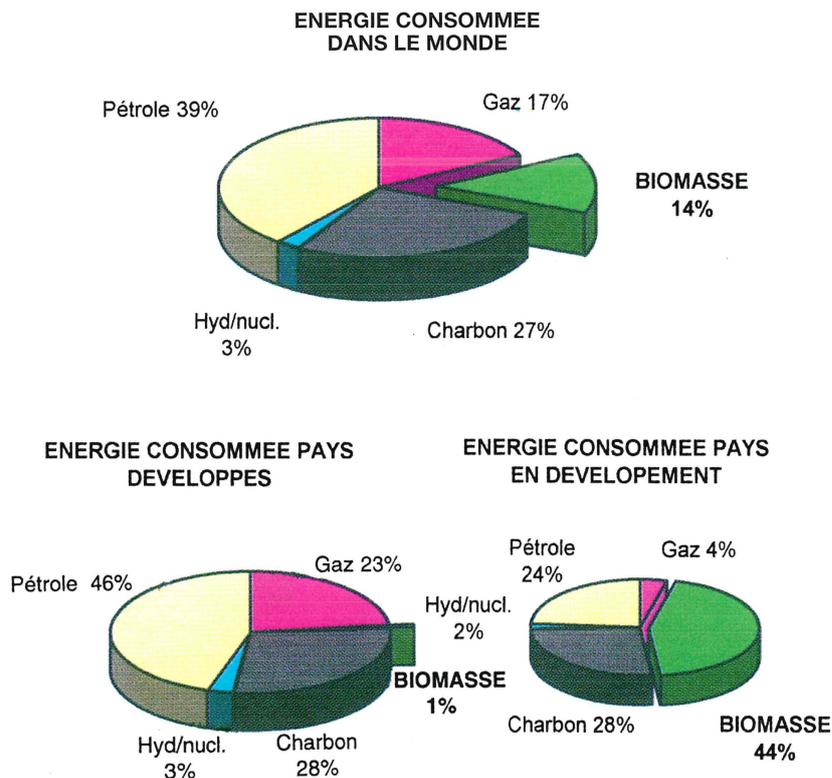
Dans les pays du Nord, le développement industriel a pour conséquence une augmentation très forte de la demande énergétique, pour satisfaire les besoins domestiques, produire davantage, voyager plus rapidement et plus loin... Plus concentrés énergétiquement et plus faciles d'utilisation, le charbon, au XIX^e siècle lors de la révolution industrielle, puis le pétrole, au XX^e siècle après la première guerre mondiale, se substituent au bois.

En revanche, dans les pays du Sud, assez largement restés en marge de ce processus, du moins dans la première moitié du siècle, la croissance de la demande énergétique est faible. Le bois demeure la première source d'approvisionnement énergétique des pays tropicaux, comme le montre la figure ci-dessous.

UN PEU D'HISTOIRE

Des années 50 au début des années 70, le Centre Technique Forestier Tropical (C.T.F.T.)* ne s'intéresse que très marginalement à l'énergie qui ne constitue en rien une priorité des pays tropicaux, principalement

* Deviendra le CIRAD/C.T.F.T., puis le CIRAD-Forêt en 1992.



* Directeur des Recherches sur le Bois au C.T.F.T., puis au CIRAD/C.T.F.T. de 1984 à 1989.

Figure 1. Consommation d'énergie par source d'approvisionnement en 1989.

africains avec lesquels il coopère. En effet, à la suite du second conflit mondial des années 1940-45, l'approvisionnement en pétrole est devenu abondant, facile et peu onéreux (environ 3\$ le baril).

Dans les années 70, trois éléments d'importance stimulent l'intérêt du C.T.F.T. pour la bioénergie et son engagement dans ce domaine :

□ **La première crise pétrolière de 1973**, après trente années d'euphorie, qui voit le prix du brut tripler, attire l'attention des milieux politiques et économiques sans modifier sensiblement le comportement des usagers. Mais, rapidement, se déclenche une prise de conscience générale des pouvoirs publics et privés lorsque, quelques mois plus tard, le seuil des 20 dollars le baril est atteint et vite dépassé. En conséquence, l'économie mondiale doit, en 1974, affronter une situation nouvelle, paraissant irréversible. Les pays riches et industrialisés sont bien évidemment pénalisés, mais les pays du Sud (à l'exception de ceux possédant des richesses pétrolières : Nigeria, Gabon, Congo, Indonésie...) manquant de devises fortes, ne peuvent faire face à cette augmentation des coûts.

En 1974, les gouvernements des pays industrialisés et de nombreux organismes de recherche commencent à s'intéresser aux produits de remplacement du pétrole. La biomasse, ressource renouvelable, et le bois en particulier, motivent vite les centrales de recherche et notamment le C.T.F.T. En effet, si les pays industrialisés disposent bien de quelques ressources forestières inemployées, le potentiel forestier tropical s'avère très important. Il avait été estimé à 50-100 Tep (tonnes équivalent pétrole) par hectare de forêt naturelle, 10-20 Tep par hectare de savane boisée et 3-10 Tep/ha/an pour des plantations d'espèces à croissance rapide (eucalyptus) dans les zones humides.

