

0.76 for juvenile wood specific gravity based upon an age 10 sample in this population appears to be inflated because only one replication was sampled per test location, and therefore the estimate of the families component of variance ($\sigma^2_{F(S)}$) was confounded with the families by replication in locations component ($\sigma^2_{F(S) \times R(L)}$).

Coefficients of genetic prediction (CGP) relating parental mature wood specific gravity and progeny specific gravities at ages 7 and 20 were high (CGP = 0.37 and 0.48 at ages 7 and 20, respectively) and were much in line with heritability estimates based upon sibling analyses. The CGP value for the age 10 sample of juvenile wood specific gravity (CGP = 0.14) was lower, probably as a result of inadequate sample size and the inability to account for families in sets by replication in locations interactions.

Wood specific gravity is one of the most heritable economically important characteristics in loblolly pine. Although it is more difficult to assess on large numbers of trees than other important traits such as height, stem straightness, or pest resistance, high heritabilities and considerable variation in wood specific gravity in loblolly pine indicate selection for the trait will result in substantial genetic gain.

Literature Cited

BARADAT, P.: Use of juvenile-mature relationships and information from relatives in combined multi-trait selection. IUFRO, Joint Meeting on Advanced Generation Breeding, Bourdeaux, France. pp. 121-138 (1976). — BAREFOOT, A. C., R. HITCHINGS, and E. L. ELLWOOD: Wood characteristics and Kraft paper properties for four selected loblolly pines. TAPPI 47: 343-356 (1964). — BARKER, J. A.: Location effects on heritability estimates and gain pre-

dictions for ten-years-old loblolly pine. Ph. D. Thesis, Dept. of For., N. C. State University, Raleigh. 105 p. (1973). — BECKER, W. A.: Manual of Quantitative Genetics. Student Book Corporation, Washington State University, Pullman, Washington. 170 pp. (1975). — BLAIR, R., B. ZOBEL, R. C. HITCHINGS, and J. B. JETT: Pulp yield and physical properties of young loblolly pine with high density juvenile wood. Applied Polymer Symposium No. 28, p. 435-444 (1976). — CHUNTANAPARB, L.: Inheritance of wood and growth characteristics and their relationships in loblolly pine (*Pinus taeda* L.). Ph. D. Thesis, Dept. of For., N. C. State University, Raleigh, 123 pp. (1973). — DADSWELL, H. E.: Tree growth characteristics and their influence on wood structure and properties. Seventh Brit. Commonw. For. Conf. (1957). — GOGGANS, J. F.: The interplay of environment and heredity as factors controlling wood properties in conifers: with special emphasis on their effects on specific gravity. Tech. Rept. 11, N. C. State University, Raleigh. 56 pp. (1961). — JETT, J. B., and J. T. TALBERT: The place of wood specific gravity in advanced generation seed orchards and breeding programs. So. Jour. App. For. 6: 177-180 (1982). — KIRK, D. G., L. G. BREEMAN, and B. J. ZOBEL: A pulping evaluation of juvenile loblolly pine. TAPPI 55: 1600-1604 (1972). — KOCH, P.: Utilization of the southern pines. USDA Agriculture Handbook No. 420. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1663 p. (1972). — NAMKOONG, G., A. C. BAREFOOT, and R. G. HITCHINGS: Evaluating control of wood quality through breeding TAPPI 52: 1935-1938 (1969). — PAUL, B. H.: Juvenile wood in conifers. For. Prod. Lab. Rept. No. 2094. U. S. For. Ser., U.S.D.A., Madison, Wisc. (1957). — PEARSON, R. G., and R. C. GILMORE: Effect of fast growth rate on mechanical properties of loblolly pine. For. Prod. Jour. 30: 47-54 (1980). — STONECYPHER, R. W., B. J. ZOBEL, and R. L. BLAIR: Inheritance patterns of loblolly pines from a nonselected natural population, Tech. Bul. 220, N. C. State University, Raleigh. 59 p. (1973). — ZOBEL, B. J.: Wood properties as affected by changes in the wood supply of southern pines. TAPPI 59: 126-128 (1976). — ZOBEL, B., J. B. JETT, and R. HUTTO: Improving wood density of short-rotation southern pine. TAPPI 61: 41-43 (1978). — ZOBEL, B. J., R. C. KELLISON, M. F. MATTHIAS, and A. V. HATCHER: Wood density of the southern pines. Tech. Bul. No. 208. N. C. Ag. Exp. Sta. 56 pp. (1972).

Variabilité génétique individuelle de la Qualité du Bois chez *Betula pendula* Roth

Par G. NEPVEU (*) et P. VELLING (**)

(Reçu 15 Juin 1982)

Résumé

Nous avons étudié la variabilité et les corrélations inter-caractères sur 46 familles de *Betula pendula* issues de croisements contrôlés. Le dispositif (6 blocs complets) est installé en Finlande du sud; les descendants étaient âgés de 12 ans après la graine.

Dans un premier temps, nous avons évalué la variabilité génétique par analyse de variance dans les descendants et par régression entre les parents moyens et les moyennes de descendance, ceci dans le but d'utiliser l'ensemble de l'information disponible. Ensuite, nous avons estimé les paramètres génétiques classiques à partir d'un plan factoriel complet de 4 mères et de 5 pères extraits de l'échantillon précédent.

Nous avons mesuré 564 descendants et 12 arbres-parents. Les mesures ont porté sur la croissance et la qualité du bois appréciée à partir de carottes de sondage (rétractibili-

tés radiale, longitudinale, tangentielle et volumétrique; infradensité du bois; anisotropie de ces propriétés; rendement en fibres).

Sur le terrain, nous avons aussi étudié la possibilité d'estimer la qualité du bois à partir d'un pénétromètre (Pilodyn).

Les principaux résultats sont les suivants:

— la variabilité familiale est forte pour l'infradensité, la rétractibilité du bois; elle est moyenne pour la production en volume; elle n'est pas significative pour le rendement en fibres.

— la sélection en forêt pour l'infradensité du bois et surtout pour la rétractibilité volumétrique est possible.

— il y a un léger effet dépressif de l'autofécondation sur la production de matière sèche.

— il existe des effets maternels pour la croissance en hauteur.

— l'aptitude spécifique à la combinaison est assez faible.

— la liaison interfamille est favorable entre croissance et rétractibilité volumétrique; elle est nulle entre infradensité et croissance; cependant, elle est positive entre infradensité et rétractibilité.

— L'impact de l'âge sur les propriétés physiques du bois

(*) I.N.R.A., Station de Recherches sur la Qualité des Bois, Centre de Recherches Forestières de Nancy, Champenoux — F 54280 SEICHAMPS.

(**) Institut Finlandais de Recherches Forestières Unioninkatu 40 A — SF 00170 HELSINKI 17

(rétractibilité, infradensité) est très important.

— il est possible de sélectionner en forêt des groupes d'arbres pour la densité du bois en utilisant un Pilodyn sans enlever l'écorce.

Mots-clés: *Betula pendula*, variabilité génétique, plan factoriel, carottes de sondage, densité du bois, rétractibilité, rendement papetier, Pilodyn.

Zusammenfassung

Wir studierten die Variabilität und die Korrelation bei 46 kontrollierten Kreuzungen von *Betula pendula*. Der Test (mit 6 vollständigen Blöcken) wurde in Südfinnland angelegt; die Nachkommenschaften waren 12 Jahre alt (Saat).

Zunächst bestimmten wir die genetische Variabilität durch eine Varianzanalyse zwischen den 46 Nachkommenschaften und durch die Regression zwischen den Mittelwerten der Eltern und der Nachkommenschaften, um die ganze verfügbare Information auszunutzen. Dann bestimmten wir die klassischen genetischen Parameter mit einer kompletten faktoriellen Analyse (4 Mütter und 5 Väter), an einer Subpopulation der 46 Nachkommenschaften.

Das analysierte Material enthielt 564 Nachkommen und 12 Elternbäume. Einige Merkmale für Wachstum und Holzqualität wurden an Bohrkernen ermittelt (radiale, axiale, tangentielle und volumetrische Schwindung; Rohdichte; Anisotropie dieser Merkmale; Zellstoffausbeute).

Im Wald studierten wir auch die Möglichkeit, mit einem „Pilodyn“ die Holzqualität zu bestimmen.

