

# PLANTATIONS D'ARBRES À CROISSANCE RAPIDE ET QUALITÉ DES PRODUITS FORESTIERS SOUS LES TROPIQUES

BERNARD THIBAUT  
HENRI BAILLÈRES  
BERNARD CHANSON  
MERIEM FOURNIER-DJIMBI

Les plantations forestières demandent un fort investissement en matière de sélection, de pépinières, de travaux de préparation, de plantation, d'entretien ou d'éclaircie, voire de lutte contre les pathologies. Ces investissements doivent être payés en retour par les produits forestiers récoltés et il est clair aujourd'hui que la qualité compte autant que la quantité ; d'où tout un axe de recherche/développement, commencé au début des années 80 en Côte-d'Ivoire, qui s'ouvre sur les interfaces entre sylviculture/qualité des bois et procédés de valorisation d'une ressource nouvelle et très artificialisée. Cet article illustre cette recherche en faisant l'état des connaissances du CIRAD-Forêt sur les propriétés technologiques de quelques bois de plantation dans le monde tropical.

Les bois de plantation sont différents, du point de vue de leurs propriétés anatomiques, physiques et mécaniques..., de leurs homologues de forêt naturelle, ce qui pose des problèmes technologiques et commerciaux (JOFCA, 1996). En particulier, ils diffèrent par la présence de fortes hétérogénéités rencontrées au sein d'un même arbre.

Cependant, l'utilisation de ces bois de plantation en substitution est souvent nécessaire pour une gestion durable du patrimoine forestier qui garantit la satisfaction des besoins en bois des populations. Cette substitution est technologiquement possible moyennant la connaissance des propriétés de ces nouveaux bois d'une part, la promotion d'outils de transformation adaptés (techniques d'abattage, de conditionnement des grumes et des produits semi-finis, outils de sciage, de déroulage...) d'autre part. Enfin, les connaissances acquises doivent aussi permettre d'orienter les pratiques forestières (sylviculture et amélioration génétique) pour le présent et l'avenir.

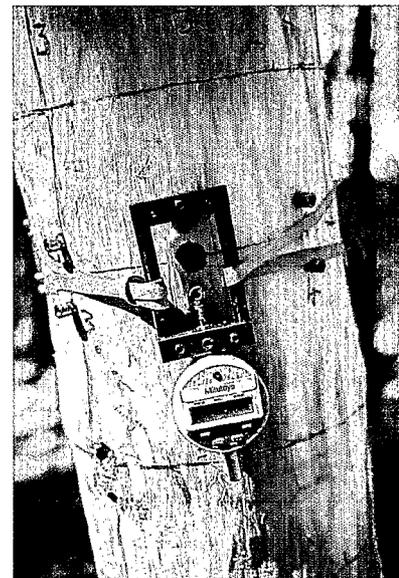
Le lecteur trouvera ici, outre quelques données sur la caracté-

sation de ces bois, trois aspects sur lesquels les recherches sont plus focalisées :

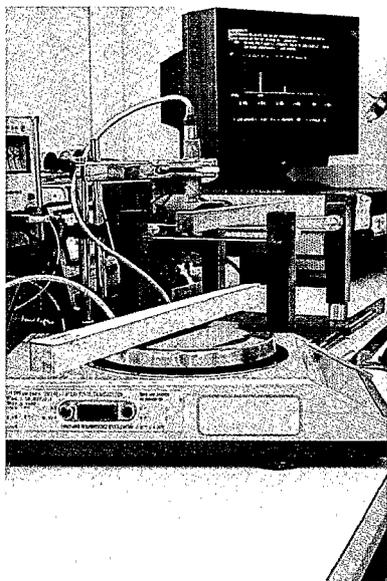
- les variations globales de propriétés observables sur les mêmes essences entre plantations et forêt naturelle,
- les variations de propriétés dans le même arbre,
- l'amélioration des propriétés par les pratiques forestières.