C'est également à cette époque que, dans les pays tropicaux et no-

LES DIFFÉRENTES FILIÈRES ÉNERGIE VIA LA BIOMASSE

- **La combustion** : c'est la première filière que l'on envisage lorsqu'il s'agit de produire de la chaleur avec le bois. Cette chaleur peut être utilisée telle quelle pour le chauffage, la cuisson des aliments ou industriellement pour la production de vapeur, de force motrice ou d'électricité.
- **La carbonisation** (ou pyrolyse) : la pyrolyse permet de concentrer l'énergie potentielle de la matière première traitée. En l'absence de produits oxydants et sous l'action de la chaleur, la biomasse se décompose en trois phases dont l'importance relative varie suivant les conditions opératoires : une fraction gazeuse non condensable, une fraction liquide et un résidu solide, le charbon principalement constitué de carbone. Dans les P.E.D. c'est le charbon de bois qui est le produit final recherché. La fraction liquide, goudrons et pyrolygneux ainsi que les gaz peuvent éventuellement être récupérés (xylochimie). Un traitement thermique appliqué au-dessous de 280 °C permet d'obtenir un produit intermédiaire : le bois torréfié.
- **La gazéification** : l'oxydation ménagée, ou gazéification, d'un solide a pour objectif la production d'un gaz combustible, substituable aux produits d'origine pétrolière. Le traitement du bois s'effectue alors à température élevée, avec une matière première plus ou moins divisée. Le produit résultant est un mélange de gaz pauvres utilisables dans des moteurs pour la transformation, ultérieurement, en électricité. La gazéification peut également être orientée vers la production d'un gaz de synthèse utilisable dans l'industrie chimique, en particulier pour la synthèse du méthanol ou de l'ammoniac.
- **La liquéfaction** (ou hydroliquéfaction) : la transformation du bois en carburant liquide ou tout au moins visqueux à l'égal du pétrole brut et pouvant être raffiné comme ce dernier est un challenge difficile, tenté par cette filière. La réaction qui vise à substituer les atomes d'oxygène a lieu en présence d'un catalyseur, sous fortes pressions d'hydrogène (100 à 200 bars) et entre 250 et 300 °C. Les mécanismes réactionnels mis en œuvre au niveau de la dégradation des matières lignocellulosiques sont fondamentalement différents de ceux impliqués dans la pyrolyse.
- **L'hydrolyse** : l'hydrolyse a pour but de tenter de dissocier les matières premières complexes pour en obtenir des composés simples à haute valeur ajoutée. L'hydrolyse du bois en milieu acide donne des sucres dont la plupart (sucres en C₆ dérivés de la cellulose) sont fermentescibles en alcool (éthanol). La matière première ligneuse est toutefois concurrencée par les produits agricoles plus faciles à traiter.

tamment en Afrique, se superposent deux phénomènes qui viennent accentuer les effets de la crise pétrolière, à savoir :

□ **L'explosion démographique** qui se traduit, faute de pratiques agricoles adaptées, par des dégradations du milieu naturel, supérieures dans de nombreuses régions aux capacités annuelles de régénération.

□ **Un nouveau cycle de sécheresse qui frappe la zone tropicale sèche.** Comme le soulignent CLÉMENT et STRAFOGEL,

ce sont certainement les images terribles de famine qui, en sensibilisant les populations des pays industrialisés, ont permis la prise de conscience des enjeux, d'abord sociaux, puis politiques et enfin économiques de la contribution du bois à l'approvisionnement des populations des pays tropicaux (CLÉMENT, STRAFOGEL, 86).

LES PREMIÈRES INITIATIVES DU C.T.F.T.

Les programmes de recherche se font alors de plus en plus ambitieux,



Production et ensachage du charbon de bois au Togo.

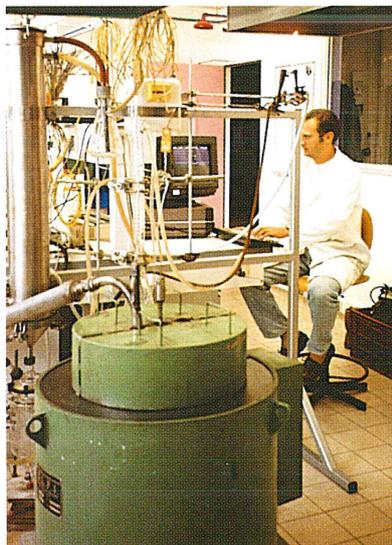
visant à couvrir les différentes filières de transformation énergétique de la biomasse, du stade du laboratoire au stade pilote.