Die wichtigsten Ergebnisse sind:

— die Variabilität zwischen den Familien ist bei der Rohdichte und dem Schwinden groß, bei der Wuchsleistung mittelmäßig und bei der Zellstoffausbeute gering;

— eine Individualauslese im Wald für Rohdichte und besonders für das Schwinden ist möglich;

— bei der Produktion von Trockenmasse kommt es zu einer geringen Inzuchtdepression;

— es gibt einen Einfluß der Mütter auf das Höhenwachstum;

— die spezifische Kombinationseignung ist verhältnismäßig gering;

— die interfamiliäre Korrelation zwischen Wuchsleistung und volumetrischem Schwinden ist negativ; sie ist positiv zwischen Rohdichte und Schwinden und nicht signifikant zwischen Rohdichte und Wuchsleistung;

— der Einfluß des Alters auf die physischen Holzmerkmale (Schwinden, Rohdichte) ist sehr bedeutend;

— im Wald kann man Baumgruppen für die Holzroh-dichte mit einem „Pilodyn“ (ohne die Rinde abzunehmen) auswählen.

Summary

We have studied the variability and the correlations between characteristics in 46 *Betula pendula* full-sibs progenies. The test (six complete blocks) is established in Southern part of Finland; the offsprings were twelve years old (after the seed).

At first, we estimated the genetic variability by means of variance analysis in offsprings and regression between two parents means and progeny means; this, with the intent to use all the available information. Then, we estimated the classical genetic parameters in a complete factorial design (4 mothers and 5 fathers) obtained from the first samples.

The analysed material has included 564 offsprings and 12 parent-trees. We have measured some growth characteristics and wood quality in increment cores (radial, longitudinal, tangential and volumetric shrinkages; wood basic density; anisotropy of these properties; pulp yield).

We also studied the possibility to estimate wood quality in forest by means of a penetrometer (Pilodyn).

The main results are as follows:

— the interprogenies variability is high for wood basic density and wood shrinkage; it is medium for volume yield; it is not significant for pulp yield.

— the selection in forest for wood density and above all volumetric shrinkage is possible.

— there is a slight depressive effect in selfing for dry matter yield.

— there are maternal effects for height growth.

— the specific combining ability is rather poor.

— the interprogenies relationship between growth and volumetric shrinkage is favourable; it is not significant between basic density and growth; however, it is positive between basic density and shrinkage.

— the effect of age in physical wood properties (shrinkage, basic density) is very significant.

— in forest, it is possible to select trees groups for wood density by means of a Pilodyn without raising bark.

Key words: *Betula pendula*, genetic variability, factorial design, increment cores, wood density, shrinkage, pulp yield, Pilodyn.

Introduction

La présente étude, réalisée dans le cadre de la coopération forestière franco-finlandaise, a porté sur le bouleau verruqueux (*Betula pendula* Roth ou *B. verrucosa* Ehrh.) car c'est une essence très importante en Finlande, et aussi parce que l'amélioration génétique de cette espèce est plus avancée que celle des résineux, en particulier du fait de sa floraison précoce.

L'industrie forestière finlandaise la plus importante utilisant le bois de bouleau est celle du contreplaqué, mais dans la confection de panneaux de fibres et de particules, dans la fabrication de pâtes à papier mécaniques, semi-chimiques et chimiques, cette essence est bien représentée, notamment par des bois de petites dimensions. Plus traditionnellement, le bouleau est utilisé en menuiserie et pour la confection de meubles.

Quelques rares études ont pour le moment été entreprises sur la variabilité génétique individuelle de la forme et de la qualité intrinsèque du bois de *Betula pendula*: RAULO (1979) a mesuré la variabilité de descendance open ou résultant de croisements contrôlés provenant d'arbres dispersés sur l'ensemble du territoire finlandais du point de vue de la rectitude de la tige et de la branchaison; il a noté des différences interfamiliales très significatives pour les caractéristiques de rectitude et de branchaison. En outre, les croisements d'arbres très éloignés ne sont pas apparus différents de ceux mettant en jeu des individus situés dans les mêmes peuplements, de même que les transferts de matériel sur de longues distances ne sont apparus ni néfastes, ni positifs.

L'un de nous (P. VELLING, 1979) a effectué des mesures d'infradensité du bois dans deux dispositifs précédemment étudiés par RAULO et comportant 93 et 110 descendance (croisements contrôlés et libres). Elle a observé une variabilité assez importante entre moyennes de descendance (387 à 446 g/dm³ dans un dispositif; 353 à 450 g/dm³ dans l'autre).

Actuellement, on dispose donc de très peu de données concernant la transmission héréditaire des propriétés du bois de bouleau, propriétés importantes pour ses diverses utilisations, telles que densité et rétractibilité; les liaisons génétiques de ces propriétés avec la croissance sont également méconnues. C'est pourquoi cette étude a été entreprise.

Après avoir décrit le matériel végétal et les méthodes de mesures de la qualité, nous étudierons la variabilité de 46 familles issues de croisements contrôlés (plus un témoin), ceci à la fois par analyse de variance dans les descendants et par régression entre les descendances et les moyennes de leurs parents. Ensuite, nous donnerons une estimation des paramètres génétiques classiques à partir d'un plan factoriel constitué de 20 familles extraites de l'échantillon précédent.

2 — Matériel et Méthodes

2.1 — Matériel

2.11 — Arbres-mères

Le matériel de base se compose de 12 bouleaux représentatifs d'un „peuplement de base“ de 2,5 ha situé en Finlande du Sud (commune de TUUSULA) et issu d'une régénération naturelle intervenue vers 1925. Les chercheurs finlandais désignent par „peuplement de base“ un peuplement moyen en ce qui concerne l'accroissement et la qualité externe des tiges, pour la région considérée.

Les 12 arbres-échantillons ont été croisés en 1969; les 46 familles de plein-frères disponibles sont indiquées dans le tableau 1; dans la suite de l'article, chaque famille sera indexée par ses numéros de mère (en tête) et de père.

Remarque: le plan de croisement conçu initialement comportait un nombre d'arbres-parents et de descendances à réaliser beaucoup plus important permettant des interprétations en plan dialèle et en factoriel. Cependant, par suite de problèmes pratiques, seules 46 descendances ont été obtenues, ce qui rendait impossibles les estimations des paramètres génétiques prévues initialement.

Nous avons décidé dans un premier temps d'étudier la variabilité entre les 46 fratries. Ceci interdit certes d'interpréter les variances (et les covariances) en terme de paramètres génétiques classiques (variance génétique additive, . . .), du fait du caractère non adapté du „plan“ de croisement résultant en particulier de la non indépendance des fratries, mais présente l'avantage d'utiliser l'ensemble de l'information disponible. Nous parlerons de variabilité „génétique“ pour la variabilité entre fratries. Pour les corrélations calculées au niveau des moyennes de fratries, nous emploierons plutôt le terme de corrélations inter-populations afin d'éviter une confusion avec les vraies corrélations génétiques. Ces deux types de paramètres expriment des différences ou des relations d'ordre génétique. A ce titre, ils constituent des indications intéressantes pour l'améliorateur.

Dans un deuxième temps, nous avons extrait de ces 46 fratries 20 familles constituant un plan factoriel pour calculer cette fois les paramètres génétiques classiques.

2.12 — Descendants

Le test des 46 descendances auxquelles on avait ajouté un témoin constitué d'un lot de graines d'un peuplement de Finlande de l'Est (commune de SULKAVA) a été installé en 1972 sur un terrain agricole en Finlande du Sud (commune de LÄNGELMAKI). Il s'agissait de plants 1 + 1 (taux de reprise: 93% à l'automne 1972; 77% à l'automne 1976).

Le dispositif est constitué de 6 blocs complets avec 25 plants par parcelle unitaire (espacement de 2 m × 2 m); 564 arbres-échantillons pris au hasard (47 lots × 6 blocs × 2 arbres par parcelle unitaire) ont été étudiés en détail. Il n'y a aucune donnée manquante.

2.2 — Caractères pris en compte. Méthodes de mesure en Finlande:

en Septembre-Octobre 1981, on a mesuré sur les 12 arbres-mères concernés et les 564 descendants:

- le diamètre sur écorce à hauteur d'homme,
- la hauteur totale,
- la fourchaison (uniquement sur les descendants) à l'aide d'une note (note 1: pas de fourche; note 2: présence d'une ou de plusieurs fourches). Nous accorderons une confiance mesurée à cette notation qui se prête difficilement aux analyses de variance.

- la profondeur de pénétration de l'aiguille d'un pilodyn (6 joules; aiguille de 2 mm de diamètre); il s'agit d'un pénétromètre utilisé depuis peu pour estimer la densité du bois et certaines propriétés mécaniques (COWN, 1978a; COWN, 1978b; HOFFMEYER, 1978; HOFFMEYER, 1979; COWN et ANDREW, 1979; COWN, 1980a; COWN 1980b; TAYLOR, 1981). La mesure a été effectuée à hauteur d'homme sur écorce, sur les faces nord et sud de chaque arbre.

