

JEAN-MARC BOUVET
CIRAD-Forêt

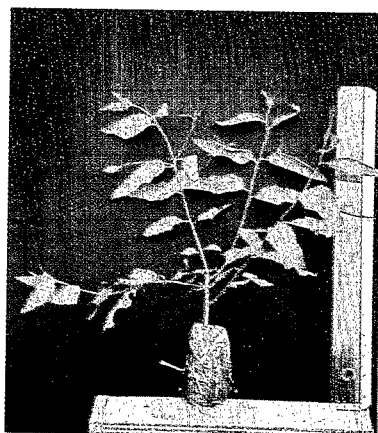
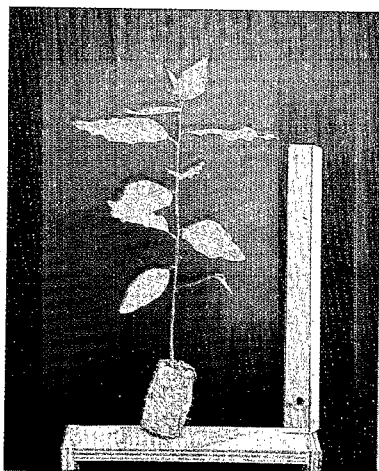
SÉLECTION PRÉCOCE DE L'EUCALYPTUS AU CONGO

Cet article n'ayant pu trouver place dans le n° 245 bilingue « Spécial IUFRO » de Bois et Forêts des Tropiques, nous le publions ici avec sa traduction anglaise *in extenso*.



Sélection des ortets d' *E. urophylla grandis* âgés de 48 mois dans le plan factoriel R89-20. Pointe Noire, Congo.
Selection of ortets of *E. urophylla* grandis* at age 48 months, in the factorial mating design R89-20. Pointe-Noire, Congo.

La sélection précoce est l'un des moyens susceptibles d'accélérer les programmes d'amélioration génétique. Cet article présente les différentes voies de recherche qui ont été explorées pour l'eucalyptus au Congo.



Comparaison de la morphologie d'un semis et d'une bouture : semis âgé de 2 mois.
 Comparison of seedling and cutting morphology : seedling 2 months after sowing.

L'efficacité des programmes d'amélioration est largement conditionnée par la qualité de l'estimation de la valeur des génotypes sous sélection. En raison de la longueur des rotations et du fort développement végétatif des arbres forestiers, cette estimation est fortement consommatrice de temps et d'espace. La sélection précoce peut améliorer l'efficacité des programmes si elle conduit à une augmentation sensible du gain génétique par unité de temps. Les recherches entreprises au Congo ont porté sur :

- La prédiction de la croissance adulte à partir de caractères très juvéniles mesurés en pépinière.
- Les marqueurs du passage d'une phase juvénile à une phase adulte au travers de l'évolution des composantes de la variance d'une population.
- L'influence de la densité de plantation sur la valeur prédictive des caractères.
- La prédiction du développement par modélisation de la courbe de croissance à partir de données juvéniles.

Les premiers résultats obtenus dans le cadre du programme d'amélioration de l'eucalyptus au Congo sont présentés ci-après.

SÉLECTION PRÉCOCE EN PÉPINIÈRE

La sélection précoce à un stade très juvénile en pépinière présente un double intérêt :

- elle permet d'augmenter considérablement les gains génétiques par unité de temps,
- elle permet de réduire la taille des dispositifs au champ et donc de diminuer les coûts des programmes d'amélioration.

Ces avantages ont suscité de nombreuses études chez les conifères

(GREENWOOD and VOLKAERT, 1992) et chez les peupliers (PICHOT, 1993), études qui ont permis de préciser les caractères prédictifs, les milieux et les limites d'une telle sélection.

Aucune recherche ne semble avoir été réalisée chez les eucalyptus, en particulier pour des clones qui présentent une morphologie particulière au stade de jeunes boutures. Compte tenu de l'intérêt de ce type de sélection dans le programme congolais, une expérience a été réalisée sur deux populations de clones appartenant à deux hybrides : *E. tereticornis***grandis* et *E. urophylla***grandis*. L'expérience a été conduite sous la forme de tests rétrospectifs, avec des clones présents à la fois dans des dispositifs adultes (tests clonaux utilisés pour la sélection des meilleures variétés industrielles) et en pépinière au stade de jeunes boutures.

EXPRESSIONS DE LA VARIABILITÉ EN PÉPINIÈRE

Les deux expériences ont mis en évidence des différences marquées entre clones à l'état de jeunes boutures pour des caractères de croissance, de ramification et de biomasse. Ces différences restent par ailleurs élevées pendant la phase de pépinière.

INEFFICACITÉ DE LA SÉLECTION

Le pouvoir prédictif des caractères mesurés en pépinière reste faible, avec des coefficients de détermination inférieurs à 0,30.

L'association de plusieurs caractères juvéniles améliore sensiblement la prédiction de la croissance adulte tout en restant peu performante.

En conclusion, le faible pouvoir prédictif des caractères très juvéniles peut avoir plusieurs origines :



- une interférence entre la réponse des clones à la technique de bouturage et la réponse des clones aux facteurs de croissance, sous-entendant l'expression de différents gènes ;
- une structure d'arbre au stade jeune bouture non encore affirmée d'un point de vue morphologique et physiologique ne permettant pas de mesurer sur la bouture une hauteur et une circonférence ;
- une interaction clone*milieu importante ;
- un milieu de test non optimal (substrat, régime de fertilisation, durée de mesure).