## COMMENT CARACTÉRISER L'APTITUDE TECHNOLOGIQUE DES BOIS ?

Il a fallu mettre au point des protocoles originaux pour mieux cerner les problèmes particuliers des bois de plantation, notamment les fortes contraintes de croissance et les variations importantes de pro-



Appareil servant à mesurer les contraintes de croissance, développé au C.T.F.T. dans les années 80.



Mesure du module d'élasticité par analyse des vibrations transverses d'une poutre flottante. Ce dispositif, développé au CIRAD-Forêt sous le nom de « Bing », a comme points forts : rapidité et facilité d'emploi.

propriétés à l'intérieur de l'arbre, de la moëlle à l'écorce et du tronc pris de bas en haut. On peut citer par exemple :

- L'estimation des contraintes de croissance, qui a pour but d'évaluer les précontraintes du bois dans l'arbre et donc le risque de fentes à cœur au tronçonnage et de déformations au sciage. L'essai consiste à mesurer une « DRLM

(Déformation Résiduelle Longitudinale de Maturation) », à la périphérie des arbres sur pied (BAILLÈRES, 1994 ; FOURNIER *et al.*, 1994 ; GÉRARD *et al.*, 1995).

- Un essai de mécanique de la rupture est le moyen le plus pertinent pour caractériser la résistance à la fissuration du bois (mesure de l'énergie nécessaire pour rompre complètement une éprouvette préentaillée BAILLÈRES, 1994).

- De façon générale, les bois de plantation étant souvent de plus petit diamètre, et surtout plus hétérogènes à l'intérieur du même arbre, il est souvent utile d'utiliser des éprouvettes de petites dimensions pour caractériser précisément et sans artefacts les propriétés du bois sans défaut avec leurs variations dans l'arbre.

### MÊMES ESSENCES EN PLANTATION ET EN FORÊT NATURELLE

La comparaison des propriétés moyennes des bois issus de plantation ou de forêt naturelle montre souvent des différences marquées. Par exemple, le bois parfait des tecks (*Tectona grandis*) de plantation a une durabilité naturelle plus variable (moyenne à bonne) vis-à-vis des champignons et des termites ; son utilisation dans des

conditions sévères est donc plus risquée (C.T.F.T., 1990). Un autre exemple qui concerne les propriétés physiques et mécaniques du limba (*Terminalia superba*) est représenté sur le tableau, où l'on voit que les limbas de plantation sont un peu moins denses mais surtout significativement moins résistants mécaniquement que les limbas de forêt naturelle.

### VARIABILITÉ INTRA-ARBRE : BOIS JUVÉNILE ET BOIS DE RÉACTION

Les arbres issus de plantations sont a priori plus homogènes qu'en forêt naturelle : les peuplements sont généralement équiennes ou, du moins, l'âge des arbres lors de l'exploitation est connu et fixé, les conditions de croissance sont très contrôlées par les opérations sylvicoles (travail du sol, fertilisation, éclaircies, élagage...), le génotype est homogénéisé par l'utilisation de semences sélectionnées, voire par le clonage à grande échelle... Mais pour ce qui est de la qualité des bois, une assez forte hétérogénéité subsiste dans les produits de première transformation, notamment du fait de fortes variations spatiales des propriétés du bois à l'intérieur de l'arbre.

Densité et résistance mécanique des *Terminalia superba* (Limba) de plantation. L'échantillon global comprend 72 arbres de multiples provenances dans l'aire du limba dont la plupart proviennent de forêt naturelle ; dans cet échantillon, on a pu individualiser avec certitude 7 arbres de plantation du Bénin et du Burundi.

