



Photo C.T.F.T. — Congo.

Test clonal 4 ans 1/2.

PRODUCTION PAPETIÈRE DE PEUPELEMENTS CLONAUX D'EUCALYPTUS AU CONGO⁽¹⁾

par J. C. DELWAULLE
Centre Technique Forestier Tropical — Congo

SUMMARY

PAPER PRODUCTION FROM CLONAL PLANTATIONS OF EUCALYPTUS IN THE CONGO

The techniques of Eucalyptus propagation by cuttings developed by the C.T.F.T. in the Congo have enabled the Congo Indus-

(1) Contribution à la vingt sixième session du Comité Consultatif F.A.O. de la pâte et du papier (ROME, 12 au 14 juin 1985).

trial Afforestation Unit (U.A.I.C.) to install a plantation for the purpose of supplying a pulp plant. The C.T.F.T. has thus been led to take a special interest in the papermaking characteristics of the trees used.

In this article the author reviews the new criteria which the forestry selection specialist has had to take into consideration in this context, and favours very close collaboration between silviculturists and users.

RESUMEN

PRODUCCIÓN PAPELERA DE RODALES CLONALES DE EUCALIPTO, EN EL CONGO

Las técnicas de estaquillado del eucalipto, que se han perfeccionado por parte del C.T.F.T. - Congo, han permitido a la Unidad de Repoblación Forestal Industrial del Congo (U.A.I.C.) implantar una zona de repoblación con destino al aprovisionamiento de una planta de pasta de papel. Con este motivo, el C.T.F.T. se ha visto conducido a interesarse, fundamentalmente, por las cualidades papeleras de los árboles utilizados.

El autor examina en este artículo los nuevos criterios que el seleccionador forestal ha estado llamado a tener debidamente en cuenta y expresar sus deseos relativos a una colaboración sumamente estrecha entre silvicultor y utilizador.

INTRODUCTION

Ainsi que nous l'avons rappelé dans l'article précédent, le Centre Technique Forestier Tropical (C.T.F.T.) effectue des recherches forestières en République Populaire du Congo depuis plus de 25 ans.

En 1974, la technique de bouturage de l'Eucalyptus a été mise au point par MARTIN et son application pratique a été effective en 1978 avec la création de l'Unité d'Afforestation Industrielle du Congo (U.A.I.C.), Société d'Etat Congolaise, chargée de mettre en place un boisement d'environ 30.000 hectares destiné à approvisionner une usine de pâte.

L'objectif déclaré des plantations industrielles a amené le C.T.F.T. Congo à s'intéresser de près aux qualités papetières des arbres utilisés.

L'objet de cet article, destiné essentiellement aux spécialistes de la pâte à papier est :

— de présenter brièvement la multiplication végétative afin de montrer l'intérêt de cette pratique dans le cas de reboisements à fins papetières ;

— de passer en revue les nouveaux critères que le sélectionneur forestier a été, de ce fait, amené à prendre en considération ;

— de proposer une collaboration plus étroite entre silviculteur et utilisateur.

NOTA : Les critères papetiers retenus l'ont été dans l'optique de la production de pâte par procédé chimique. Ces critères seraient différents au cas où le procédé serait différent.

MULTIPLICATION VÉGÉTATIVE ET CLONAGE

Le clone

La technique du bouturage de l'Eucalyptus permet, à partir d'un individu donné, d'obtenir plusieurs copies de ce même individu.

Par bouturage en cascade, on conçoit aisément qu'il soit possible de disposer du nombre de copies désiré.

L'ensemble des copies végétatives d'un même individu est appelé un clone.

Les individus d'un même clone sont génétiquement

identiques et les variations constatées entre individus sont imputables à l'environnement de ceux-ci.

Une plantation monoclonale, mise en place dans des conditions identiques, sur un terrain bien défini, est donc un boisement extrêmement homogène dans lequel les caractéristiques d'un seul individu sont celles de l'ensemble des individus du boisement (1).

(1) Cela n'est pas totalement exact mais cela est tout à fait admissible dans le cadre général de cet article.

Sélection des clones

Deux *Eucalyptus* hybrides sont apparus naturellement au Congo. Ces hybrides sont appelés, depuis leur découverte, *Eucalyptus* PF1 et *Eucalyptus* 12 ABL × *saligna*, dénomination que nous utiliserons ici (2).

Dans les plantations contenant de tels hybrides, à l'aide de critères morphologiques (taille, forme), nous avons sélectionné plus de six cents (600) individus qui sont à l'origine de nos six cents (600) clones actuels.