Les travaux menés à l'époque par le C.T.F.T ont donc été à la fois forte-

ment tirés par la demande des pays tropicaux, mais également très liés à l'évolution de la situation énergétique des pays industrialisés et aux évolutions technologiques qui en résultent.

Dès 1975, un laboratoire de carbonisation des produits forestiers est mis en place, dont l'un des premiers objectifs est de réaliser des opérations de pyrolyse et l'analyse physico-chimique du charbon pour étudier les caractéristiques de très nombreuses essences tropicales et de certains déchets végétaux (coques de noix de coco, rafles de palmier, tourbes). Aujourd'hui, la liste des essences traitées est longue et sa mise en forme dans une banque de données est en cours.

A la fin des années 70, le laboratoire Energie du C.T.F.T se dote d'un laboratoire d'analyse chromatographique qui permet, bien avant les préoccupations liées à l'effet de serre, de développer les méthodologies d'analyse des sous-produits liquides (pyroligneux, goudrons) et gazeux.



Le laboratoire de carbonisation du CIRAD-Forêt à Montpellier : cornue expérimentale avec son système de récupération des effluents.

UNE APPROCHE SOCIOLOGIQUE

Alors qu'on redécouvre, dans les pays industrialisés, les vertus des énergies renouvelables et notamment de la bioénergie, dans les pays tropicaux on en est au constat. Ainsi, les forestiers de l'époque, formés aux grands inventaires, abordent le problème de la même façon en évaluant la situation. Les premiers travaux intègrent une dimension sociologique : ils concernent les études et enquêtes de consommation et d'approvisionnement en bois de feu, essentiellement des grands centres urbains.

Les problèmes de consommation de bois de chauffe sont rapidement identifiés :

- En zone rurale, l'approvisionnement résulte du travail familial de collecte ; il est donc difficile à évaluer tant en terme quantitatif (consommation par habitant) que qualitatif (part du bois mort par rapport au bois sur pied ou aux déchets agricoles).
- En zone urbaine, où « le développement des besoins est spectaculaire, en particulier en Afrique » (A. BERTRAND, 1977). Le taux de croissance de la population des villes africaines, qui varie de 5 à 14 % par an, entraîne une augmentation du même ordre des besoins en combustibles ménagers, bois de chauffage et surtout de charbon de bois.

Dans les P.E.D., les consommations sont mieux connues au travers de nombreuses enquêtes. Pour approvisionner les villes, l'utilisation de plus en plus large du charbon de bois, fabriqué selon des procédés souvent mal maîtrisés avec des rendements de conversion faibles, accentue la pression sur la forêt.

UNE APPROCHE FORESTIÈRE ET TECHNOLOGIQUE

Pour faire face à cette situation et préserver les écosystèmes forestiers, les solutions qui sont alors envisagées peuvent être regroupées sous deux types de démarches :

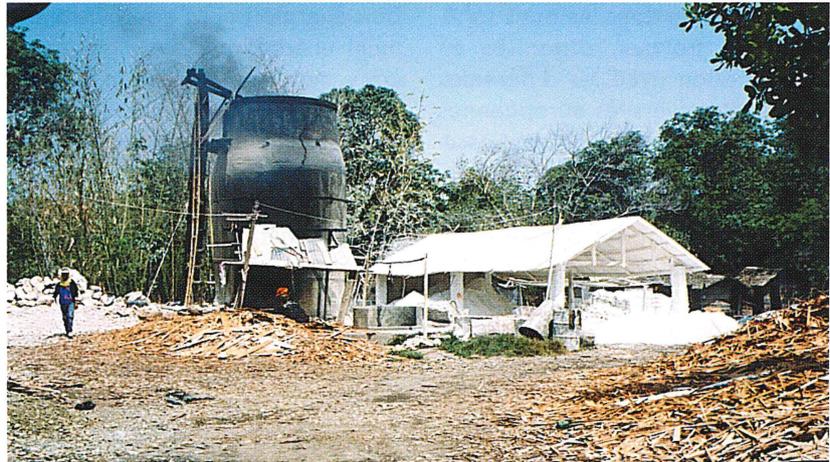
□ **Une approche forestière** pour accroître les ressources et améliorer l'approvisionnement, avec la réalisation de plantations et l'agrosylvopastoralisme. La zone écologique en forte crise étant située dans la zone tropicale sèche, les plantations artificielles y sont soumises à des facteurs climatiques très sévères qui en ont fortement limité la productivité et la longévité, et ce malgré la sélection. Les résultats obtenus sont souvent décevants. En effet :

« On peut se baser, à titre indicatif, sur l'échelle suivante :

- Isohyète 600 mm : productivité de 1,5 à 3 m³/ha/an (cette dernière valeur doit être considérée comme exceptionnelle)
- Isohyète 800 mm : productivité de 3 à 5 m³/ha/an (même remarque)
- Isohyète 1 000 mm : productivité de 6 à 10 m³/ha/an (même remarque) » (BAILLY *et al.*, 1982).