Ces premiers résultats montrent que la sélection à un stade très précoce est inopérante pour les clones. Elle ne peut être envisagée que pour l'élimination des plus mauvais génotypes.

SÉLECTION PRÉCOCE AU CHAMP

Cet aspect a été abordé par l'analyse des populations hybrides issues des plans de croisements. Ces derniers ont été réalisés dans le cadre du schéma de sélection récurrente de l'eucalyptus mis en place au Congo depuis 1989 (VIGNERON, 1991) concernant deux hybrides : *E. urophylla***grandis* et *E. urophylla***pellita*. Les analyses ont distingué les caractères de croissance (hauteur, circonférence et volume), qui restent les critères de sélection prioritaires dans le contexte de production de biomasse, et les caractères de technologie du bois, de ramification, de morphologie du fût et d'adaptation, encore peu étudiés, car ils apparaissent pour certains comme secondaires.

Par l'étude des plans de croisements nous avons cherché à mettre en évidence des marqueurs du passage d'une phase juvénile à une phase

adulte. Pour cela nous avons étudié l'évolution avec l'âge des moyennes, des composantes de la variance (variance due à l'environnement, variance additive père, variance additive mère et variance de dominance) et de leur rapport (variance père/variance additive, variance additive/variance génétique, héritabilité au niveau individuel et héritabilité au niveau parent).

CARACTÈRES DE CROISSANCE

□ Evolution des paramètres génétiques avec l'âge

L'évolution des variances avec l'âge ne présente pas de résultats très clairs. Aucun changement marqué entre une phase juvénile et une phase adulte n'est observé pendant les trois premières années, situation qui ne rejoint pas le modèle de Franklin proposant trois phases dans l'évolution de la variance additive (FRANKLIN, 1979), figure 1, p. 26.

L'évolution des héritabilités diffère selon le dispositif mais des tendances générales peuvent être soulignées (fig. 2, p. 27) :

- L'héritabilité additive au sens étroit, correspondant à la prédiction de la valeur en croisement des parents, peut évoluer de façon marquée après la deuxième année ; elle a tendance à augmenter. Ce résultat signifie que la sélection précoce avant deux ans peut ne pas être optimale.
- L'héritabilité au sens large, correspondant à la prédiction de la valeur en clone, suit une évolution assez générale. Elle a tendance à diminuer au cours de la première année et reste constante par la suite. Sa valeur plus élevée pour la hauteur par rapport à la circonférence rend ce premier caractère intéressant pour la sélection précoce pour le volume.

Des résultats plus généraux concernant la stratégie d'amélioration ont aussi été observés :

- La variance père est en général inférieure à la variance mère. L'intensité de sélection des géniteurs pères des espèces *E. grandis* et *E. pellita* devra donc être modérée pour ne pas épuiser trop rapidement la variance génétique.
- La variance de dominance s'exprime différemment selon l'hybride. Elle représente 20 % de la variance génétique totale chez *E. urophylla***grandis* et 60 % chez *E. urophylla***pellita*. Cette situation peut être expliquée par des degrés de complémentarité différents entre les génotypes des deux espèces parents. Quelle que soit la raison, ce résultat souligne l'intérêt du schéma de sélection récurrente réciproque sur les familles de pleins frères qui permet d'utiliser au mieux les effets additifs et de dominance.

□ Corrélation âge-âge

Les corrélations âge-âge sont élevées pour les trois caractères de croissance. Les valeurs indiquent qu'après trois ans le classement évolue peu. Ce résultat découle sans doute d'une base génétique souvent large, de la croissance rapide des espèces et de la sylviculture intensive minimisant les effets du milieu.

CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES ET TECHNOLOGIQUES

Les principaux résultats obtenus pour ces caractères sont les suivants :

- La diminution, quand l'âge augmente, du nombre de branches fines (diamètre inférieur à 2,5 cm) et du pourcentage de fourches (un brin étant devenu dominant) pourrait marquer le passage entre 18 et 24 mois (au cours de la seconde saison des pluies) d'un état de pseudolibre croissance à un état de croissance à forte compétition inter-