Propriétés moyennes	Densité	Résistance à la compression axiale (MPa)	Résistance à la flexion statique (MPa)
Tous arbres confondus	0,54	46,6	88,5
Arbres de plantation	0,49	35,3	65,3

Une première source de variabilité intra-arbre est le passage progressif du bois juvénile au bois adulte : les propriétés du bois varient du cœur à l'écorce et de bas en haut, du fait du vieillissement du méristème cambial. Les propriétés anatomiques, qui traduisent directement le fonctionnement du cambium, suivent des lois assez générales et stables, au moins qualitativement. Ainsi, la longueur de fibres et le diamètre des vaisseaux augmentent du cœur à l'écorce. Pour la longueur de fibres, qui est un critère papetier important, la plage de variation est importante (souvent de 1 à 2, fig. 1). Pour les propriétés physiques et mécaniques (fig. 2 à 5), les règles sont beaucoup moins générales : par exemple, la densité du bois augmente généralement chez les résineux, mais elle peut augmenter, diminuer ou rester stable chez les feuillus. Il reste que les variations sont parfois impressionnantes, du simple au double pour la densité, de 1 à 3 (ou plus) pour le module d'élasticité. De plus, les profils radiaux varient de façon plus ou moins sensible avec la hauteur (GÉRARD, 1995 ; GÉRARD *et al.*, 1996).

d'une structure anatomique et chimique différente, qui se traduit par des propriétés physiques et mécaniques différentes. Les principaux

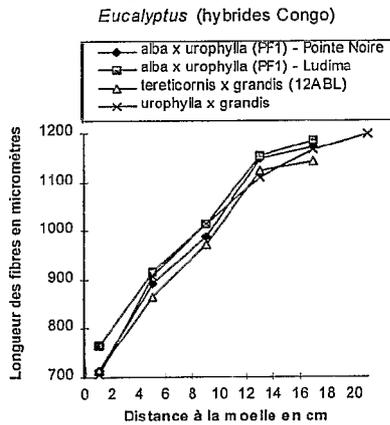


Figure 1. Evolution radiale de la longueur des fibres chez différents hybrides d'Eucalyptus au Congo (moyenne sur une dizaine d'arbres, deux sites pour l'hybride PF1). D'après DÉTIENNE et PAQUIS, 1989.

Une autre source de variation est la formation de bois de réaction dans un secteur angulaire. Ce bois de réaction est l'expression d'un tropisme de l'arbre vers une direction donnée. Le bois de réaction a en effet des précontraintes particulières lors de sa formation : il est beaucoup plus tendu que le bois normal chez les feuillus (bois de tension), comprimé chez les conifères (bois de compression) car il permet un redressement des troncs inclinés par le vent (bois de tension formé sur la face supérieure, bois de compression sur la face inférieure) ou parfois une inclinaison active vers la lumière... Il semblerait que les plantations, surtout pour les espèces à croissance rapide, favorisent les déséquilibres et donc la formation de bois de réaction. Les précontraintes particulières du bois de réaction résultent

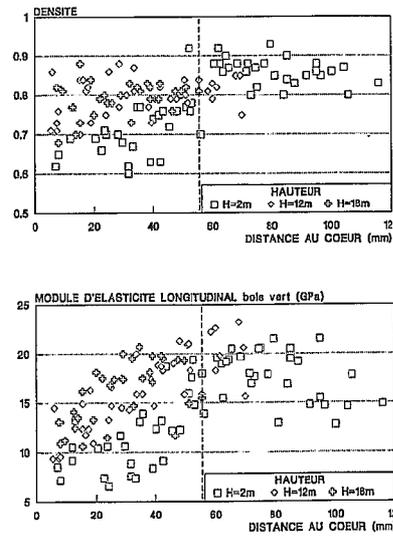


Figure 2. Variations radiales de la densité et du module d'élasticité chez un clone d'eucalyptus congolais (I.45). D'après GÉRARD, 1994.