A la même date, tous les arbres ont été sondés avec la même tarière de Pressler à bois dur de 5 mm suivant une direction nord - sud (carottes diamétrales pour les descendants; deux carottes prises côté nord et côté sud pour les arbres-mères).

· en France: on a noté:

- les rayons des descendants côté nord et côté sud par mesure des carottes,

- la largeur moyenne des 40 derniers cernes formés sur les arbres-mères; c'est sur la zone ainsi délimitée par radiographie des carottes de sondage (POLGE, 1966) qu'on porté les mesures ultérieures concernant ces individus,

- les retraits longitudinal et tangentiel entre, dans l'ordre, les états saturé et sec à l'air (10% d'humidité pour les descendants; 13% pour les arbres-mères) pour les échantillons correspondant à la face sud des descendants et les faces sud et nord des arbres-mères. Pour les descendants, ces mesures, ainsi que les suivantes, n'ont pas porté sur les cinq premiers mm au voisinage immédiat du coeur (fentes ou pourritures occasionnelles). La mesure de ces deux retraits a été réalisée à l'aide d'un capteur spécialement adapté aux carottes de sondage (JUINO, 1977; FERRAND, 1981) en prenant un pas de 1/2 mm,

- le retrait radial côté sud et côté nord pour l'ensemble des échantillons entre, dans l'ordre, l'état sec à l'air et l'état saturé,

- l'infradensité du bois par la méthode de saturation intégrale (KEYLWERTH, 1954) des côtés nord et sud pris séparément. L'état de saturation maximum a été obtenu par séjour dans l'eau sous vide pendant 4 jours.

- le rendement en fibres obtenu par cuisson au sulfate des côtés sud et nord de chaque carotte pris ensemble afin d'avoir un échantillon de taille suffisante (JANIN, 1972). Ce caractère a été mesuré uniquement sur 282 arbres (un individu pris au hasard dans chaque parcelle unitaire). Les effets „cuisson“ éventuels, toujours possibles malgré les conditions sévèrement contrôlées, ont été éliminés.

On a calculé, à partir de ces données, les paramètres suivants:

- le retrait volumétrique,

- le rapport du retrait tangentiel sur le retrait radial, côté sud,

- le „volume“ de chaque arbre (produit de la hauteur par le carré du diamètre); il s'agit en fait d'un coefficient proportionnel au volume, la formule classique étant:


$$\text{volume} = K \times \text{hauteur} \times (\text{diamètre})^2$$


Tableau 1. — Familles de plein-frères disponibles après les croisements contrôlés.
(Full-sibs families available after the controlled crosses).

Pères \ Mères	3	26	27	31	33	37	40	47
29	+	+	+	+	+	+	+	+
30	+	-	+	+	-	+	-	-
31	+	+	+	-	+	+	+	+
32	+	+	+	+	+	+	-	-
33	+	+	+	+	-	+	+	+
37	+	+	+	-	+	+	+	-
39	-	-	+	-	-	-	-	-
40	+	+	+	+	+	+	-	+

+ croisement disponible

- croisement non disponible

 croisement constituant un factoriel complet à 4 mères et 5 pères

 croisement résultant d'autofécondation ou croisement réciproque

où K est un coefficient de forme qu'on a donc admis constant pour la population étudiée.

— l'infradensité du bois à la hauteur du prélèvement, obtenue en pondérant les valeurs respectives de côtés nord et sud par les longueurs des deux demi-carottes amputées de 5 mm côté cœur pour les descendants et par les longueurs moyennes des 40 cernes pour les arbres-mères. On l'appellera „infradensité pondérée“.

— le poids de matière sèche contenu dans chaque arbre en formant le produit de l'infradensité pondérée par le „volume“. Nous soulignerons ici que ce caractère doit être considéré à titre indicatif étant donné les hypothèses qui devraient être vérifiées pour que sa valeur soit incontestable (coefficient K constant pour tous les arbres, infradensité pondérée représentative de celle de l'arbre entier).

— le poids de fibres estimé pour chaque arbre par le produit du poids de matière sèche par le rendement en fibres (avec les mêmes remarques que pour le caractère précédent).

Nous disposons ainsi d'indications de la production en volume, de la forme des arbres et de paramètres importants pour la qualité du bois:

— des critères de rétractibilité. défaut majeur du bois qui est une cause essentielle de déformations des sciages, mais aussi des placages,

— de l'infradensité: une infradensité forte est en général liée à de bonnes propriétés mécaniques; elle intervient directement dans la production de matière sèche, critère qui est essentiel pour l'industrie papetière et qui pourrait l'être pour une utilisation de la biomasse. Elle pourrait s'avérer être un inconvénient au déroulage ou au tranchage, les bois plus denses étant durs, sans négliger le fait négatif qu'en général infradensité et rétractibilité élevées vont de pair.

Nous avons effectué la plupart des mesures en individualisant les faces nord et sud des arbres, car nous avons voulu voir si les différences nord - sud signalées sous ces latitudes (NYLINDER, 1953 sur l'épicéa; VELLING, 1976 sur l'épicéa et le pin; OLESEN, 1973 sur l'épicéa; KELLOMAKI, 1979a et b) se confirmaient sur notre matériel, et si éventuellement certaines familles réagissaient de manière différente à l'anisotropie nord - sud. Outre cet aspect lié à la physiologie du cambium, il était important de connaître la variabilité intraarbre — a priori maximum dans cette direction — des propriétés du bois car il est très probable que ce paramètre d'hétérogénéité peut jouer dans l'industrie un rôle aussi important que la valeur moyenne au niveau de l'arbre.

Nous avons donc calculé des paramètres d'anisotropie pour les caractères disponibles côté nord et côté sud. Ces paramètres se présentent sous deux formes; par exemple, pour l'infradensité, on a créé:

— (infradensité nord - infradensité sud),

— (infradensité nord - infradensité sud) rapporté à la moyenne des infradensités nord et sud: on parlera dans ce cas d'anisotropie de l'infradensité qu'on exprimera en %.

3 — Variabilité des 47 Populations

3.1 — Analyse de la variance dans le test de descendance et régression entre parents moyens et descendance

On a procédé à une analyse de variance - covariance classique à deux facteurs (effet population et effet bloc) en calculant l'interaction bloc \times population, sauf pour le rendement en fibres et le poids de fibres pour lesquels on n'avait qu'une observation par parcelle unitaire. L'effet „population“ est considéré fixe.

De façon générale, on constate la présence d'une interaction bloc \times provenance, surtout pour les caractéristiques de croissance (Tableau 2). L'effet bloc n'est sensible que pour l'infradensité du bois et les valeurs notées au pilodyn.

En mettant à part les paramètres d'anisotropie, on note pour la qualité du bois un effet population (donc un effet génétique) à l'exception du rendement en fibres, du retrait longitudinal et du retrait radial, côté sud. Les valeurs des F sont particulièrement élevées pour l'infradensité du bois et le retrait tangentiel (ainsi que pour le retrait volumétrique très lié au précédent), avec des extrêmes assez éloignés (plus de 70 g/dm³ pour l'infradensité et 3,4 % pour le retrait volumétrique). L'écart significatif à 1% pour la hauteur rejoint les observations de RAULO et KOSKI (1977). En revanche, la valeur du F population (1,45) est juste significative à 5% pour le volume de l'arbre, ainsi que pour le poids de matière sèche. Elle n'est pas significative pour le poids de fibres.

En ce qui concerne les paramètres mesurant l'anisotropie, un effet „population“ apparaît seulement pour la croissance et, avec un F seulement significatif à 5%, pour l'infradensité du bois.

La provenance „témoin“ se trouve relativement proche des 47 populations, à l'exception peut-être de la hauteur totale pour laquelle elle s'avère être la meilleure.

Les coefficients de corrélation entre les parents moyens et les moyennes de descendance concernent 46 observations. A la lecture des résultats, il semble que seule serait

Tableau 2. — Résultats des analyses de variance dans les 47 populations (46 descendances et 1 témoin) et corrélations entre parent moyen et moyenne des descendances. (Results of variance analysis in 47 populations (46 progenies and 1 control) and correlations between mean parent-tree and progeny mean).