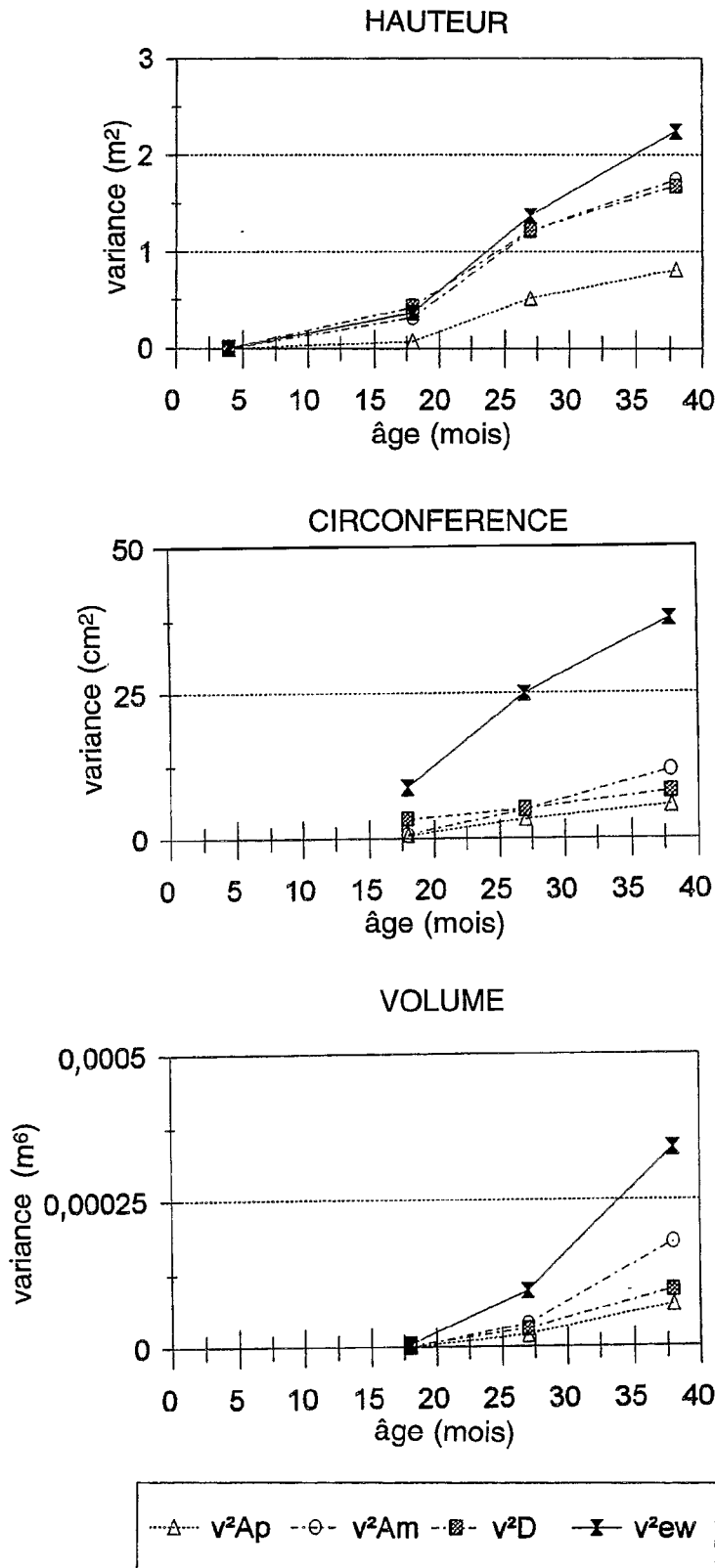


Figure 1. Evolution des composantes de la variance avec l'âge dans le plan de croisement *E. urophylla* × *grandis* R90-11.

v² Ap : variance additive mâle,
 v² Am : variance additive femelle,
 v² D : variance de dominance,
 v² ew : variance environnementale.

arbres et pourrait alors servir de repère pour la sélection précoce. Il est difficile de dire si ces deux états correspondent à de profonds changements dans l'action des gènes.

- Les corrélations âge-âge sont fortes pour les caractères de ramifications liés à des défauts (grosse branche ou fourche) à condition que la variabilité génétique soit clairement exprimée.
- Les caractères de ramification, de morphologie du fût et de la densité du bois apparaissent peu liés aux caractères de croissance.

CONSÉQUENCES POUR LA SÉLECTION

□ Sélection des ortets

L'absence de corrélation négative entre croissance et morphologie et entre croissance et densité basale augmente la probabilité de sélection de clones idoines. De plus, les caractères de morphologie et de densité du bois ne permettent pas de faire une estimation plus précise des valeurs génétiques pour les caractères de croissance (diminuant même l'efficacité dans le cas de la sélection précoce) et demeurent des caractères secondaires dans le cadre de la production de bois de pâte ; aussi paraît-il judicieux de mesurer et de sélectionner seule-

Figure 2. Evolution de l'héritabilité avec l'âge dans le plan de croisement *E. urophylla* × *grandis* R90-11.

H^2_{Ap} : héritabilité au sens étroit mâle,
 H^2_{Am} : héritabilité au sens étroit femelle,
 H^2_{sl} : héritabilité au sens large.

ment sur les caractères de croissance. Par ailleurs, les test clonaux permettent ensuite une sélection hautement efficace sur la morphologie et la densité du bois.