Les coûts du bois dépassent cependant d'au moins deux fois le prix du marché et demeurent prohibitifs puisque les résultats de production annoncés ont été obtenus sur les parcelles expérimentales (donc optimales).

□ **Une approche technologique** pour réduire la consommation et donc la demande, qui consiste à améliorer les rendements énergétiques des foyers domestiques utilisés. Des essais sur le terrain et des recherches appliquées sont mis en œuvre dès la fin des années 70 pour diminuer les consommations



Production artisanale de chaux en Indonésie utilisant des déchets de scierie.

LE BOIS, PRINCIPALE SOURCE ÉNERGÉTIQUE DANS LES PAYS DU SUD

Le bois, source d'énergie domestique prépondérante « traditionnelle » en P.E.D., correspond aussi à une source d'énergie moderne susceptible de satisfaire, avec toute l'efficacité requise, la demande en chaleur ou en force motrice des activités les plus pointues, quel que soit le secteur d'activité économique concerné (à l'exception des transports).

Son utilisation se traduit, au plan économique et social, par de nombreux avantages :

- Correctement géré, il correspond à une source d'énergie indigène, renouvelable, pérenne et offre les meilleures garanties en matière d'indépendance énergétique. Il peut permettre, dans les régions les plus favorables, d'ajuster l'offre à une demande chaque jour plus importante.
- Utilisé en substitution des combustibles conventionnels, il permet d'économiser des devises précieuses, recyclables au profit de l'équipement industriel ou des infrastructures et de diminuer le niveau de pollution résultant de la satisfaction des besoins énergétiques. Compte tenu de sa capacité à recycler le CO₂, il émet moins de gaz à effet de serre que les produits pétroliers et le charbon et aucun oxyde de soufre.
- Sa production, sa récolte et son conditionnement pour une utilisation énergétique sont fortement générateurs d'emplois et de valeur ajoutée locale.

Si la bioénergie permet donc de satisfaire une très large palette de demandes énergétiques, certains domaines lui restent toutefois difficilement accessibles :

- les transports, tant que la production de carburants liquides (méthanol, charbons en suspension) n'aura pas trouvé le niveau de rentabilité économique nécessaire à une production à échelle satisfaisante pour concurrencer les produits pétroliers,
- les centrales électriques pour l'alimentation des réseaux électriques nationaux.

Une situation que le développement de voies nouvelles, aux rendements bien plus favorables (gazéification/turbines à gaz), et la maîtrise des plantations forestières, de plus en plus performantes, peuvent favoriser à moyen terme.

en bois de feu dans les pays sahéliens. Les travaux, organisés en collaboration avec les différentes O.N.G. et universités européennes et dont les financements sont assurés par de grands organismes internationaux (ONUDI*, O.C.D.E., PNUD, etc.) ont pour but de diffuser, dans les régions tropicales sèches, des « foyers améliorés » pour remplacer le « foyer 3 pierres » au rendement énergétique déplorable, de l'ordre de 5 %. Parallèlement à ces tests, il était donc intéressant d'établir un « catalogue des données » sur le pouvoir calorifique d'essences aux provenances et caractéristiques connues et bien différenciées. Cette étude (DOAT, 1977) montre que le PCS (pouvoir calorifique supérieur) varie d'une espèce à l'autre dans une fourchette de ± 20 % en fonction de la composition chimique du bois mais qu'il n'y a pas de corrélation entre la densité du bois et son PCS. L'intérêt de ces mesures sera particulièrement apprécié lors du développement de procédés plus sophistiqués (chaudière à bois, gazogène...).

Devant le relatif échec, en terme d'impact sur la consommation, des foyers améliorés et des plantations à but énergétique, les bailleurs de fonds orientent les grands programmes vers des solutions de substitution. L'objectif vise alors à limiter les prélèvements en bois sur les formations ligneuses par le recours d'autres formes d'énergie domestique, comme le gaz. La demande s'éloignant des compétences du C.T.F.T., les travaux, à l'exception du bois torréfié, s'orientent vers les technologies de production d'électricité ou les recherches telles que le méthanol. Le C.T.F.T. pressent déjà à cette époque les enjeux du

bois-énergie pour l'approvisionnement énergétique des pays tropicaux, non plus seulement pour la seule satisfaction des besoins domestiques, mais aussi pour celle du secteur industriel. La biomasse peut devenir une source d'énergie à part entière notamment en zone humide.