Test clonaux

Les performances de ces clones sont jugées dans des dispositifs nommés tests clonaux dans lesquels chacun des clones est représenté par au moins vingt cinq (25) copies. Les mesures périodiquement effectuées dans ces

tests permettent de classer les clones selon un certain nombre de critères (hauteur, volume, production m³/ha/an) ou de les caractériser (rectitude, présence de fourche, attaque d'un parasite, etc...).

Initialement les critères utilisés étaient ceux retenus traditionnellement par les forestiers.

Etant donné la possibilité offerte par le bouturage de multiplier uniquement les individus présentant un ensemble de caractères intéressants, il devenait important de prendre en compte les critères papetiers. La production maximale en m³ de bois vert sur écorce ne correspond en effet pas forcément à la production maximale de pâte et les caractères techniques de celle-ci ne sont pas forcément les meilleures.

Depuis quelques années nous sommes donc amenés à juger nos tests clonaux en tonne de pâte/ha/an en faisant de surcroît intervenir des critères forestiers ou papetiers (indice de rupture, de déchirure).

Ce sont les clones classés les meilleurs qui sont proposés pour la multiplication industrielle à l'Unité d'Afforestation Industrielle du Congo.

NOUVEAUX CRITÈRES PRIS EN COMPTE

Épaisseur et pourcentage d'écorce

Il est fort probable qu'après exploitation, les *Eucalyptus* seront écorcés avant utilisation par l'usine de pâte, l'emploi du bois non écorcé entraînant des problèmes techniques difficiles à résoudre.

Il est donc important, pour le producteur, de connaître, non pas le volume sur écorce, mais bien le volume sous écorce.

La mesure sur rondin d'*Eucalyptus* est relativement aisée. A l'âge de 4 ans, par exemple, nous avons :

il est donc important de connaître l'épaisseur moyenne de l'écorce pour chacun des clones.

La variabilité intraclonale est bien entendu plus faible mais elle n'est pas négligeable. Elle s'explique par des variations au niveau de l'individu et par les difficultés de mesures.

La connaissance de ce facteur nous permet donc de passer à la production en m³/ha/an de bois vert sous écorce.

| | Nbre de clones | Épaisseur de l'écorce à 1,5 m | | | | | % |
|----------------------------|----------------|-------------------------------|-------|----------|------|------|------|
| | | Moyenne | σ (1) | C.V. (2) | Max. | Min. | |
| E. PF1 | 29 | 3,66 | 0,87 | 23,7 | 6,0 | 2,5 | 10,3 |
| E. 12 ABL × <i>saligna</i> | 35 | 3,91 | 0,93 | 23,8 | 5,5 | 2 | 12,4 |

(1) = σ : Ecart type.

(2) = C.V. : Coefficient de variation.

Comme on le voit l'importance de l'écorce est loin d'être négligeable puisqu'elle représente plus de 10 % du volume à 4 ans.

La variabilité interclonale est forte (25 % de C.V.) et

Densité

Définitions

Deux types de densité sont mesurés.

$$\text{densité basale} = \frac{\text{poids sec}}{\text{volume saturé d'eau}} = \text{db}$$

$$\text{densité anhydre} = \frac{\text{poids sec}}{\text{volume sec}} = \text{da.}$$

(2) En fait E. PF1 est le croisement entre *E. alba* et un *Eucalyptus* hybride et E. 12 ABL × *saligna* est en réalité un *E. (tereticornis × grandis)*.

Pour nos Eucalyptus nous avons sensiblement la relation.

$$da = 1,17 \text{ db}$$

Densité des Eucalyptus Congolais

En annexe, on trouvera un tableau récapitulatif des données relatives à la mesure des densités d'un certain nombre de nos Eucalyptus.

Quelques constatations peuvent en être tirées :

— Les Eucalyptus PF1 sont, en moyenne, plus denses que les E. 12 ABL \times *saligna*.

— Les plus fortes densités sont observées pour des plants issus de semis : cela ne doit pas étonner car certains arbrés, de croissance lente ont une forte densité mais n'ont pas été sélectionnés en raison de leurs trop faible production.

— La variabilité interclonale est beaucoup plus forte que la variabilité intraclonale : cela était attendu.

— Il semble que la densité moyenne a tendance à augmenter avec l'âge : comparaison de 35 clones d'E. 12 ABL \times *saligna* à 4 ans ($d = 0,491$) et de 24 autres clones du même hybride à 6,5 ans ($d = 0,576$).