Caractères	Moyenne générale	Ecart-type résiduel	F interaction	F bloc	F population	Moyenne du témoin	Moyennes de populations extrêmes	Corrélations entre parent moyen et moyenne des descendances.
Diamètre à 1,30 m	75 mm	13	1,38 **	0,99 NS	1,48 *	73 mm	64 mm - 83 mm	-.090 NS
Hauteur totale	83 dm	9	1,62 **	9,46 **	2,28 **	89 dm	74 dm - 89 dm	.016 NS
Fourche	1,10	0,28	1,17 NS	0,93 NS	1,47 *	1,1	1,00 - 1,50	-
Pilodyn nord	14,6 mm	1,6	0,94 NS	7,67 **	2,79 **	15,6 mm	12,8 mm - 16,3 mm	-.543 **
Pilodyn sud	14,5 mm	1,6	1,10 NS	6,17 **	2,45 **	14,5 mm	12,9 mm - 16,0 mm	-.552 **
"Volume" de l'arbre	50 dm ³	22	1,43 **	2,32 *	1,46 *	50	33 dm ³ - 66 dm ³	-.063 NS
Longueur carotte nord	33,6 mm	6,3	1,32 *	0,98 NS	1,53 *	33 mm	29,0 mm - 37,8 mm	.263 NS
Longueur carotte sud	34,2 mm	6,2	1,82 **	0,99 NS	1,37 *	35 mm	28,9 mm - 39,4 mm	-.118 NS
Retrait longitudinal sud	0,55 %	0,34	1,02 NS	1,64 NS	1,21 NS	0,35 %	(0,31 % - 0,88 %)	.082 NS
Retrait tangentiel sud	10,09 %	0,93	1,26 *	1,00 NS	3,48 **	9,94 %	9,11 % - 11,32 %	.414 **
Retrait radial nord	3,28 %	0,65	1,00 NS	1,39 NS	1,63 **	3,25 %	2,77 % - 3,93 %	.183 NS
Retrait radial sud	3,34 %	0,78	1,07 NS	2,70 *	1,20 NS	3,40 %	(2,88 % - 3,84 %)	-.183 NS
Retrait tangentiel/Retrait radial sud	3,18	0,80	1,35 **	1,39 NS	1,57 **	3,02	2,71 - 3,92	-.218 NS
Retrait volumétrique sud	14,4 %	1,3	1,01 NS	2,54 *	3,25 **	14,1 %	12,9 % - 16,3 %	.192 NS
Infradensité nord	431 g/dm ³	20	1,34 **	6,04 **	6,96 **	426 g/dm ³	392 g/dm ³ -464 g/dm ³	.309 *
Infradensité sud	436 g/dm ³	28	0,78 NS	3,07 **	3,86 **	426 g/dm ³	392 g/dm ³ -465 g/dm ³	.319 *
Infradensité pondérée	433 g/dm ³	21	1,01 NS	5,53 **	6,11 **	426 g/dm ³	392 g/dm ³ -464 g/dm ³	.298 *
Poids de matière sèche	21,6 kg	9,8	1,43 **	2,67 *	1,45 *	21,1 kg	14,3 kg-28,0 kg	.098 NS
Pendement en fibre	49,9 %	0,7	-	0,95 NS	1,40 NS	49,2 %	(49,2% - 50,7%)	-
Poids de fibres	10,8 kg	5,4	-	1,92 NS	0,97 NS	12,4 kg	(7,1 kg-15,9 kg)	-
Pilodyn nord-Pilodyn sud	1,4 mm	1,5	1,03 NS	1,59 NS	1,04 NS	1,1 mm	(+0,9 mm - +1,1 mm)	-.024 NS
Longueur carotte nord - Longueur carotte sud	-0,6 mm	3,7	1,33 *	1,48 NS	1,72 **	-1,5 mm	(-3,1 mm - +2,1 mm)	.133 NS
Retrait radial nord - Retrait radial sud	-0,07 %	0,93	0,83 NS	0,73 NS	0,72 NS	-0,15 %	(-0,53 % - +0,42 %)	.137 NS
Infradensité nord - Infradensité sud	- 5 g/dm ³	26	0,83 NS	0,33 NS	1,42 *	0 g/dm ³	-35 g/dm ³ - +19 g/dm ³	.287 NS
Anisotropie Pilodyn	1 %	11	1,00 NS	1,52 NS	1,03 NS	7 %	(-6 % - +7 %)	-.274 NS
Anisotropie longueur carotte	-2 %	11	1,27 *	1,52 NS	1,70 **	-4 %	- 10 % - +7 %	.032 NS
Anisotropie retrait radial	-2 %	22	0,95 NS	0,53 NS	0,85 NS	-5 %	(-13 % - +13 %)	.196 NS
Anisotropie infradensité	-1 %	6	0,85 NS	0,27 NS	1,48 *	0 %	-8 % - +4 %	.475 **

* tests non significatifs ; ** tests significatifs à 5 % ; *** tests significatifs à 1 %.

Tableau 3. — Comparaison du bois adulte et du bois jeune chez *Betula pendula*. (Comparison between mature and juvenile wood in *Betula pendula*).

Caractères	Bois adulte 40 cernes entre 17 et 56 ans	Bois jeune 10 cernes entre 3 et 12 ans	Valeur du du test t (45 ddl)
Retrait longitudinal sud	0,49 %	0,55 %	2,77 **
Retrait tangentiel sud	8,95 %	10,09 %	12,44 **
Retrait radial nord	1,19 %	3,27 %	35,85 **
Retrait radial sud	1,23 %	3,35 %	31,23 **
Retrait tangentiel/retrait radial sud	8,58	3,18	17,45 **
Retrait volumétrique sud	10,7 %	14,4 %	26,19 **
Infradensité nord	571 g/dm ³	431 g/dm ³	54,15 **
Infradensité sud	570 g/dm ³	436 g/dm ³	51,99 **
Retrait radial nord - retrait radial sud	- .04 %	- .07 %	0,37 NS
Infradensité nord - infradensité sud	1 g/dm ³	6 g/dm ³	1,02 NS
Anisotropie retrait radial	- 1 %	- 2 %	0,23 NS
Anisotropie infradensité	- 1 %	0 %	5,59 **

efficace une sélection en forêt portant sur la rétractibilité tangentielle et l'infradensité du bois. Pour les paramètres d'anisotropie, seul apparaît statistiquement positif le coefficient concernant l'anisotropie de l'infradensité (0,475 **). Pour les autres caractères qui présentaient des F populations significatifs, mais plus faibles que pour le retrait tangentiel et l'infradensité, le contrôle héréditaire mesuré par régression parents — descendants n'apparaît plus. Il s'agit d'un cas assez fréquent en amélioration des arbres forestiers: pour les caractères qui présentent une variabilité génétique significative, mais toutefois faible, lorsque l'on compare des groupes d'apparentés par analyse de variance, la sélection en forêt n'est pas toujours efficace, les effets du milieu devenant alors très importants.

Les mesures relatives au pilodyn seront examinées au paragraphe 3.4.

3.2 — Comparaison entre bois adulte et bois jeune

Nous avons comparé certaines propriétés moyennes du bois des arbres-mères à celles des descendants.

— pour les arbres-mères: il s'agit des 40 cernes côté écorce, donc du bois produit entre la 17e et la 56e année après la graine (régénération intervenue en 1925),

— pour les descendants: le bois étudié correspond à 12 années après la graine, moins les 2 ou 3 années les plus proches du coeur (voir 2.2.).

Les 46 couples correspondant chacun à la moyenne des parents concernés et à celle des familles de plein-frères ont été comparés par la méthode des séries appariées. L'impact

de l'âge apparaît extrêmement important chez *Betula pendula*. Les résultats du Tableau 3 indiquent que les retraits (longitudinal, tangentiel, radial et volumétrique) sont beaucoup plus élevés dans le bois jeune. En revanche, l'infradensité est beaucoup plus faible (435 contre 570 g/dm³ environ). Seul le rapport entre retrait tangentiel et retrait radial est à l'avantage du bois jeune.

Il n'y a pas différence significative entre les deux types de bois en ce qui concerne les paramètres d'anisotropie; la différence pour „Anisotropie infradensité“, qui n'apparaît pas pour „infradensité nord - infradensité sud“ n'est que le reflet de l'écart considérable sur les infradensités.

On pourrait certes attribuer ces écarts à un effet de la station ou de la sylviculture, cette dernière se répercutant sur la largeur de cerne (2,1 mm pour les arbres-mères; 2,8 mm pour les descendants).