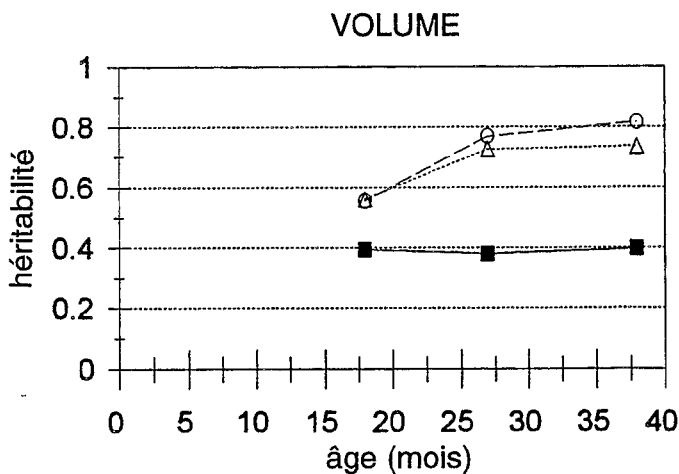
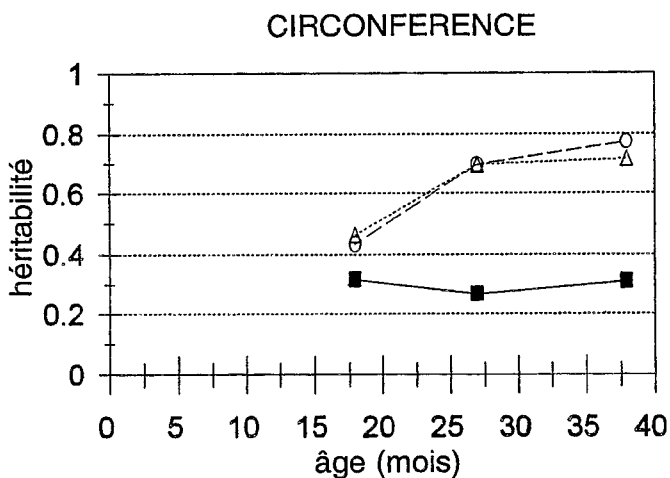
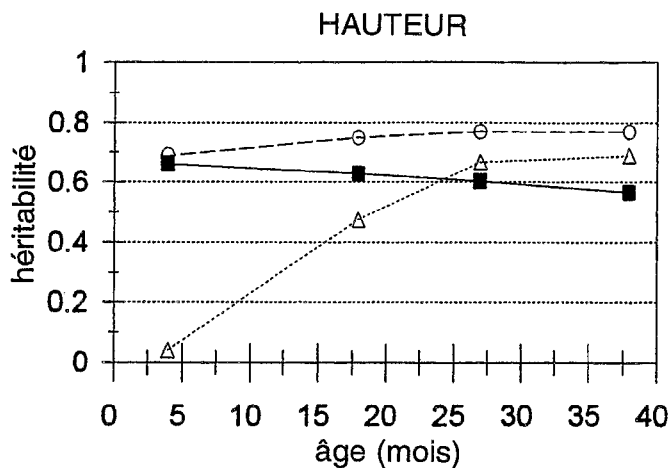
La sélection précoce des ortets paraît plus intéressante après deux ans. La hauteur, dans le cas d'un dispositif perturbé par la mortalité et la présence de dwarfs, s'avère un prédicteur efficace du volume adulte.

□ Sélection des parents

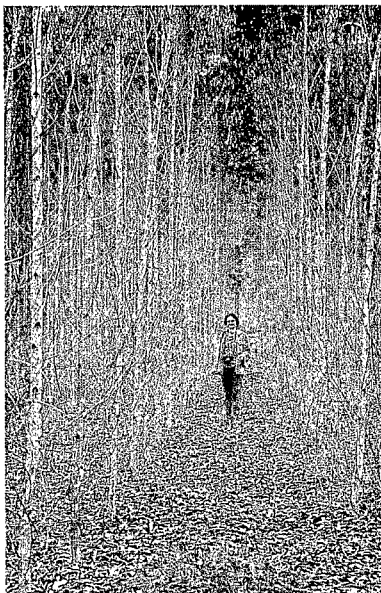
La sélection des parents n'est, elle aussi, envisageable qu'après la deuxième année. Même si les liaisons génétiques additives entre caractères sont faibles, la sélection précoce multicaractère pour l'élimination des parents les moins performants paraît intéressante car les héritabilités à trois ans sont fortes, les corrélations âge-âge élevées et les taux de sélection pour les différentes espèces seront modérés (40 %) afin ne pas épuiser rapidement la variabilité génétique.

DENSITÉ DE PLANTATION ET SÉLECTION

La mise en place de dispositifs à forte densité présente deux avantages principaux :



■ H^2_{sl} ▴ H^2_{Ap} ○ H^2_{Am}



Essai R91-1 : aspect des arbres selon les différents écartements. Clones d'*E. tereticornis*grandis*. Sur la photo verticale, écartement de 2 m*2 m et sur la photo horizontale, écartement de 4 m*4 m.
 Trial R91-1 : Spacing effect on growth and variance components of *E. tereticornis*grandis* clones. In the vertical photo, spacing of 2 m*2 m and in the horizontal photo, spacing of 4 m*4 m.

- Elle permet de réduire la surface des essais et pallie certains inconvénients liés à l'expérimentation forestière : coût de mise en place et de suivi, hétérogénéité intrabloc...

- Elle permet ou permettrait, car rien n'est clairement établi, d'améliorer les corrélations juvénile-adulte et donc d'accroître l'efficacité de la sélection précoce.

Les effets de la densité de plantation sur la sélection sont cependant mal connus et de nombreuses questions restent encore posées notamment sur :

- l'interaction génotype*densité,
- l'influence de la densité sur l'expression des composantes de la variance (variance génétique et non génétique) et sur les paramètres de sélection,
- l'influence de la densité sur la valeur prédictive des caractères, avec

une attention particulière pour les corrélations âge-âge.

Ces aspects, importants dans le cadre de l'amélioration de l'eucalyptus au Congo, ont été abordés par deux dispositifs :

- Le premier concerne des clones d'*Eucalyptus tereticornis*grandis* soumis à trois densités, 625, 1 111 et 2 500 tiges/ha, testés en parcelle carrée de $5 * 6 = 30$ plants. Les clones présents dans deux essais, un récent (le R91-1) et l'autre plus ancien (le TC82B), permettent d'analyser cette expérience sous forme de test rétrospectif.