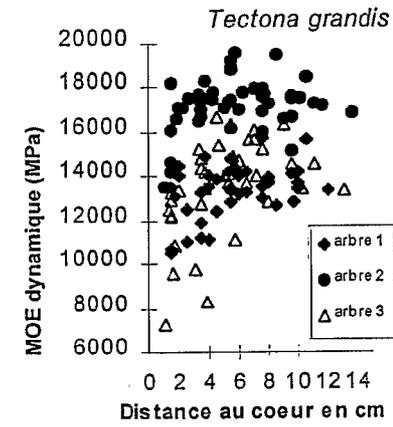
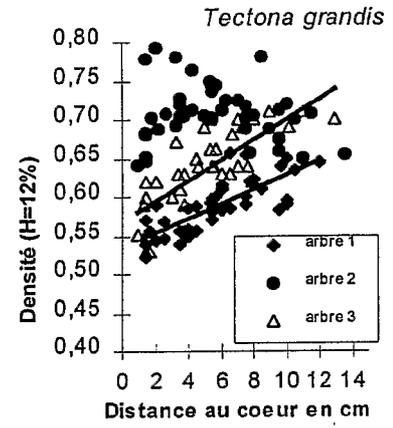


Figure 3. Evolution radiale de la densité et du module d'élasticité chez trois tecks (Côte-d'Ivoire)

défauts induits par la présence de bois de réaction sont :

- chez les feuillus, des fentes à cœur, à l'abattage et au tronçonnage (voire un éclatement), et des déformations des sciages du fait de fortes tensions longitudinales périphériques,
- chez tous les arbres, de fortes déformations durant le séchage (voilement, gauchissement...) des sciages et placages, du fait de retraits fortement hétérogènes.

C'est ce qu'on appelle la « nervosité » du bois.

En outre, les bois de réaction induisent parfois d'autres défauts : mau-

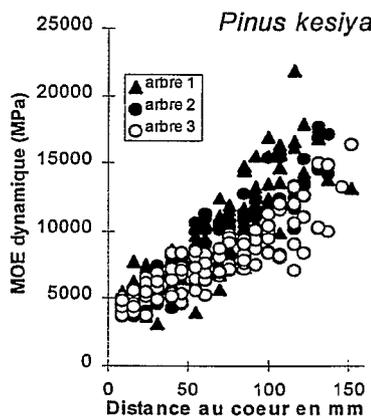
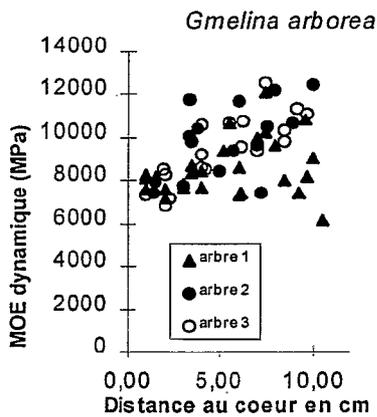
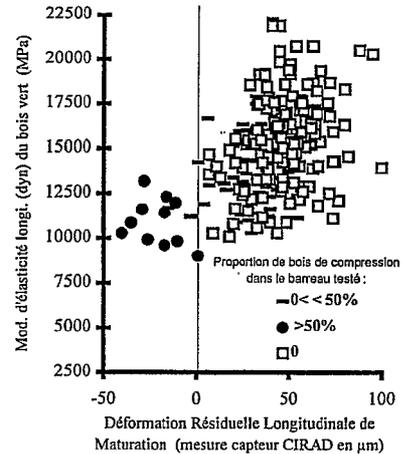
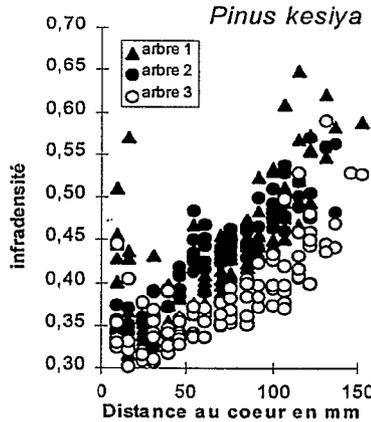
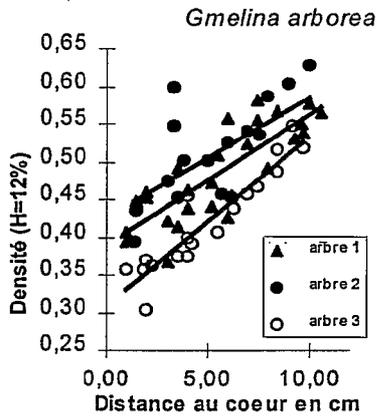


Figure 4. Evolution radiale de la densité et du module d'élasticité chez trois gmelinas (Côte-d'Ivoire).