On pense davantage à la présence de bois juvénile chez les descendants, bois dont les caractéristiques particulières relativement au bois adulte ont été fréquemment soulignées pour les essences feuillues et résineuses (POLGE, 1964). En ce qui concerne la densité du bois, ceci rejoint bien les observations d'autres auteurs sur le bouleau (P. VELLING, 1979 op. cit.; HAKKILA, 1966 et 1979; LONNBERG, 1975 sur *Betula pubescens*).

L'impact de l'âge apparaît donc extrêmement important pour les propriétés du bois de bouleau.

3.3 — Cas particulier des croisements réciproques et de la descendance résultant d'autofécondation

La Figure 1 situe les croisements réciproques et la descendance résultant d'autofécondation par rapport à l'ensemble des autres croisements pour un certain nombre de caractères où l'analyse de variance a révélé un F population significatif à 1%: hauteur totale, retrait volumétrique, infradensité pondérée, poids de matière sèche, longueur de carotte nord - longueur de carotte sud. Les différences significatives présentées servent à comparer à chaque fois les deux croisements réciproques au seuil de 5%. On a donc:

$$\text{différence significative (d.s.)} = t \left(\frac{0,05}{2}; 282 \text{ ddl} \right) \times \sqrt{\frac{2 \times \sigma^2}{12}}$$

σ^2 était la variance résiduelle ayant ici 282 degrés de liberté qui est divisée par 12, nombre d'individus par population. Le t tabulé est voisin de 1,95.

Le caractère très incomplet et imparfait du plan de croisement nous permet seulement d'avoir une idée assez qualitative de l'effet de l'autofécondation ne portant que

Tableau 4. — Dépression due à la consanguinité pour le génotype 37. (Inbreeding depression for genotype 37).

Caractères Croisements	Hauteur totale à 12 ans dm	Diamètre à 12 ans mm	Retrait volumétrique côté sud %	Infradensité pondérée g/dm ³	Poids de matière sèche kg
33 - 37	88	80	15,3	448	27,4
37 - 33	77	74	14,8	441	20,1
40 - 37	88	77	13,8	424	23,5
37 - 40	81	72	14,3	432	19,4
37 - 37	83	74	14,4	428	21,0
Dépression due à la consanguinité (%)	1%	2%	- 1%	2%	7%

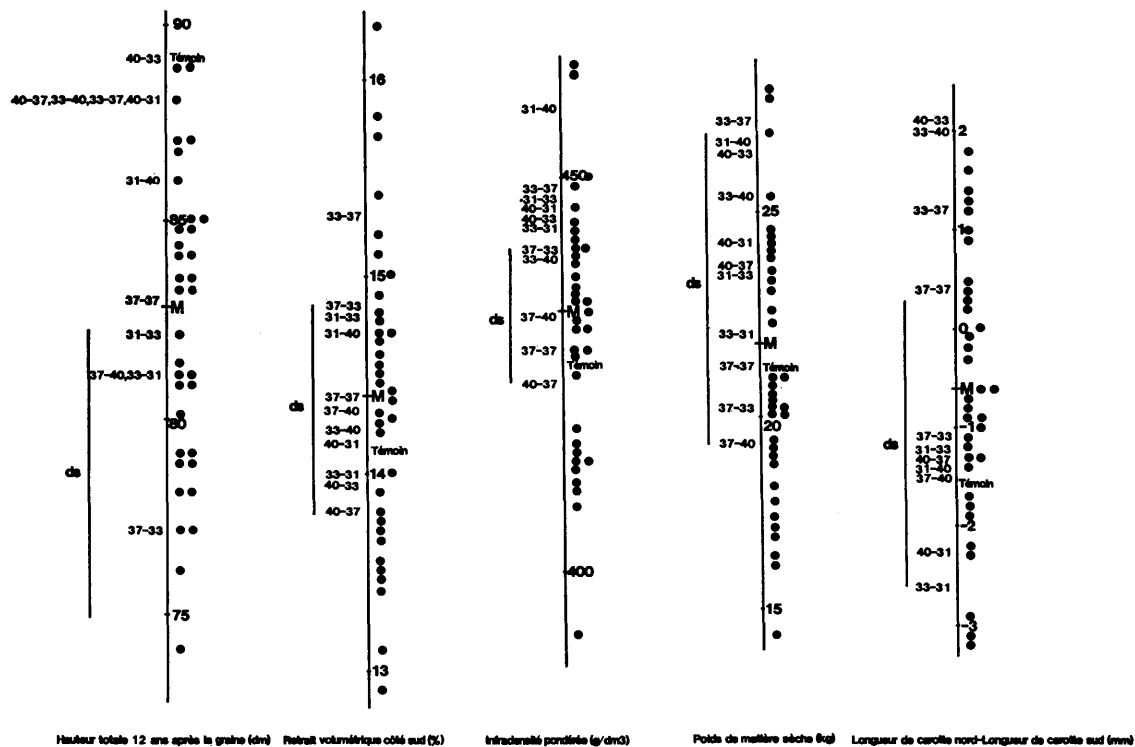


Figure 1. — Variabilité des fratries étudiées. Les croisements réciproques et le croisement résultant d'autofécondation figurent à gauche. (Interprogeny variability in some characteristics. The reciprocal crosses and the selfing are on the left. (M: general mean; d.s.: significant difference).
M = moyenne générale.
ds = différence significative.

sur un seul individu. Il aurait fallu disposer d'un plan dialèle complet pour calculer la dépression due à la consanguinité.

En nous inspirant du mode de calcul rappelé par KREMER (1976), et en ne considérant que les croisements mettant en jeu les arbres 33, 37 et 40 où l'arbre 37 intervient, soit comme père, soit comme mère, on peut calculer sur quelques caractères la dépression due à la consanguinité pour le génotype 37. Dans le cas précis de ce génotype, l'effet de l'autofécondation apparaît faible pour la hauteur, le diamètre, l'infradensité du bois et le retrait volumétrique. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le bouleau, espèce pionnière, présenterait déjà naturellement un taux d'autofécondation non négligeable. Par conséquent, les arbres 33, 37 et 40, en provenance d'un même peuplement de surface réduite, seraient déjà eux-mêmes fortement consanguins. Notons que les effets légèrement dépressifs sur les trois premiers caractères conduisent cependant à une chute assez sensible (7%) sur le poids de matière sèche qui est calculé à partir des trois paramètres en question.

Ces quelques données sur l'effet de la consanguinité gagneraient naturellement à être reprises sur un échantillonnage plus important.

Les croisements réciproques ne diffèrent jamais significativement (Figure 1) pour le retrait volumétrique, l'infradensité, le poids de matière sèche et le paramètre d'anisotropie représenté par „longueur de carotte nord - longueur de carotte sud“. En revanche, pour la hauteur totale à 12 ans, certains croisements réciproques sont très différents: il s'agit en particulier de ceux mettant en jeu les parents 37 et 33 (différence de 7 dm). Dans ces deux cas, il semblerait que l'individu 37 utilisé comme mère ait un effet dépressif. En revanche, les autres croisements réciproques sont très proches les uns des autres (différences de 1 à 2

dm). On peut penser à la présence d'effets maternels déjà signalés dans la littérature pour expliquer ces phénomènes.

3.3 — Liaisons entre caractères

Nous étudierons à part les liaisons mettant en jeu les mesures au pilodyn.

On s'intéressera aux corrélations calculées par l'analyse de variance - covariance aux niveaux des moyennes de populations et des individus à l'intérieur des populations en se limitant aux cas des caractères les plus importants et, en ce qui concerne le niveau entre moyennes de populations, aux corrélations entre caractères présentant tous deux une variabilité population significative.

Les liaisons interpopulations, c'est-à-dire, à très peu près, génétiques (au sens de la remarque du paragraphe 2.11) sont globalement favorables entre la vigueur et la rétractibilité, puisque négatives; on note aussi à ce niveau une indépendance vigueur - infradensité que rejoint tout à fait les résultats de P. VELLING (1979, op. cit.). Il faut aussi remarquer que, malgré le mode de calcul du poids de matière sèche, l'infradensité n'apparaît pas liée à ce caractère; c'est en revanche le cas pour les paramètres de vigueur. On peut donc affirmer que la sélection sur la seule infradensité dans le cadre d'un objectif „biomasse“ n'aurait pas d'effet sensible sur la production de matière sèche.

Pour ces couples de caractères, les corrélations intrapopulation qui intègrent une partie des effets génétiques et les effets dus au milieu sont sensiblement différents des corrélations entre populations, sauf pour le couple retrait radial nord - vigueur. En particulier, la liaison retrait tangentiel (et volumétrique) - vigueur n'est plus significative, alors qu'il apparaît quelques coefficients positifs, bien que faibles, entre vigueur, poids de matière sèche d'une part, infradensité côté sud d'autre part.