Variation de la densité avec l'âge

L'observation que nous venons d'énoncer (augmentation de la densité avec l'âge) est considérée comme un point acquis par les spécialistes papetiers qui proposent, pour l'Eucalyptus, une augmentation de la densité de 0,1 entre 3 et 7 ans.

Il serait cependant bon d'étudier ce point plus à fond.

Variation de la densité avec la croissance

— A âge égal et dans les mêmes conditions de plantation, nos deux hybrides n'ont pas le même comportement.

Pour E. PF1, on observe généralement que les clones les plus productifs sont aussi les plus denses.

Pour E. 12 ABL \times *saligna*, c'est l'inverse, les clones les plus productifs sont, en moyenne, moins denses que les clones à croissance plus faible.

Les corrélations ne sont cependant pas très marquées ce qui rend important le choix du sélectionneur.

— A âge égal, pour les écartements plus ou moins forts, c'est-à-dire pour des croissances différentes, on constate, pour le clone 1,41 (E. PF1), une augmentation régulière de la densité basale de 0,52 à 0,60 de l'écartement 1 m \times 1 m à l'écartement 4 m \times 4 m. Au-delà, la densité reste assez stable.

Autres considérations sur la densité

D'autres constatations, d'importance moindre pour le sylviculteur, peuvent être faites :

— La densité a tendance à augmenter du bas vers le haut de l'arbre.

— Il y a une augmentation assez importante de la densité (plus de 0,1) du cœur vers la périphérie.

— Le stockage des bois n'entraîne pas de variations sensibles de la densité jusqu'à au moins 1 an.

— Les variations intraclonales constatées en matière de densité ne doivent pas être imputées à des différences effectives importantes d'entre individus d'un même clone : la mesure de la densité n'est pas très simple et comporte des risques d'erreurs de mesure ; par ailleurs, et surtout, la présence inopinée d'un nœud entraîne des variations relativement importantes de la densité.

Grâce à la connaissance de la densité basale, nous pouvons passer du rendement en m³/ha/an au rendement en tonnes de matière sèche/ha/an ; c'est déjà une amélioration très sensible qui ne demande pas d'étude papetière particulière.

Nombre de m³ nécessaires pour faire une tonne de pâte : N

a) Définition

La connaissance du nombre de m³ de bois vert N nécessaire pour l'obtention d'une tonne de pâte blanche commerciale à la siccité de 90 % nécessite la connaissance d'une donnée obtenue en laboratoire papetier : le rendement papetier (3).

Connaissant ce facteur on en tire N par la formule :

$$N = \frac{1}{(100 - \% \text{ écorce}) \times d. \text{ basale} \times \text{rendement papetier} \times 0,95 \times 0,95 \times 1,111}$$

avec :

- d basale = poids bois anhydre/volume saturé d'eau ;
- 0,95 = 5 % de pertes diverses ;
- 0,95 = rendement du blanchiment (blanchi/écru) ;
- 1,111 = passage d'une pâte anhydre à une pâte à 90 % de siccité.

Nous connaissons actuellement N pour 64 de nos clones à l'âge de 4 ans. Il y a encore donc de nombreuses analyses papetières à effectuer avant d'aboutir à une bonne connaissance de nos clones.

b) Corrélation avec la densité

Nous avons, pour l'ensemble des 64 couples de mesures, étudié la corrélation entre N et la densité basale. On obtient l'équation :

$$N = - 8,127 \text{ db} + 8,737$$

(3) Le rendement papetier, nommé aussi rendement net, est le rendement en pâte cuite, après élimination des incuits par tamisage.

Coefficient de corrélation = - 0,927 ce qui est relativement très satisfaisant.

Nous avons donc une assez bonne estimation de N en connaissant simplement db.

c) Evolution avec l'âge

Nous avons déjà indiqué que la densité augmentait avec l'âge. Cette augmentation serait de l'ordre de 0,025 par an (cf. p. 46).

De même le pourcentage d'écorce diminue avec l'âge.

Ces deux facteurs agissent dans le même sens et vont contribuer à la baisse de la valeur de N avec le temps.

En négligeant, temporairement, l'influence du pourcentage d'écorce, il est possible de chiffrer, à l'aide de l'équation précédente, cette diminution à 0,2 m³/t par an.