Figure 5. Evolution radiale de la densité et du module d'élasticité chez trois Pinus kesiya (Madagascar).

Figure 7. Evolution du module d'élasticité et des DRLM du bois normal au bois de compression chez Pinus kesiya (Madagascar), BAILLÈRES et al., 1996.

vais état de surface lors du rabotage et du ponçage (cas du bois de tension « pelucheux » de certaines essences), couleur anormale (veine verte liée au bois de tension, bois de compression rouge...).

Les figures 6 et 7 montrent l'évolution de quelques propriétés entre bois normal et bois de réaction.

## PRATIQUES FORESTIÈRES ET/OU TRANSFORMATION DU BOIS ?

La sylviculture et l'amélioration génétique ont pour objectif majeur d'accroître la vitesse de crois-

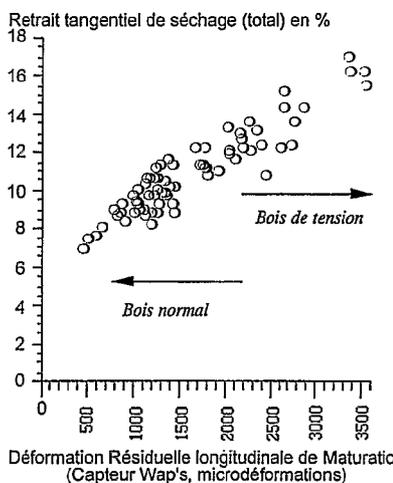


Figure 6. Evolution du retrait tangentiel du bois normal au bois de tension chez un clone d'eucalyptus congolais.

sance des arbres et de diminuer les périodes de rotation, pour répondre efficacement aux besoins des populations et des industries en bois de feu, de trituration et d'œuvre. Toutefois, il vaut mieux éviter que ce gain de productivité s'accompagne d'une baisse importante de qualité, surtout pour le bois d'œuvre.

Comme le montrent les développements qui précèdent, une difficulté importante pour étudier cet impact réside surtout dans la forte hétérogénéité, dans l'arbre, des propriétés du bois, ce qui nuit à la qualité des bois de plantation.

Il semble important de développer quelques projets de grande ampleur cherchant à mettre au point des modèles de distributions des différentes propriétés dans l'arbre, permettant de simuler à l'échelle du peuplement différents scénarios sylvicoles et, éventuellement, différentes stratégies de sélection génétique. La réflexion concernant de tels modèles est en cours, notamment au sein du groupe de travail « Biological improvement of wood properties » de l'IUFRO.

Enfin, l'amélioration de la qualité du bois produit doit être pensée conjointement avec le développement des filières de transformation. En effet, les contraintes de temps inhérentes à la production forestière (sauf peut-être pour les plantations à croissance très rapide) font que les marchés locaux et internationaux des bois doivent sans cesse utiliser de nouvelles matières premières, sans que celles-ci puissent avec certitude être adaptées à un outil de production défini a priori. Les modèles précédemment cités ou un simple diagnostic rapide des propriétés de la ressource exploitable doivent être utilisables pour

améliorer la valorisation : par exemple, les bois nerveux doivent être débités vite et séchés sous forme de pièces de petites dimensions ; il existe des outils et des modes de débits et de séchages adaptés. Le déroulage peut être une valorisation intéressante des bois présentant un fort contraste entre bois juvénile et bois adulte, puisqu'on peut ensuite reconstituer des lots de placages homogènes et les apparier lors de la composition de contreplaqués (il existe de plus des outils adaptés au déroulage des bois de petits diamètres). La valorisation sous forme de panneaux techniques (O.S.B.,

L.V.L., M.D.F...) est particulièrement intéressante mais a généralement un coût d'installation élevé. Il reste que, dans ce domaine, il y a peu de règles générales, chaque action doit être raisonnée dans son contexte technique mais surtout politique, social, économique et écologique particulier.