Tableau 5. — Liaisons entre caractères aux niveaux inter- et intrapopulation. (Intercharacteristics relationships at inter- and intrapopulation levels).

	Diamètre à 1,30m	Hauteur totale		Volume de l'arbre		Retrait longitudinal		Retrait tangentiel sud		Retrait radial nord		Retrait radial sud		Retrait tangentiel / Retrait radial sud		Retrait volumétrique sud		Infradensité nord		Infradensité sud		Infradensité pondérée		Poids de matière sèche		Rendement en fibres			
Hauteur totale	648**	768**																											
"Volume" de l'arbre	958**	786**																											
Retrait longitudinal sud	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	
	239**	189**	249**	151**	325*	176**	555**	531**	287**	764**	650**	842**	961**	910**	267**	224**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	
Retrait tangentiel sud	520**	385**	512**	151**	325*	176**	555**	531**	287**	764**	650**	842**	961**	910**	267**	224**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	
	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Retrait radial nord	324*	NS	-300*	ps	325*	176**	555**	531**	287**	764**	650**	842**	961**	910**	267**	224**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	
	141*	NS	-122*	ps	325*	176**	555**	531**	287**	764**	650**	842**	961**	910**	267**	224**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	
Retrait radial sud	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	
	-152**	NS	-131*	NS	-145*	176**	555**	531**	287**	764**	650**	842**	961**	910**	267**	224**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	
Retrait tangentiel/ Retrait radial sud	NS	-312*	NS	ps	555**	531**	287**	764**	650**	842**	961**	910**	267**	224**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**
	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Retrait volumétrique sud	-493**	NS	-470**	ps	901**	463**	577**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	NS	NS	NS	NS	471**	674**	577**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Infradensité nord	-286*	NS	NS	ps	621**	541**	ps	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	NS	NS	NS	NS	119*	144*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Infradensité sud	NS	NS	NS	ps	511**	400**	ps	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	170**	170**	178**	433**	143*	NS	202**	-146*	361**	481**	842**	961**	910**	267**	224**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	162**	299**	194**	
Infradensité pondérée	NS	NS	NS	ps	587**	488**	ps	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	NS	128*	125*	350**	153**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Poids de matière sèche	905**	802**	974**	NS	-385**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	963**	820**	993**	282**	NS	NS	-118*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Rendement en fibres	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	
	195**	175**	189**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Poids de fibres	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	ps	
	968**	854**	994	134*	NS	-197**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

Chiffre du haut: corrélation interpopulation (46 degrés de liberté).

Chiffre du bas: corrélation intrapopulation (282 degrés de liberté) sauf pour le rendement en fibres où elle a 230 degrés de liberté.

NS: corrélation non significative au seuil de 5%.

*: corrélation significative au seuil de 5%.

** : corrélation significative au seuil de 1%.

ps: corrélation sans signification (effet „population“ non significatif sur l'un ou l'autre des caractères).

Les corrélations sont multipliées par 1 000 comme dans l'ensemble des autres tableaux.

Globalement, on peut dire que les retraits et les infradensités varient dans le même sens aux niveaux inter et intra populations: c'est un cas assez classiquement observé sur d'autres essences feuillues. L'indépendance entre vigueur et densité, voire la très légère liaison positive au niveau intrapopulation rejoint bien les observations, au niveau phénotypique, d'ERICSON et PERSSON (1970) et DE GISLERUD (1974) sur *Betula pubescens*. La corrélation positive relevée par HICKS *et al.* (1974) sur *Betula nigra* (corrélation au demeurant assez faible) dément un peu ces propos.

Le rendement en fibres semble un peu plus fort pour les individus vigoureux. Il n'est pas lié aux autres critères de qualité du bois. Le poids de fibres dépend surtout de la croissance, faiblement de la densité du bois et du rendement en fibres.

3.4 — Liaisons avec les mesures au pilodyn

Le tableau 6 donne les corrélations mettant en jeu les mesures au pilodyn et les infradensités.

On a aussi fait figurer les rétractibilités tangentielle et volumétrique qui sont très liées à l'infradensité (voir Tableau 5) afin de voir si le caractère prédictif des mesures au pilodyn pour l'infradensité était suffisant pour mettre en évidence des différences concernant ces rétractibilités, ainsi que les caractéristiques de vigueur (longueur de carotte nord et sud).

Il apparaît nettement des liaisons significatives entre mesures au pilodyn (effectuées sur écorce rappelons-le) et l'infradensité: les coefficients sont classiquement négatifs; plus la densité est élevée, moins la pénétration de l'aiguille du pilodyn est importante. Cependant, si la prédiction de l'infradensité par les mesures au pilodyn apparaît bonne sur les moyennes de populations appréciées chacune à l'aide de 12 observations (voir Figure 2), les valeurs p_{NS} faibles, bien que significatives, au niveau global et au niveau intrapopulation inciteront à la prudence pour engager une sélection individuelle sur l'infradensité à l'aide du pilodyn. Dans le cas de jeunes bouleaux, on pourrait par exemple utiliser cet appareil pour un premier tri en forêt avec vérification des infradensités des sujets sélectionnés en laboratoire.

On peut observer que la faiblesse relative de cette liaison intrapopulation infradensité - mesure au pilodyn ne peut sans doute pas être attribuée à une erreur expérimentale de la méthode de mesure au pilodyn plus importante que pour l'infradensité; en témoigne le fait que les liaisons entre les côtés nord et sud sont de même importance dans les deux cas (1ère ligne du Tableau 6). Ceci suggère que la mesure au pilodyn pourrait être un bon révélateur de certaines caractéristiques physiques ou mécaniques du bois de bouleau appréciées indirectement jusqu'à présent par l'infradensité du bois. Les corrélations interpopulations en-

Tableau 6. — Liaisons entre les mesures au pilodyn et celles d'infradensité ainsi que quelques autres caractéristiques. (Relationships between measures with pilodyn and basic density and some other characteristics).

	Corrélations sur l'ensemble des observations (563 ddl)	Corrélations intrapopulations (282 ddl)	Corrélations interpopulations (46 ddl)
Pilodyn nord x Pilodyn sud	614 **	548 **	822 **
(Infradensité nord x Infradensité sud)...	(614 **)	(481 **)	(842 **)
Pilodyn nord x Infradensité nord	-427 **	-310 **	-860 **
Pilodyn sud x Infradensité sud	-366 **	-210 **	-736 **
Pilodyn nord x Infradensité pondérée	-395 **	-229 **	-841 **
Pilodyn sud x Infradensité pondérée	-416 **	-273 **	-772 **
(Pilodyn nord - Pilodyn sud) x (Infradensité nord - Infradensité sud)...	-154 **	-153 **	ps
Anisotropie pilodyn x Anisotropie Infradensité	-155 **	-145 **	ps
Pilodyn sud x Retrait tangentiel sud	-155 **	-022 NS	-610 **
(Infradensité sud x Ret. tang. sud)	(185 **)	(143 *)	(511 **)
Pilodyn sud x Retrait volumétrique sud...	-200 **	-069 NS	-602 **
(Infradensité sud x Ret. vol. sud)	(365 **)	(361 **)	(575 **)
Pilodyn sud x Longueur carotte sud	451 **	526 **	476 **
(Infradensité sud x Long. carot. sud)....	(048 NS)	(156 **)	(-234 NS)
Pilodyn nord x Longueur carotte nord	479 **	414 **	394 **
(Infradensité nord x Long. carot. nord) ..	(-031 NS)	(-063 NS)	(-346 *)
(Pilodyn nord - Pilodyn sud) x (Long. carot. nord - Long. carot. sud)...	006 NS	013 NS	ps
[(Infradensité nord - Infradensité sud) x (Long. carot. nord - Long. carot. sud)]...	(-166 **)	(-154 **)	(-360 *)
Anisotropie Pilodyn x Anisotropie Longueur carotte	021 NS	031 NS	ps
[(Anisotropie Infradensité x Anisotropie Longueur carotte)].....	(-175 **)	(-171 **)	(-384 **)

tre mesure au pilodyn d'une part, et rétractibilités tangentielle et volumétrique d'autre part, aussi élevées qu'avec l'infradensité, en sont une indication. Un autre fait révélateur de cette hypothèse est que les liaisons des mesures au pilodyn et de la vitesse de croissance (appréciée par la longueur de la carotte) sont élevées (même plus élevées au niveau intrapopulation que les liaisons entre mesures au pilodyn et infradensité), alors que la liaison vigueur - infradensité n'est pas significative.