- Le second concerne des familles d'*Eucalyptus urophylla*grandis* et d'*E. urophylla*pellita* soumises à deux densités, 625 et 2 500 tiges/ha, testées en parcelle carrée de $6*6 = 36$ plants dans l'essai R90-13. Cette expérience est aussi conduite sous forme de test rétrospectif, car les familles sont aussi

présentes dans des dispositifs implantés en 1990, R90-11 et R90-10, mesurés sur une plus longue période.

Les premiers résultats à mi-révolution sont présentés ci-après.

EFFET DE LA DENSITÉ DE PLANTATION SUR LA VARIABILITÉ

Pour les effets génétiques, les résultats apparaissent différents selon le génotype impliqué. Dans le cas des clones, au cours des 30 premiers mois, l'augmentation de la densité n'entraîne pas d'augmentation du coefficient de variation et n'entraîne pas de supériorité du carré moyen.

Dans le cas des familles par contre, au cours des 35 premiers mois, l'augmentation de la densité conduit à des coefficients de variation et à des carrés moyens plus élevés.

L'effet de la densité dépend de la structure du génotype. On peut considérer qu'en l'absence de variance génétique intragénotype, ce qui est le cas des clones, il n'y a pas d'effet de la densité sur les coefficients de variation. Par contre, lorsque la variance intragénotype contient de la variance génétique, cas des familles de pleins frères, l'augmentation de la densité provoque l'augmentation de la variance interfamilles.

L'effet de la densité dépend aussi de l'unité expérimentale. Si nous avons adopté une unité expérimentale monoarbre ou monoligne, aussi bien pour les clones que pour les familles, nous aurions observé une augmentation de la variabilité avec la densité pour les deux génotypes provoquée, cette fois-ci, par la compétition directe entre les génotypes (HART, 1986 cité par FOSTER, 1989 ; SAINT CLAIR and ADAMS, 1991).

Pour les effets environnementaux, il y a lieu de considérer celui commun aux individus de la même parcelle et celui observé au sein des unités expérimentales.

Pour le premier, la taille des parcelles conduit à une faible augmentation des variances avec l'âge et donc à un coefficient de variation qui diminue. La variabilité dépend plutôt du terrain et des entretiens réalisés dans le dispositif.

Pour le second, la densité augmente fortement la variance et le coefficient de variation. Ce résultat rejoint ceux observés dans des études plus anciennes (WEINER and THOMAS, 1986). L'évolution avec l'âge du coefficient de variation permet, dans le cas de la hauteur, de situer le passage entre une phase d'installation des plants à une phase de croissance en peuplement.

En conclusion, l'efficacité de la sélection en terme d'héritabilité est significativement améliorée dans le cas des familles testées à forte den-

sité (même avec des parcelles de grande taille) car la compétition intragénotype augmente les composantes de la variance génétique.

MANIFESTATION DE L'INTERACTION GÉNOTYPE*DENSITÉ

Les deux dispositifs n'ont pas démontré de manifestation forte de l'interaction clone*densité et de l'interaction famille*densité pendant la première moitié de la révolution. L'interaction représente une faible part de la variabilité ; elle s'exprime surtout par des effets d'échelle et les rares changements de classements sont expliqués par des effets extérieurs à la croissance.

Ce résultat rejoint ceux d'autres études (PANETSOS, 1980 ; CAMPBELL *et al.*, 1986 ; REIGHARD *et al.*, 1986).

EFFET DE LA DENSITÉ SUR L'EXPRESSION DES CORRÉLATIONS JUVÉNILÉ-ADULTE

Les deux dispositifs ne confirment pas l'intérêt de fortes densités pour obtenir des corrélations juvénile-adulte élevées, résultat qui ressort des expériences déjà entreprises (LAMBETH *et al.*, 1983 ; CAMPBELL *et al.*, 1986 ; FOSTER, 1986).

Lorsque les corrélations âge-âge, calculées sur la base de la moyenne des génotypes (qui sont donc des corrélations phénotypiques), sont estimées au sein du même dispositif avec des mesures répétées sur les mêmes arbres, on note des valeurs très élevées et très peu différentes entre les densités. Les valeurs sont cependant légèrement supérieures pour 2 500 tiges/ha.

Ce résultat s'explique par de fortes corrélations environnementales, dues à l'autocorrélation des mesures, celles-ci étant réalisées sur les mêmes individus et sur des échelles de temps très courtes.

Lorsque les corrélations sont calculées dans le cadre du test rétrospectif, c'est-à-dire entre deux dispositifs déconnectés dans le temps et dans l'espace, les effets d'autocorrélation sont supprimés et la légère supériorité de la forte densité, dans le cas des variables cumulées, disparaît.

Les analyses réalisées avec les accroissements semestriels (correspondant à la saison sèche et à la saison des pluies) ne présentent pas non plus d'amélioration de la prédiction dans le sens suggéré par FRANKLIN (1979).

□ **En conclusion :** ces deux expériences montrent que les dispositifs à forte densité (2 500 tiges/ha) présentent certains avantages en terme de sélection :

- l'héritabilité est augmentée dans le cas des familles,
- le classement est faiblement perturbé.