► Bernard THIBAUT  
Programme Valorisation  
des produits forestiers  
CIRAD-Forêt/Montpellier

Crédit photos : B. Chanson.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR (Association Française de Normalisation), 1988.  
Bois et liège. Recueil de Normes Françaises. Paris, AFNOR, 605 p.
- BAILLÈRES H., 1994.  
Précontraintes de croissance et propriétés mécanophysiques de clones d'Eucalyptus (Pointe-Noire, Congo) : hétérogénéités, corrélations et interprétations histologiques. Thèse de Doctorat en Sciences du Bois, Université de Bordeaux 1, 162 p.
- BAILLÈRES H., BOUILLET J.-P., RAKOTOVAO G., 1996.  
Variations with tree age and position in tree of several mechanical properties among three thinning practices in *Pinus kesiyva* Royle plantations (Madagascar). Proceedings of the Second IUFRO Workshop : Connection between silviculture and wood quality through modelling approaches and simulation software. Berg-en-Dal, Kruger national Park, South Africa, August 26-31. IUFRO WP S5-01-04 Biological Improvement of Wood properties. CSIR, Division of Water, Environment and Forestry Technology, Pretoria, Afrique du Sud.
- DÉTIENNE P., PAQUIS, 1989.  
Tentative de délimitation du bois juvénile dans trois Eucalyptus hybrides du Congo. Document interne C.T.F.T., Laboratoire d'anatomie des bois. Disponible au CIRAD-Forêt/Montpellier.
- C.T.F.T. (Centre Technique Forestier Tropical), 1990.  
Fiche technique Teck. Bois et Forêts des Tropiques 224 : 39-47.
- FOURNIER M., CHANSON B., THIBAUT B., GUITARD D., 1994.  
Mesure des déformations résiduelles de croissance à la surface des arbres, en relation avec leur morphologie. Observation sur diverses espèces. Annales des Sciences Forestières 51 (3).
- GÉRARD J. 1994.  
Contraintes de croissance, variations internes de densité et de module d'élasticité longitudinal et déformations de sciage chez les Eucalyptus de plantations. Thèse de Doctorat en Sciences du Bois, Université de Bordeaux 1, 160 p.
- GÉRARD J., BAILLÈRES H., FOURNIER M., THIBAUT B., 1995.  
Qualité des bois chez les eucalyptus de plantation. Etude de variation de trois propriétés de référence. Bois et Forêts des Tropiques 245 : 101-117.
- GÉRARD J., COMBES J.G., THIBAUT B., 1996.  
Intratree wood properties in fast-growing Eucalyptus clones : influence of juvenility, heartwood formation and reaction wood. Proceedings of the Second IUFRO Workshop : Connection between silviculture and wood quality through modelling approaches and simulation software. Berg-en-Dal, Kruger national Park, South Africa, August 26-31. IUFRO WP S5-01-04 Biological Improvement of Wood properties. CSIR, Division of Water, Environment and Forestry Technology, Pretoria, Afrique du Sud.
- GÉRARD J., NARBONI Ph., 1996.  
Une base de données sur les propriétés technologiques des bois tropicaux. Schéma d'organisation. Bois et Forêts des Tropiques 248 : 65-69.
- JOFCA (Japanese Overseas Forestry Consultant Association), 1996.  
Rapport d'avant-projet : Etude technique et études de cas sur la valorisation industrielle des bois d'essences tropicales à croissance rapide, traduction française PPR 37/96 (I). O.I.B.T., 71 p.