Cette époque est très féconde en travaux divers, en Europe et particulièrement en France. Alors que les grands programmes de substitution par le gaz sont mis en œuvre, le C.T.F.T. au début des années 80 tente de concilier à la fois la maîtrise de l'énergie et la production d'un combustible à fort pouvoir calorifique en explorant, avec le Bureau d'Études ARMINES, une nouvelle voie : la torréfaction (DOAT, 1985), qui correspond à une pyrolyse partielle du bois (arrêtée avant la phase de réaction exothermique, soit autour de 280 °C), donnant un rendement pondéral de 70-72 % et un rendement énergétique de l'ordre de 80-82 %. Les travaux en laboratoire et sur matériel pilote montrent qu'il est possible d'obtenir, à partir des bois tropicaux, un produit utilisable tel quel, ou après agglomération sans liant, dans des foyers domestiques ou artisanaux. Toutefois, les résultats sur le terrain demeurent décevants.

UNE APPROCHE SCIENTIFIQUE

Au cours de la décennie 80, c'est surtout l'importance des travaux scientifiques réalisés en Europe et aux États-Unis qui a dynamisé les recherches du C.T.F.T. afin qu'elles s'orientent vers une meilleure valorisation du potentiel énergétique des forêts tropicales. Les équipes de chercheurs du C.T.F.T. sont impliquées dans de vastes programmes : la gazéification pour la

production d'électricité, la synthèse du méthanol ou l'hydroliquéfaction.

□ **La gazéification du bois pour la production d'électricité** : ces premières études sur la gazéification par pyrolyse éclair sont effectuées en laboratoire, en collaboration avec l'Université de Nancy au cours des années 1981-82 (DEGLISE, DOAT, 1982). Le traitement d'essences ou de mélanges tropicaux en comparaison de quelques essences françaises a permis de mieux situer les mécanismes des réactions et de préciser la nature des gaz résultants. Par ailleurs, le C.T.F.T. suit les essais effectués par de nombreux constructeurs de matériel français qui mettent au point des gazéifieurs de puissance variable, des matériels mobiles jusqu'à 100 kW, des matériels fixes industriels jusqu'à 3 500 kW. Certaines unités peuvent être couplées avec des groupes électrogènes acceptant l'emploi direct des gaz pauvres pour la production d'électricité.

□ **La production du méthanol** à partir de produits ligneux suscite un intérêt certain dans le monde, en particulier en France, au Canada, aux USA et au Brésil, de 1975 à 1985. Le procédé sur lequel travaillent alors différents organismes, dont le C.T.F.T., correspond à une gazéification sous pression d'oxygène permettant d'aboutir, après élimination du gaz carbonique, à un mélange gazeux bien défini d'oxyde de carbone et d'hydrogène : CO et H₂, base de la synthèse du méthanol CH₃ OH. Un groupement, l'ASCAB, est constitué en France avec des organismes divers tels que l'A.F.M.E., le C.T.F.T., le CEMAGREF, Creusot-Loire, des pétroliers, etc. Un projet-pilote de 60 t/jour est réalisé par l'ASCAB et prouve la faisabilité technique de cette filière. Une approche économique

* Cf. développement des sigles, p. 64.

de la production de méthanol via le bois montre toutefois, en 1986, ce qui est confirmé en 1994, que le prix de revient est nettement plus élevé pour des fabrications de 50 à 500 t/jour de méthanol, que celui du méthanol produit à partir du gaz naturel.

□ **La possibilité d'obtenir des produits liquides ou visqueux** à haut pouvoir calorifique est explorée par le C.T.F.T. de 1981 à 1984 à la suite d'informations et de contacts nord-américains. Il met en place un appareil spécifique, permettant de travailler à haute température sous pression élevée d'hydrogène et en milieu alcalin (DOAT, 1984). Mais la présence obligatoire de solvants et un apport énergétique extérieur élevé augmentent le coût du procédé ; ceci, joint à la difficulté de le transposer industriellement, conduit le C.T.F.T. à abandonner provisoirement ces travaux.

□ **La production d'éthanol**, composé énergétique oxygéné (C_2H_5OH) à partir du bois, peut être obtenue par hydrolyse du bois par des enzymes ou des acides minéraux, puis fermentation. Ces travaux n'ont cependant pas abouti, la production d'éthanol via le bois n'étant pas compétitive.

Dès la seconde moitié des années 80, la contribution du bois-énergie augmente peu en Europe et marque le pas en Amérique du Nord après le boom résultant des lois PURPA (Public Utility Regulatory Policies Act). La croissance de la demande reste soutenue dans les pays d'Afrique, d'Amérique latine et d'Asie avec des croissances annuelles respectives entre 1970 et 1993 de l'ordre de 2,5 – 1,5 et 1,6 %/an (cf. figure 2). De ce fait, avec la chute durable des cours du pétrole, l'intérêt pour le bois-énergie disparaît pratiquement au niveau