Ce point est à étudier avec rigueur en distinguant les deux hybrides.

d) Classification actuelle

Elle n'a porté, nous l'avons indiqué, que sur 64 clones âgés de 4 ans. Les performances les meilleures pour N sont les suivantes, N en m³/t :

| | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.11 | 2.50 | 1.13 | 1.8 | 2.23 | 1.49 | 2.49 |
| 3,15 | 3,43 | 3,45 | 3,52 | 3,60 | 3,60 | 3,64 |

Compte tenu du mode de désignation de nos clones (4), on constate que nos deux hybrides ont des performances voisines. 24 clones ont une valeur de N inférieur à 4 m³/t ce qui est un bon rendement.

Cette classification, objective pour le papetier, est tout à fait insuffisante pour le sylviculteur et l'économiste car elle ne fait pas intervenir la production à l'hectare.

Production en tonnes de pâte par hectare et par an

Grâce aux mensurations de nos parcelles d'essais et des parcelles industrielles, nous pouvons chiffrer la production de nos clones en m³/ha/an ; de son côté, le papetier peut nous fournir la valeur de N, c'est-à-dire le nombre de m³ de bois vert sur écorce nécessaire pour fournir une tonne de pâte : en l'absence de cette donnée, nous avons la possibilité de l'estimer approximativement à l'aide de la densité basale.

Il nous est donc possible de calculer la production de nos clones en tonne de pâte/ha/an.

A l'âge de 4 ans, les valeurs obtenues pour les meilleurs de nos clones sont les suivantes :

| | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.38 | 1.21 | 2.50 | 1.25 | 1.47 | 2.35 | 1.28 | 1.34 | 2.23 |
| 10,3 | 8,3 | 7,8 | 7,6 | 7,4 | 7,4 | 7,1 | 7,0 | 7,0 |

18 E. PF1 et 23 E. 12 ABL × *saligna* ont une production comprise entre 5 et 7 t/ha/an ; sept clones ont une production supérieure.

Longueur de rupture

Nous avons retenu ce critère sur les indications des utilisateurs papetiers qui nous ont indiqué qu'il faisait partie des caractéristiques commerciales les plus importantes avec l'indice de déchirure.

La longueur de rupture est la résistance à la traction des papiers, exprimée en longueur de papier que l'on peut théoriquement laisser pendre sans qu'il casse sous son propre poids.

Il y a lieu, dans le choix des clones, de ne pas se situer en dessous d'un *seuil* dont la valeur est de l'ordre de 8.000 m.

La longueur de rupture diminuerait avec l'âge de 125 à 250 m par an, mais cela n'est pas clairement prouvé. Le stockage pendant un an n'altère guère les caractéristiques papetières en particulier la longueur de rupture.

Parmi les 64 clones qui ont subi une analyse papetière complète, douze d'entre eux présentent une longueur de rupture inférieure à 8.000 et ne sont pas, de ce fait, multipliés industriellement. Tous les clones éliminés sont des E. PF1.

Indice de déchirure

C'est la résistance en m N nécessaire pour déchirer une longueur standard de papier de 100 g/m². Un bon papier a un indice de 1.200 à 2.000. L'indice de déchirure augmenterait de 25 à 50 points par an d'âge.

En ce qui concerne nos clones, les valeurs pour les E. PF1 sont meilleures que celles des E. 12 ABL × *saligna* contrairement à ce qui se passait pour la longueur de rupture.

Nous n'avons, actuellement, éliminé aucun clone pour indice de déchirure trop faible.

COMMENTAIRES ET CONCLUSIONS

Lorsqu'un laboratoire d'analyses papetières effectue

des analyses, il apporte un certain nombre de données concernant :

(4) Les clones reçoivent deux numéros : le premier désigne le nom de l'hybride 1 = E. PF1, 2 = E. 12 ABL × *saligna* ; le second est l'identification propre du clone à l'intérieur de l'hybride.

- les caractéristiques physiques des bois ;
- les caractéristiques morphologiques des fibres ;
- les caractéristiques chimiques des bois ;
- les caractéristiques de cuisson ;
- les caractéristiques des papiers.

Pour l'analyse de nos 64 clones à quatre ans, le laboratoire nous a ainsi fourni 32 caractéristiques parmi lesquelles nous avons fait un choix.

Ce choix porte sur :

- deux caractéristiques physiques ; la densité basale et le pourcentage d'écorce ;
- une caractéristique de cuisson : le rendement net ;
- deux caractéristiques des papiers : la longueur de rupture et l'indice de déchirure, ces deux dernières caractéristiques nous ayant été indiquées comme importantes par les papetiers.

Nous sommes loin d'être assurés d'avoir fait le choix le meilleur et de ne pas avoir perdu des informations intéressantes.