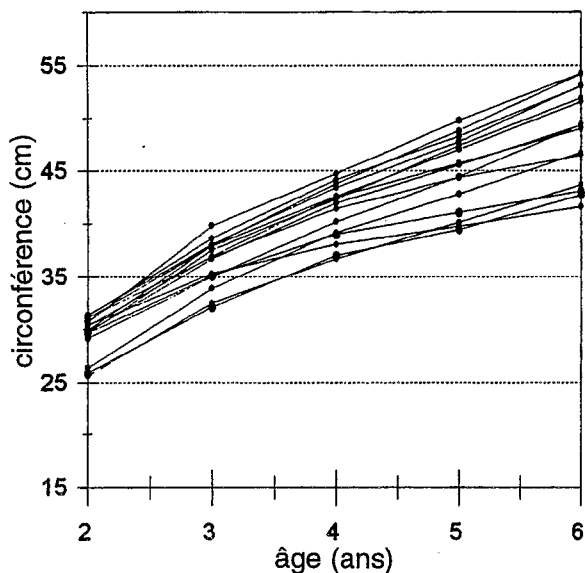
PRÉDICTION DE LA CROISSANCE

Trois méthodes ont été comparées à partir d'un matériel végétal composé de clones d'*E. tereticornis***grandis*. L'objectif est de prédire, pour chaque clone, la courbe de croissance jusqu'à six ans à partir de données recueillies jusqu'à trois ans.

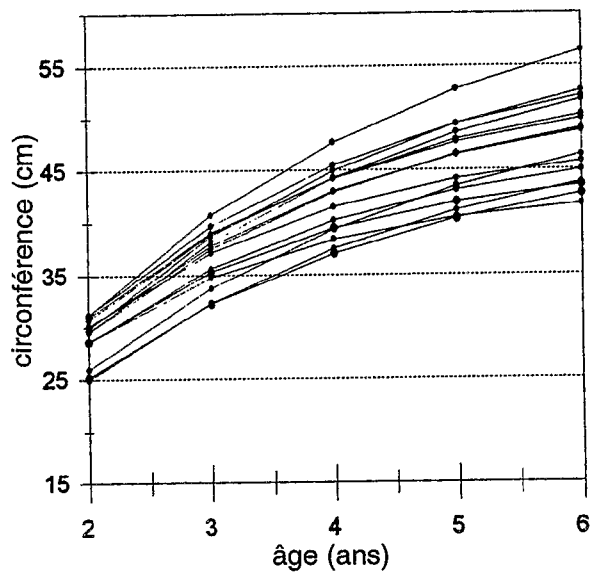
La première méthode s'appuie sur la prédiction linéaire (B.L.P.) et conduit à l'élaboration d'un faisceau de courbes de croissance sécantes. La deuxième méthode s'appuie sur un modèle non linéaire à deux paramètres et permet aussi l'élaboration d'un faisceau de courbes sécantes. La troisième méthode utilise le même modèle non linéaire mais conduit à un faisceau de courbes monomorphes. Les faisceaux de courbes correspondant à ces trois méthodes sont présentés dans la figure 3 p. 30.



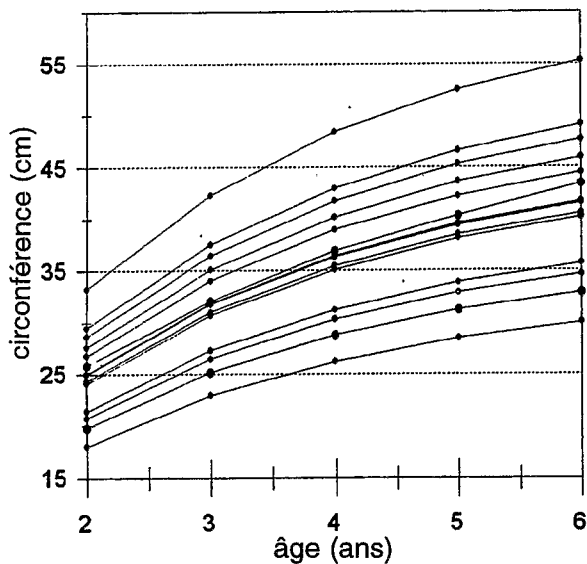
courbes de croissance observées



modèle non linéaire : courbes sécantes



modèle non linéaire : courbes parallèles



modèle linéaire : (BLP)

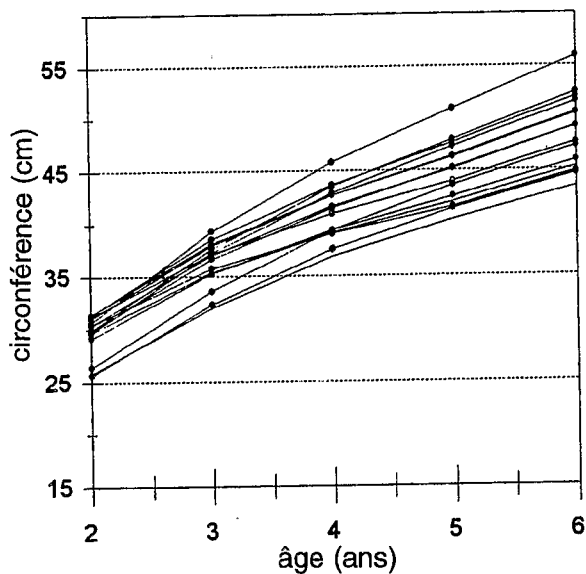


Figure 3. Comparaison de faisceaux de courbes obtenus par différents modèles de prédiction. Paramètres estimés avec les tests clonaux TC83B et TC84B.