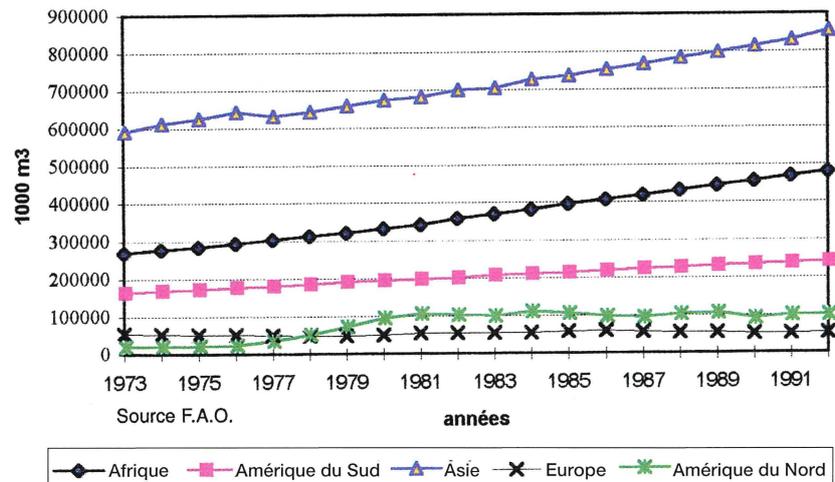


Figure 2. Production de bois de chauffage et charbon de bois entre 1973 et 1992.

européen et nord-américain, à partir des années 87-88.

Au contraire, dans les pays tropicaux, la nécessité de satisfaire au mieux les besoins des populations maintient la pression sur les gouvernements concernés afin d'assurer une meilleure utilisation des ressources naturelles, et notamment de

la biomasse énergie (cf. tableau ci-dessous), malgré :

- un environnement qui se dégrade et se traduit par une raréfaction de la ressource,
- un contexte économique dramatique de paupérisation pour la majeure partie de la population,

Part du bois de feu dans l'approvisionnement énergétique de quelques pays tropicaux

	Source 1978	Source 1982	Source 1990
Sénégal	60 %	82 %	54 %
Mauritanie	69 %	94 %	nd.
Mali	93 %	90 %	80 %
Burkina Faso	94 %	94 %	91 %
Niger	88 %	95 %	80 %
Tchad	89 %	nd.	80 %
Côte-d'Ivoire	65 %	60 %	72 %
Thaïlande	nd.	nd.	24 %
Philippines	nd.	nd.	43 %

nd. non disponible

Source : Club du Sahel/CILSS, 1983 ; FAO, P. GIRARD, 92.

- l'explosion de la demande énergétique, notamment électrique, pour les pays qui ont vu leur économie décoller (Asie du Sud-Est...).

UNE APPROCHE PLUS APPLIQUÉE

DÉVELOPPEMENT DES MATÉRIELS

Plus appliqués, les travaux menés depuis 1985 ont tenté d'évaluer et de certifier les performances avant transfert des équipements et matériels. A cet effet, avec l'appui de l'ADEME, le C.T.F.T. s'équipe d'une base expérimentale permettant de travailler sur des matériels en vraie grandeur pour :

- optimiser la production de charbon de bois sur sa base expérimentale de carbonisation de Spoir, puis d'Emancé (DOAT, 1985 ; GIRARD, 1986 ; VERGNET, CORTÉ, 1989),
- développer la filière gazéification en vue d'une production d'électricité ou de chaleur en partenariat avec les industriels (PINTA, 1994),

- optimiser la combustion, avec le CETIAT, en apportant un appui aux industriels pour améliorer le fonctionnement de nouveaux matériels : les chaudières turbo.

Dès 1985, conscient des enjeux environnementaux, le C.T.F.T. entreprend, sur sa base expérimentale et en site industriel, des études avec le L.N.E., l'E.D.F. et le CITEPA pour évaluer l'impact sur l'environnement des fours de carbonisation à combustion (MEZERETTE, GIRARD, 1992). Soucieux de valoriser au mieux l'énergie contenue dans les fumées, les travaux ont vite débouché sur la mise au point de systèmes de traitement des fumées par incinération en collaboration avec les industriels. L'efficacité du traitement permet aux entreprises de répondre parfaitement à la réglementation ; ainsi la chaleur produite est utilisable pour sécher le bois avant carbonisation, permettant un gain de rendement et de productivité très appréciable.



Système de traitement des fumées par incinération (procédé C.M.L.).

TRANSFERTS DE TECHNOLOGIES

Après avoir testé les matériels en Europe, le CIRAD-Forêt s'engage entre 1990 et 1995 dans des programmes de transfert de technologies qui lui imposent de considérer plus à fond les aspects économiques et de se doter des outils nécessaires à l'évaluation des projets (GIRARD, 1996) :