## R É S U M É

## PLANTATIONS D'ARBRES A CROISSANCE RAPIDE ET QUALITÉ DES PRODUITS FORESTIERS SOUS LES TROPIQUES

Pour soulager la pression sur les forêts naturelles, les plantations apparaissent comme une solution pour répondre aux besoins des populations en matière de bois dans les pays tropicaux. Que ce soit pour des usages papetiers, de bois de service ou de bois d'oeuvre, la qualité des produits issus de plantations et la régularité de cette qualité dans les récoltes sont des critères de plus en plus importants. L'évolution des pratiques culturales et de la sélection génétique ont déjà permis des gains considérables de productivité et d'homogénéité des arbres récoltables. Par contre, il semblerait que ces gains soient souvent associés à une diminution de la qualité des bois. En effet, les variations de propriétés du bois à l'intérieur du même arbre sont généralement très grandes (plus grandes que les variations interindividuelles dans la même espèce) : variations radiales et longitudinales liées à la croissance (transition d'un bois juvénile à un bois adulte, bois suranné...), variations liées à la formation de bois de réaction... Cependant il est possible, par des pratiques forestières appropriées et/ou des processus de transformation adaptés, d'avoir une action positive sur la qualité recherchée des produits ligneux.

**Mots-clés : Sylviculture. Plantation. Bois juvénile. Bois de réaction. Qualité du bois. Croissance.**

## A B S T R A C T

## FAST-GROWING TREE PLANTATIONS AND FOREST PRODUCT QUALITY IN THE TROPICS

To relieve the pressure on natural forests, plantations appear to offer a solution for meeting the wood and timber requirements of local people in tropical countries. Be it for use as paper, or household and construction timber, the quality of products coming from plantations and the consistency of this quality in harvests are criteria of ever greater importance. The development of growing methods and genetic selection has already ushered in considerable gains in terms of both productivity and homogeneity of harvestable trees. Conversely, it would seem that these gains are often linked with a drop in the quality of the different types of wood and timber. Variations in wood properties in one and the same tree are in fact very considerable, as a general rule (and greater than inter-individual variations in the same species) : radial and longitudinal variations associated with growth (transition from juvenile to adult wood, superannuated wood...), variations connected with the formation of reaction wood...

It is nevertheless possible, using appropriate forestry practices and/or suitable processing procedures, to have a positive effect on the wood product quality sought.

**Key words : Silviculture. Tree plantation. Juvenile wood. Reaction wood. Quality. Growth.**

## R E S U M E N

## PLANTACIONES DE ARBOLES DE CRECIMIENTO RAPIDO Y CALIDAD DE LOS PRODUCTOS FORESTALES EN LAS AREAS TROPICALES

Para aliviar la presión que se ejerce sobre los bosques naturales, las plantaciones constituyen una solución para responder a las necesidades de las poblaciones en cuanto a madera en los países tropicales. Ya sea para utilizaciones de producción de papel, de maderas de servicio o maderas para la construcción, la calidad de los productos derivados de plantaciones y la regularidad de esta calidad en los aprovechamientos constituyen criterios cuya importancia es cada vez mayor. La evolución de las prácticas de cultivo y de la selección genética han permitido ya obtener considerables ganancias de productividad y de homogeneidad de los árboles aprovechables. En cambio, parece ser que estas ganancias van acompañadas frecuentemente de una disminución de la calidad de las maderas. Efectivamente, las variaciones de propiedades de la madera en el interior del mismo árbol son generalmente muy importantes (y mayores que las variaciones interindividuales en la misma especie) : variaciones radiales y longitudinales dependientes del crecimiento (transición de una madera juvenil a una madera adulta, madera caduca, etc.), variaciones relacionadas con la formación de madera de reacción, etc.

No obstante, existe la posibilidad, mediante prácticas forestales adecuadas y/o procesos de transformación adaptados, de ejercer una acción positiva sobre la calidad que se trata de obtener de los productos madereros.

**Palabras clave : Silvicultura. Plantación. Madera joven. Calidad de la madera. Madera de reacción.**