Les corrélations intéressantes entre mesure au pilodyn et infradensité pourraient suggérer, comme on l'a dit, l'organisation d'une sélection phénotypique en forêt à l'aide du pilodyn sur bouleaux adultes (mesures sur écorce).

On note que la relation pilodyn - infradensité, qui est très significative entre moyennes de descendances (-0,870 ** et -0,720 **) ne l'est plus chez les arbres mères (0,018 NS et 0,183 NS) Ceci pourrait s'expliquer par le fait que l'écorce des arbres-mères est beaucoup plus épaisse (20 mm en-

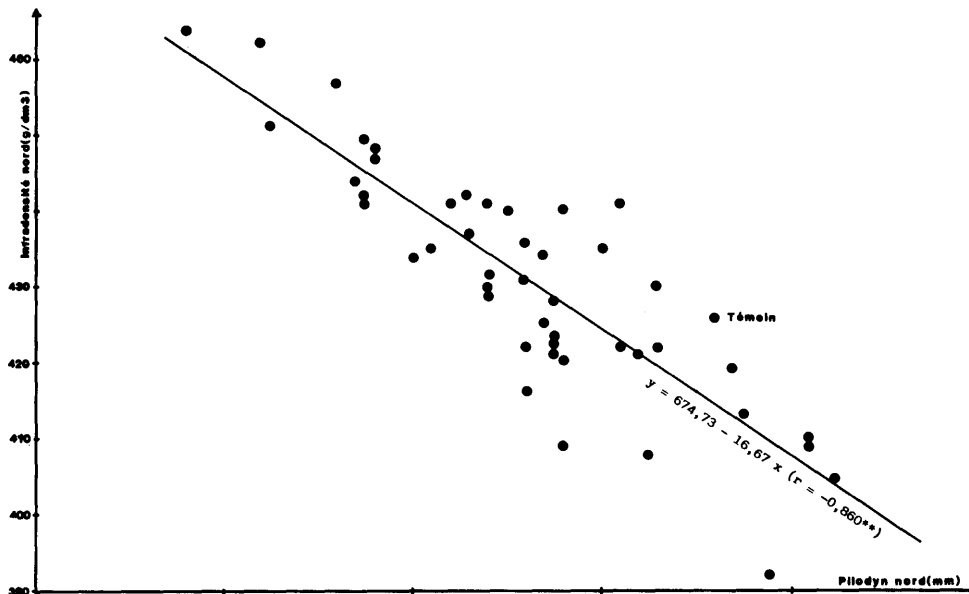


Figure 2. — Relation entre l'infradensité du bois et la mesure au Pilodyn au niveau interpopulation. Côté nord. (Relationship between wood basic density and measure with pilodyn at interpopulation level).

viron) que celle des descendants (2 ou 3 mm); la pénétration de l'aiguille du pilodyn dans l'écorce est d'ailleurs beaucoup plus importante puisqu'en moyenne elle atteint 27 mm chez les parents contre 15 mm chez les descendants. On peut donc dire que l'aiguille du pilodyn s'est enfoncée essentiellement dans de l'écorce chez les parents et dans du bois chez les descendants. Elle donnerait donc une information sur la densité (ou l'épaisseur) de l'écorce dans le premier cas et de celle du bois dans le second.

La pénétration beaucoup plus importante - essentiellement dans l'écorce - chez les parents rend assez bien compte du fait que, à la différence de ce qui se produit pour les arbres jeunes, la densité à l'état vert de l'écorce crevassée d'arbres âgés est inférieure à celle du bois lui faisant suite (KÄRKKÄINEN, 1977; TAMMINEN, 1970).

On notera qu'en prenant l'infradensité chez les parents et les mesures au pilodyn chez les descendants, on retrouve des valeurs „classiques“ très proches du seuil de signification ($-0,331 *$ et $-0,275$ NS) rendant bien compte de la liaison mesures au pilodyn - infradensité fortement négative chez les descendants et de la liaison significative parent moyen - descendant pour l'infradensité.

Cependant, l'information fournie par le pilodyn chez les parents apparaît être un bon indicateur de l'infradensité des descendants ($r = 0,577 **$ et $0,411 **$ suivant l'orientation), même si l'on ne s'explique pas les valeurs positives tout à fait inattendues; la corrélation est inférieure si on utilise l'infradensité des parents ($r = 0,298 *$ à $0,319 *$); ceci rend bien compte de la bonne liaison entre les mesures au pilodyn chez les arbres-mères et les descendants ($r = -0,543 **$ et $-0,552 **$). Ceci indiquerait donc que les parents à écorce la moins dense (ou la plus épaisse) auront une descendance à bois dense, sans toutefois que l'infradensité du bois des dits parents soit liée à la densité (ou à l'épaisseur) de leur écorce; l'explication de ce phénomène demanderait d'autres mesures: épaisseur et densité de l'écorce, ...

Observons également que la liaison entre les côtés nord et sud pour les mesures au pilodyn chez les parents est très significative ($0,583 **$); c'est bien le signe que la prise de cette donnée sur écorce a une signification.

On peut donc conclure à l'intérêt du pilodyn pour sélectionner des populations de bouleau à un état juvénile, c'est-à-dire présentant une écorce fine, par une mesure sur écorce. L'utilisation en forêt pour sélectionner des phénotypes supérieurs, toujours en procédant à une prise de données sur écorce, soulève des problèmes dont l'étude précise devrait être la source d'informations très intéressantes.

4 — Estimation des paramètres génétiques à partir du plan factoriel

Le *Tableau 1* indique que l'on disposait de 20 croisements constituant un plan factoriel complet à 5 pères et 4 mères (240 individus pour la plupart des caractères; 120 individus pour le rendement en fibres et le poids de fibres). Ce type de plan nous a permis, sous certaines hypothèses, d'estimer différents paramètres intéressants tels que:

- la variance V_A des effets génétiques additifs,
 - la variance V_D des effets génétiques non additifs,
- et d'apprécier par là même les héritabilités au sens strict et au sens large des caractères étudiés (BECKER, 1967; KREMER, 1976 op. cit.).

Chaque valeur individuelle a été corrigée par la moyenne de son bloc.

Dans le *Tableau 8*, les signes *, ** et NS indiquent la signification des effets „père“, „mère“ et de l'interaction „père-mère“ dans l'analyse de variance; la signification contre zéro des estimations des variances génétiques et des héritabilités en découle. Avant d'analyser dans le détail les résultats, il convient d'avoir à l'esprit les remarques suivantes:

- les variances „père“, „mère“, et dans une mesure moindre, la variance de l'interaction „père-mère“ sont obtenues avec un très faible nombre de degrés de liberté. Les estimations des variances génétiques et, par suite, les héritabilités qu'on en déduit sont donc entachées d'une très forte erreur d'échantillonnage. On ne doit donc retenir de ces estimations que l'ordre de grandeur, voire le caractère significatif ou non. C'est cette considération qui nous a dissuadés de présenter les corrélations génétiques, génotypiques, dues au milieu et phénotypiques entre caractères; les intervalles de confiance de tels coefficients

Tableau 7. — Intérêt d'une utilisation du pilodyn pour une sélection phénotypique en forêt sur l'infradensité. (Interest in use of the pilodyn for a phenotypic selection in forest for basic density).

CARACTÈRES CONSIDÉRÉS	Valeur et signification du coefficient de corrélation (1) à 45 degrés de liberté
Infradensité pondérée parents x Infradensité pondérée descendants	298 *
Infradensité nord parents x Infradensité nord descendants	309 *
Infradensité sud parents x Infradensité sud descendants	319 *
Pilodyn nord parents x Pilodyn nord descendants	-543 **
Pilodyn sud parents x Pilodyn sud descendants	-552 **
Pilodyn nord parents x Infradensité nord parents	018 NS
Pilodyn sud parents x Infradensité sud parents	183 NS
Pilodyn nord descendants x Infradensité nord descendants	-870 **
Pilodyn sud descendants x Infradensité sud descendants	-720 **
Pilodyn nord parents x Infradensité nord descendants	577 **
Pilodyn sud parents x Infradensité sud descendants	411 **
Infradensité nord parents x Pilodyn nord descendants	-331 *
Infradensité sud parents x Pilodyn sud descendants	-275 NS
Infradensité nord parents x Infradensité sud parents	848 **
Infradensité nord descendants x Infradensité sud descendants	810 **
Pilodyn nord parents x Pilodyn sud parents	583 **
Pilodyn nord descendants x Pilodyn sud descendants	838 **

(1) : suivant les caractères considérés, les coefficients de corrélation sont calculés entre:
 — les moyennes des 46 descendance (témoin exclu contrairement aux tableaux 5 et 6)
 — les valeurs des 46 parents moyens.