- En Asie du Sud-Est avec le programme européen COGEN, qui consiste à favoriser la création de « joint-ventures » entre industriels/manufacturiers européens et l'ASEAN pour la cogénération d'énergie dans les agro-industries (sucre, riz, huile de palme et noix de coco) et les industries du bois, à partir de matériel européen performant et ayant déjà des références (hors ASEAN). L'idée est de mettre en place des opérations de démonstration industrielles susceptibles de créer une dynamique des industriels utilisateurs de la région.
- En Afrique de l'Ouest avec la mise en place, en 1992, du Pôle Régional Africain de Thermochimie (PRAT) à Abidjan. Ce pôle a pour objectif de regrouper les compétences des pays du Nord et du Sud en recherche et développement au sein d'une structure qui permet de faire jouer les complémentarités régionales et thématiques. Il est possible ainsi d'identifier les obstacles au transfert et à la mise en œuvre des technologies adaptées à la valorisation énergétique de la biomasse dans les P.E.D. au profit de tous les secteurs utilisateurs : domestique, artisanal et industriel. Le PRAT permet de couvrir les besoins en recherche-développement, en démonstration et en formation, nécessaires à la promotion et à la bonne utilisation de technologies efficaces et performantes ; de plus, il encourage les industriels à s'engager significativement dans le développement



Unité de cogénération à partir du bois dans un complexe industriel en Malaisie.



Formation professionnelle sur le pôle régional de thermochimie cogéré par l'IDEFOR-DFO en Côte-d'Ivoire et le CIRAD-Forêt.

et l'utilisation de solutions bioénergétiques.

*

* *

La prise de conscience des enjeux environnementaux liés à l'énergie a permis de relancer la recherche internationale d'autant plus facilement que les trois quarts de l'humanité vit actuellement dans les pays en développement et ne consomme que le tiers de l'énergie mondiale conventionnelle. La pression démographique et l'industrialisation amorcée de ces pays vont nécessairement conduire à une croissance forte et rapide de leur demande en énergie. Cette demande ne pourra être satisfaite durablement que par la prise en compte des énergies renouvelables, l'intégration de technologies plus performantes et des économies d'énergie. Une approche plus intégrée tenant compte des spécificités locales et régionales devra être suivie simultanément. C'est ce tournant que le CIRAD-Forêt est en train de prendre avec certains pays tropicaux comme la Malaisie et la Thaïlande, qui ont d'ores et déjà mis en place des réglementations incitatives en faveur de l'utilisation énergétique de la biomasse (GIRARD, 1993), ainsi que la Côte-d'Ivoire qui a entamé une réflexion dans ce sens pour mieux utiliser les déchets agro-industriels. □

► Jacqueline DOAT
Ancien directeur
des Recherches sur le Bois
au C.T.F.T.

► Philippe GIRARD
Programme Valorisation
des Produits forestiers
CIRAD-Forêt/Montpellier

R E F E R E N C E S B I B L I O G R A P H I Q U E S

- BAILLY C., BARBIER C., CLEMENT J., GOUDET J.P., HAMEL O., 1982. Les problèmes de la satisfaction des besoins en bois en Afrique tropicale sèche – Connaissances et incertitudes. *Bois et Forêts des Tropiques* 197 : 23-43.
- BERTRAND A., 1977. Les problèmes du bois de chauffage et du charbon de bois en Afrique tropicale. *Bois et Forêts des Tropiques* 173 : 39-48.
- CLEMENT J., STRAFOGEL S., 1986. Disparition de la forêt, quelles solutions à la crise du bois de feu ? Paris, L'Harmattan, 191 p.
- DOAT J., 1977. Le pouvoir calorifique des bois tropicaux. *Bois et Forêts des Tropiques* 172 : 33-55.
- DOAT J., 1984. Hydroliquéfaction de bois tropicaux et d'autres biomasses tropicales. *Bois et Forêts des Tropiques* 206 : 51-72.
- DOAT J., 1985. La base de carbonisation de Spoir – Une nouvelle antenne C.T.F.T. *Bois et Forêts des Tropiques* 209 : 59-64.
- DOAT J., 1985. Un nouveau produit énergétique pour les pays en développement – Le bois torréfié. *Bois et Forêts des Tropiques* 208 : 57-67.
- DOAT J., 1986. Le point sur le méthanol via la biomasse en France et dans le monde. *Bois et Forêts des Tropiques* 211 : 89-95.
- DOAT J., DEGLISE X., 1982. Gazéification par pyrolyse éclair de quelques bois tropicaux. *Bois et Forêts des Tropiques* 198 : 59-74.
- GIRARD P., 1992. Matériel de carbonisation – Four de carbonisation type Magnien. *Bois et Forêts des Tropiques* 213 : 97-101.
- GIRARD P., 1992. Techniques et Matériels de carbonisation – Contrôle des performances. *Bois et Forêts des Tropiques* 232 : 53-65.
- GIRARD P., 1995. Utilisation énergétique par voies thermochimiques des déchets lignocellulosiques : Outil méthodologique d'aide à la décision, cas des pays d'Asie du Sud-Est. Thèse de doctorat, Université technologique de Compiègne, Compiègne, France, 231 p.
- GIRARD P., VERGNET L.F., 1996. Decision making tool adapted to biomass energy technology dissemination – Asean case study. *In* : 9th European conference on biomass for energy, environment, agriculture and industry, Copenhague, Danemark, 24-27 juin 1996, sous presse.
- MEZERETTE C., GIRARD P., VERGNET A.M., 1992. Aspects environnementaux liés à la pyrolyse de la biomasse. *Bois et Forêts des Tropiques* 232 : 67-80.
- PINTA F., 1994. Testing of a wood gasification pilot plant for industrial heat generation. *In* : 8th European conference on biomass for energy, environment, agriculture and industry, Vienne, Autriche, 3-5 octobre 1994, 2 p.
- VERGNET L.F., CORTÉ P., 1989. Development and performance of the pyrolysis plants in France. 5^e Conférence européenne sur la biomasse pour l'énergie et l'industrie, Lisbonne, Portugal, octobre 1989, 5 p.