En particulier le laboratoire d'analyse avait classé nos clones selon le modèle suivant :

$$\sqrt{\text{ED}} \times \frac{\text{Rendement net}}{\text{I. Mn O}_4 \text{ K}}$$

$\sqrt{\text{ED}}$: racine d'éclatement déchirure correspondant à la qualité de la pâte. Rendement net déjà défini. Indice Mn O₄ K caractérisant la facilité de cuisson.

Nous n'avons pas retenu ce modèle que nous ne pouvions intégrer à la production mais, de même que le laboratoire négligeait l'aspect essentiel de la production, nous avons peut être négligé un aspect important de la transformation du produit.

Il est donc bien certain que le dialogue sylviculteur — papetier qui s'est ébauché au Congo à l'occasion des plantations clonales doit se poursuivre et s'améliorer.

De nombreux problèmes soulevés dans notre exposé devront faire l'objet d'études particulières permettant une meilleure connaissance de la production et de caractéristiques des clones. Il en va ainsi de :

- l'évolution de la densité basale ;
- l'évolution du pourcentage d'écorce ;
- l'évolution du Rendement : en nombre m³ de bois vert pour fournir « 1 tonne de pâte » ;
- l'évolution éventuelle des indices papetiers.

La connaissance de la production et des caractéristiques papetières de chacun des clones utilisés par l'entreprise de reboisement constituera pour l'usine de pâte un instrument de gestion particulièrement efficace.

BIBLIOGRAPHIE

- C.T.F.T. Nogent : Etude papetière d'un échantillonnage Eucalyptus PF1 et d'Eucalyptus 12 ABL × *saligna* (Juin 1980).
- C.T.F.T. Nogent : Variabilité à l'intérieur de deux hybrides d'Eucalyptus plantés au Congo et conséquences sur la quantité papetière des bois (1982).
- C.T.F.T. Nogent : Etude de l'influence du temps de stockage en climat tropical sur la valeur papetière d'Eucalyptus au Congo (Août 1984).
- C.T.F.T. Nogent : Contribution à l'étude des caractéristiques physiques et mécaniques d'Eucalyptus — Provenance Congo (Mai 1985).
- J. C. DELWAULLE : Création et Multiplication végétative par bouturage d'Eucalyptus en République Populaire du Congo (Mai 1980).
- J. C. DELWAULLE : Critères de sélection papetière des Eucalyptus — Affectation au test clonal 75 (Septembre 1982).
- G. PETROFF et M. TISSOT : Variabilité, caractéristiques papetières et sélection clonale de deux hybrides d'Eucalyptus plantés au Congo — *Bois et Forêts des Tropiques* n° 199, 1T 83.

ANNEXE — TABLEAU RÉCAPITULATIF DES DENSITÉS D'EUCALYPTUS DU CONGO

| Nom de l'Eucalyptus | Age (ans) | Dens. | Nb échantillons | Moyenne | Ecart Type | Coeff. Variation % | Max. | Min. | Observations |
|----------------------------|-----------|-------|-----------------|---------|------------|--------------------|-------|-------|--------------|
| E. PF1 | 3,5 | da | 30 | 0,701 | 0,052 | 7,42 | 0,803 | 0,603 | Clones |
| E. 12 ABL × <i>saligna</i> | 3,5 | da | 35 | 0,597 | 0,046 | 7,73 | 0,709 | 0,523 | Clones |
| E. PF1 | 4 | da | 29 | 0,671 | 0,040 | 6,00 | 0,736 | 0,594 | Clones |
| E. 12 ABL × <i>saligna</i> | 4 | da | 35 | 0,563 | 0,048 | 8,6 | 0,666 | 0,477 | Clones |
| E. PF1 | 4 | da | 56 | 0,740 | 0,050 | 6,6 | 0,834 | 0,567 | Semis |
| E. PF1 clone 1,3 | 3,5 | da | 53 | 0,667 | 0,020 | 2,94 | 0,706 | 0,625 | Même clone |
| E. PF1 | 4 | db | 29 | 0,568 | 0,027 | 4,7 | 0,614 | 0,516 | Clones |
| E. 12 ABL × <i>saligna</i> | 4 | db | 35 | 0,491 | 0,037 | 7,6 | 0,562 | 0,427 | Clones |
| E. PF1 | 4 | db | 56 | 0,630 | 0,037 | 5,9 | 0,703 | 0,503 | Semis |
| E. 12 ABL × <i>saligna</i> | 6,5 | db | 24 | 0,576 | 0,038 | 6,60 | 0,724 | 0,542 | Clones |

da = densité anhydre,
db = densité basale.