Les résultats montrent que les méthodes à faisceau de courbes sécantes sont plus efficaces dans la prédiction de la croissance. Les résidus entre les valeurs vraies et les valeurs prédites sont plus faibles et la corrélation entre le classement vrai et le classement prédit est élevé.

Les méthodes de prédiction de la croissance utilisant ces modèles peuvent s'avérer un outil intéressant dans le cadre de la sélection clonale. Par rapport à d'autres approches de prédiction basées sur la modélisation d'une matrice de corrélation (LAMBETH, 1980 ; MAGNUSSEN, 1987 ; MAGNUSSEN, 1988 ; KREMER, 1992), elles sont axées sur la prédiction du classement mais aussi sur la prédiction de la valeur « dendrométrique » des génotypes. Dans le cas d'une sélection de variétés, cet aspect peut être important pour aider le gestionnaire à prévoir la production à l'hectare.

De plus, ces approches permettent de prédire à l'âge d'exploitation les écarts entre les meilleurs clones et les variétés témoins. Cette possibilité peut s'avérer intéressante pour le sélectionneur qui désire connaître les futurs gains par rapport aux variétés industrielles.

Il est difficile de privilégier le modèle linéaire par rapport au modèle non linéaire dans le cas étudié car

les résultats sont équivalents. De par la forme analytique des équations, la méthode utilisant le modèle non linéaire paraît plus efficace pour la prédiction en dehors de l'intervalle des valeurs ayant permis l'estimation des paramètres. De plus, le réseau de tests clonaux que nous avons utilisé dans cette étude (dispositifs équilibrés et identiques, faible interaction génotype*milieu) ne désavantage pas cette méthode qui ne prend pas en compte la qualité de l'information.

Mais dans un système de tests moins uniforme, où les dispositifs sont déséquilibrés (ce qui sera sûrement le cas si un nombre important de clones est testé dans différents milieux), la méthode B.L.P. ou B.L.U.P. sera sans doute à préconiser. En effet, celle-ci favorisera la sélection des génotypes qui sont connus avec plus de précision (WHITE and HODGE, 1989 ; HUBER *et al.*, 1991). De plus, le modèle linéaire permet l'estimation d'intervalles de confiance clairement définis. Cet aspect peut se révéler important si la notion de risque intervient dans les décisions des gestionnaires.



Les expérimentations présentées dans cet article apportent des résultats

nouveaux utilisables aux différentes étapes de la stratégie.

□ **Au niveau de l'amélioration des populations :**

- elles précisent les relations entre caractères et l'intérêt de la sélection multicausal pour le choix des parents,
- elles permettent de définir un âge minimal pour la sélection des parents,
- elles démontrent l'intérêt d'augmenter la densité de plantation dans les dispositifs.

□ **Au niveau de la sortie variétale :**

- elles définissent les limites de la sélection des clones en pépinières,
- elles permettent de définir un âge minimal pour la sélection des ortets et les critères de sélection,
- elles démontrent l'intérêt d'augmenter la densité de plantation dans les tests clonaux,
- elles donnent des outils pour la prédiction des courbes de croissance des clones. □

▷ Jean-Marc BOUVET
CIRAD-Forêt
B.P. 1291
POINTE-NOIRE
Congo

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CAMPBELL R. K., ECHOLS R. M. and STONECYPHER R. W., 1986.

Genetic variances and interactions in 9-year-old Douglas-fir grown at narrow spacings. *Silvae genetica* 35, 1 (1986).

FOSTER S., 1986.

Trends in genetic parameters with stand development and their influence on early selection for volume growth in loblolly pine. *Forest Sci.*, Vol. 32, No. 4, 1986, p. 944-959.

FOSTER G. S., 1989.

Inter-genotypic competition in forest trees and its impact on realized gain from family selection. The southern forest tree improvement committee, 21-35, 1989, June 26-30.

FRANKLIN E. C., 1979.

Model relating levels of genetic variance to stand development of four North American conifers. *Silvae Genetica* 28, 5-6 (1979).

GREENWOOD M. S., VOLKAERT H. A., 1992.

Morphophysiological traits as markers for the early selection of conifer genetic families. *Can. J. For. Res.* 22, p. 1001-1008.

HUBER D. A., WHITE T. L., LITTELL R. C. and HODGE G. R., 1991.

Ordinary least square estimation of specific combining abilities from half-dialled mating designs. *Silvae genetica* 41, 4-5 (1992).

KREMER A., 1992.

Prediction of age-age correlation of total height based on serial correlations between height increments in maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). *Theor. and Appl. Genet.* : 85, 2-3, p. 152-158.

LAMBETH C. C., 1980.

Juvenile Mature Correlation in Pinaceae and Implication for Early Selection. *Forest Science* 26, p. 571-580.

LAMBETH C. C., VAN BUIJTENEN J. P., DUKE S. D. and McCULLOUGH R. B., 1983.

Early selection is effective in 20-year-old genetic tests of loblolly pine. *Silvae genetica* 32, 5-6 (1983).

MAGNUSSEN S., 1987.

Age-To-Age correlations in Growth Processes with fixed and random effects. *Silvae Genetica* 38, 2, p. 49-55.