DÉVELOPPEMENT DES SIGLES ÉNUMÉRÉS DANS L'ARTICLE

ADEME :
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

ASCAB :
Association pour le Développement des Carburants par la Gazéification du Bois

ASEAN :
Association of South East Asian Nations

CEMAGREF :
Centre d'Étude du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et Forêts

CETIAT :
Centre d'Étude Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques

CILSS :
Comité Inter-études de Lutte contre les Sécheresses au Sahel

CITEPA :
Centre Interprofessionnel Technique d'Étude de la Pollution Atmosphérique

COGEN :
Programme de coopération économique entre la CEE et l'ASEAN visant la promotion et le transfert de technologies d'équipements européens dans le domaine de l'utilisation énergétique des déchets agro-industriels.

IDEFOR-DFO :
Institut des Forêts – Département Foresterie

L.N.E. :
Laboratoire National d'Essais

ONUDI :
Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel

O.C.D.E. :
Organisation de Coopération et de Développement Économique

PNUD :
Programme des Nations Unies pour le Développement

PRAT :
Pôle Régional Africain de Thermochimie

U.T.C. :
Université Technologique de Compiègne.

R É S U M É

LE BOIS-ÉNERGIE HIER ET AUJOURD'HUI

Les pays tropicaux ont toujours été de gros utilisateurs de bioénergie. Les auteurs retracent ici, depuis 1970, au travers des recherches menées par le C.T.F.T., puis le CIRAD-Forêt, les grandes étapes qui ont jalonné cette filière, en prenant en compte les réalités sociologiques des pays en développement : explosion démographique, migration vers les zones urbanisées, paupérisation, sécheresse accentuée... L'approche scientifique et technique des réactions énergétiques a également été abordée avec différents groupements intéressés par la biomasse, mis en place dans les pays industrialisés.

Enfin, des transferts de technologie en Asie du Sud-Est et en Afrique de l'Ouest ont été initiés dès 1990, afin de faire face à la demande croissante en énergie des régions tropicales, demande qui ne pourra être satisfaite durablement qu'avec l'aide des matières premières renouvelables.

Mots-clés : Zone tropicale. Énergie. Biomasse. Bois de feu. Charbon de bois.

A B S T R A C T

FUELWOOD YESTERDAY AND TODAY

Tropical countries have always been major users of bioenergy. Through the research carried out by the C.T.F.T. and then by CIRAD-Forêt, the authors here retrace the principal stages which have staked out this field since 1970, taking into account the sociological realities of developing countries : population explosion, migration to cities and towns, impoverishment, severe drought... The scientific and technical approach to energy reactions has also been tackled by different groups concerned with the biomass, established in the industrialized countries.

Lastly, technology transfers in Southeast Asia and West Africa got under way in 1990, in order to deal with the growing demand for energy in tropical regions — a demand which it will only be possible to meet on a sustainable basis with the help of renewable raw materials.

Key words : Tropical zone. Energy. Biomass. Fuelwood. Charcoal.

R E S U M E N

LA MADERA-ENERGIA DE AYER Y DE HOY

Los países tropicales vienen siendo, desde siempre, grandes consumidores de bioenergía. Los autores describen en este artículo, desde 1970, a través de las investigaciones emprendidas por el C.T.F.T., y más adelante el CIRAD-Forêt, las principales etapas que han jalonado este proceso, teniendo en cuenta las realidades sociológicas de los países en vías de desarrollo : explosión demográfica, migración hacia las zonas urbanizadas, pauperización, sequía acentuada, etc. El enfoque científico y técnico de las reacciones energéticas se han abordado también conjuntamente con los diversos grupos interesados por la biomasa, implantados en los países industrializados. Finalmente, las transferencias de tecnología en Asia del Sureste y en África del Oeste se han iniciado a partir de 1990, con objeto de hacer frente a la demanda cada vez mayor de energía de las regiones tropicales, demanda que únicamente se podrá satisfacer de forma duradera por medio de las materias primas renovables.

Palabras clave : Zona tropical. Energía. Biomasa. Leña. Carbón vegetal.