MAGNUSSEN S., 1988.

Minimum Age-To-Age Correlations in early selection. *Forest Science*, Vol. 34 No. 4, p. 928-938.

PANETSOS C. K., 1980.

Selection of new poplar clones under various spacings. *Silvae Genetica* 29, 3-4 (1980).

PICHOT C., 1993.

Variabilité au stade adulte chez *Populus trichocarpa* Torr. et Gray, et prédiction juvénile adulte chez *P. trichocarpa* et *P. deltoides* Bartr. Thèse de doctorat I.N.A.P.G. 235 p. + annexes.

REIGHARD G. L., ROCKWOOD D. L. and COMER C. W., 1986.

Genetic and cultural factors affecting growth performance of slash pine. *In* : Proc. 18th South For Tree Improv. Conf., Long Beach, Miss., p. 100-106.

SAINT CLAIR J. B. and ADAMS W. T., 1991.

Relative family performance and variance structure of open-pollinated Douglas-fir seedlings grown in three competitive environments. *Theor. Appl. Genet.* (1991) 81, p. 541-550.

VIGNERON P., 1991.

Création et amélioration des variétés d'hybride d'eucalyptus au Congo. Congrès IUFRO « Intensive Forestry: The role of Eucalypts ». Durban, septembre 1991.

WEINER J. and THOMAS S. C., 1986.

Size variability and competition in plan monocultures. *Oikos* 47, p. 211-222.

WHITE T. L. and HODGE G. R., 1988.

Best Linear Prediction of Breeding Values in a Forest Tree Improvement Program. *Theor. Appl. Genet.* 76, p. 719-727.



Clones d'eucalyptus à 8 ans.
Eight-year-old clones of *Eucalyptus*.



R É S U M É

SÉLECTION PRÉCOCE DE L'EUCALYPTUS AU CONGO

Différentes expérimentations relatives à la stratégie de sélection (en particulier à la sélection précoce) ont été entreprises dans le cadre du programme d'amélioration de l'eucalyptus au Congo :

- La sélection précoce à un stade très juvénile en milieu de pépinière, utile surtout pour éliminer les génotypes les moins prometteurs.
- La sélection au champ dans le cadre des plans de croisements du schéma de sélection récurrente réciproque des hybrides *Eucalyptus urophylla***grandis* et *E. urophylla***pellita*. Ces résultats permettent d'affiner la sélection des variétés et des géniteurs.
- L'influence de la densité de plantation dans les dispositifs de sélection de clones et de familles. On note une augmentation de la variabilité génétique et de l'héritabilité avec la densité dans le cas des familles. Pour les deux génotypes, l'augmentation de la densité a peu d'effet sur les corrélations phénotypiques âge-âge.
- L'élaboration de méthodes de prédictions basées sur la prédiction linéaire et la prédiction non linéaire. Les méthodes conduisant à des courbes de croissances sécantes paraissent les plus efficaces.

Mots-clés : Sélection précoce. Eucalyptus. Clones. Familles. Congo.

A B S T R A C T

EARLY SELECTION OF EUCALYPTUS IN THE CONGO

Various experiments on selection strategy have been undertaken in the context of the Eucalyptus improvement Programme in the Congo. Several aspects are investigated :

- Early selection at a very juvenile stage in the nursery environment. This kind of selection can be considered for the culling of less promising genotypes.
- Field selection within mating designs of the reciprocal recurrent selection scheme of *Eucalyptus urophylla***grandis* and *E. urophylla***pellita*. Selection of varieties and parents can be improved with such results.
- The influence of plantation density in selection designs analysed under retrospective tests. Genetic variability and heritability increase with density. For both genotypes, the effect of spacing on the phenotypic age-to-age correlation measured within the same design is poor. For clones and families, correlations assessed by retrospective tests show stronger predictive capacity for higher densities.
- The establishment of growth prediction methods based on linear and non-linear models. Methods leading to secant growth curves seem more reliable than those leading to monomorphic curves.

Key words : Early selection. Eucalyptus. Clones. Families. Congo.

R E S U M E N

SELECCION PRECOZ DEL EUCALIPTO EN EL CONGO

Se han emprendido diversas experimentaciones relacionadas con la estrategia de selección y fundamentalmente de tipo precoz en el marco del programa de mejora del eucalipto del Congo :

- La selección precoz en una etapa muy juvenil en medio de vivero resulta útil, sobre todo, para eliminar los genotipos menos prometedores.
- La selección en el campo, en el contexto de los programas de crecimiento del esquema de selección recurrente recíproca de los híbridos *Eucalyptus urophylla***grandis* y *E. urophylla***pellita*. Estos resultados permiten afinar la selección de las variedades y de los genitores.
- La influencia de la densidad de plantación en los dispositivos de selección de clones y de familias. Se advierte un aumento de la variabilidad genética y de la heritabilidad concomitante con la densidad en el caso de las familias. Para los dos genotipos, el aumento de la densidad tiene un efecto reducido sobre las correlaciones fenotípicas edad-edad.

La elaboración de métodos de predicciones del crecimiento fundadas en la predicción lineal y la predicción no lineal. Los métodos que dan lugar a curvas de crecimientos secantes parecen ser aquellos más eficaces.

Términos clave : Selección precoz. Eucalipto. Clones. Familias. Congo.