Tableau 8. — Décomposition de la variance phénotypique pour quelques caractères — Héritabilités au sens strict et au sens large. (Phenotypic variance analysis in some characteristics. Narrow and broad senses heritabilities).

Caractères	Unités	Variance père (5 pères) σ^2_p	Variance mère (4 mères) σ^2_m	Variance interaction père x mère σ^2_{pa}	Variance résiduelle (220 ddl) σ^2_e	Variance phénotypique V_p	Estimation de la variance des effets génétiques additifs V_A	Estimation de la variance des effets génétiques non additifs V_D	Estimation de l'héritabilité au sens strict V_A/V_p	Estimation de l'héritabilité au sens large $(V_A + V_D)/V_p$
Diamètre à 1,30 m	(mm)	1,04 NS	6,00 NS	13,12 *	175,32	195,48	12,66 NS	52,48 *	0,065 NS	0,333 *
Hauteur totale	(dm)	0,00 NS	8,00 *	5,60 NS	102,24	115,84	13,71 *	22,40 NS	0,118 *	0,312 *
Pilodyn nord	(mm)	0,2126**	0,1506**	0,0000 NS	2,7051	3,0683	0,7441 **	0,0000 NS	0,243 **	0,243 **
Pilodyn sud	(mm)	0,1327 *	0,1946**	0,0000 NS	2,8001	3,1274	0,6369 **	0,0000 NS	0,204 **	0,204 **
* Volume de l'arbre	(dm ³)	0,00 NS	18,33 NS	36,47 *	546,31	601,11	31,42 NS	145,88 *	0,058 NS	0,267 *
Long. carot. nord	(mm)	1,43 NS	1,01 NS	2,18 NS	42,22	46,84	5,00 NS	8,72 NS	0,107 NS	0,293 NS
Long. carot. sud	(mm)	0,00 NS	3,77 *	3,24 *	40,11	47,12	6,46 *	12,96 *	0,137 *	0,412 *
Ret. long. sud	(%)	0,0000 NS	0,0039 NS	0,0006 NS	0,1340	0,1385	0,0067 NS	0,0024 NS	0,048 NS	0,066 NS
Ret. tang. sud	(%)	0,0620 NS	0,1690 **	0,0198 NS	1,0932	1,3440	0,4314 **	0,0792 NS	0,321 **	0,380 **
Ret. radial nord	(%)	0,0347 NS	0,0000 NS	0,0205 NS	0,4998	0,550	0,0793 NS	0,0820 NS	0,143 NS	0,291 NS
Ret. radial sud	(%)	0,0000 NS	0,0000 NS	0,0303 NS	0,8132	0,8435	0,0000 NS	0,1212 NS	0,000 NS	0,144 NS
Ret. tang./Ret. rad. sud		0,0000 NS	0,0000 NS	0,0745 *	0,7952	0,8697	0,0000 NS	0,2980 *	0,000 NS	0,343 *
Ret. volumétrique sud (%)		0,1788 *	0,2800 **	0,0300 NS	2,3874	2,8762	0,8887 **	0,1200 NS	0,309 **	0,351 **
Infradensité nord g/dm ³		99,28 **	44,77 *	12,20 NS	534,94	691,19	303,67 **	48,80 NS	0,439 **	0,510 **
Infradensité sud g/dm ³		17,24 NS	33,48 NS	39,79 NS	764,51	855,02	96,80 NS	159,16 NS	0,113 NS	0,299 NS
Infradensité pondérée g/dm ³		52,05 *	33,70 NS	37,43 *	475,48	600,66	180,17 *	149,72 *	0,300 *	0,549 *
Poids de mat. sèche (kg)		0,00 NS	1,86 NS	8,06 *	109,05	118,97	3,19 NS	32,24 *	0,027 NS	0,298 *
Rendement fibres (%)		0,0000 NS	0,0853 **	0,0000 NS	0,7303	0,8156	0,1462 **	0,0000 NS	0,179 **	0,179 **
Poids de fibres kg		0,00 NS	2,66 *	0,00 NS	24,47	27,13	4,55 *	0,00 NS	0,168 *	0,168 *
Anisotropie Long. carot.		6,75 *	5,69 *	0,00 NS	119,33	131,77	25,18 *	0,00 NS	0,191 *	0,191 *
Anisotropie - Infradensité (%)		1,14 **	0,30 NS	0,00 NS	35,02	36,46	3,12 **	0,00 NS	0,086 **	0,086 **

sont si importants dans le cas d'un faible échantillonnage que l'intérêt de leur calcul n'est pas justifié (BECKER, 1967 op. cit.).

— les variances „mère“ pourraient donner des estimations de $1/4V_A$ dépassant sensiblement celles fournies par les variances „père“ du fait de la présence d'effets maternels ou d'effets génétiques d'origine cytoplasmique.

D'une façon générale, on constate que les données du Tableau 2 sont confirmées, dans la mesure où la variabilité génétique sur les caractéristiques de qualité (infradensité, mesures au pilodyn, retraits tangentiel et volumétrique) semble plus significative que pour les critères de vigueur. Sont également concordants les résultats concernant les retraits longitudinal et radial (variabilité génétique nulle) et les anisotropies (variabilité génétique significative).

Sont à noter quelques résultats différents de l'échantillonnage précédent concernant le rendement en fibres et le poids de fibres; bien que significative, la variance „mère“ ne conduit toutefois pas dans ces deux cas à des valeurs d'héritabilités au sens strict très élevées (0,179 ** et 0,168 * respectivement). On remarque également un comportement différent des faces nord et sud des arbres pour l'infradensité: il y a un effet génétique très significatif du côté nord, alors que le côté sud ne semble pas variable de ce point de vue, ceci pouvant résulter d'un biais dû à l'échantillonnage plus réduit. On remarque cependant dans le tableau 2 le F population plus réduit côté sud (3,86 **) contre 6,86 ** côté nord, ainsi qu'une variabilité résiduelle plus importante.

C'est une autre manifestation de l'anisotropie de l'infradensité du bois.

Globalement, on peut dire que la variance de dominance n'est jamais très élevée puisque les F de l'interaction père-mère ne sont jamais significatifs à 1%. L'intérêt de l'exploitation de la variabilité des effets génétiques non additifs, par exemple en installant des vergers à graines biclonaux, n'apparaît donc pas très évident. Notons que cette interaction père-mère affecte essentiellement la croissance (F significatif à 5% pour le diamètre, le volume de l'arbre, la longueur de carotte, le poids de matière sèche).

La comparaison de la variance père et de la variance mère indique peut-être des valeurs un peu plus fortes pour le deuxième facteur, du moins en ce qui concerne les critères de vigueur; ceci concorderait assez bien avec l'étude des quelques croisements réciproques disponibles effectuée plus haut.

5 — Conclusion

L'étude dont il est rendu compte ici a fourni un certain nombre de résultats importants pour l'orientation d'un programme d'amélioration génétique sur *Betula pendula* dans la perspective d'une prise en considération de la qualité intrinsèque du bois en tant que critère de sélection. Certains résultats sont inédits, en particulier l'appréciation des variabilités génétiques individuelles de la rétractibilité du bois (toutes essences confondues) et des rendements en fibres (sur *Betula pendula*).

— On a confirmé le seul résultat connu de nous jusqu'à présent concernant la variabilité génétique significative de la densité du bois chez *Betula pendula*. Apparaissent aussi importants les variabilités familiales pour les rétractibilités tangentielle et volumétrique. Les différences pour la production en volume et celle de matière sèche semblent moins significatives malgré des écarts assez nets pour la croissance en hauteur. Je n'apparaît pas de varia-

bilité exploitable génétiquement pour le rendement en fibres. Un effet famille semble se manifester pour l'anisotropie de l'infradensité du bois et de la croissance en diamètre. La sélection phénotypique apparaît réaliste pour la densité du bois, et surtout pour la rétractibilité volumétrique.

— L'autofécondation entraîne un léger effet dépressif sur la production de matière sèche; l'observation de croisements réciproques révèle la présence d'effets maternels pour la croissance en hauteur.

— En dépit de quelques différences résultant de l'échantillonnage, le croisement factoriel confirme globalement les résultats obtenus sur l'ensemble des 47 familles ayant fait l'objet des mesures. Il apparaît quelques phénomènes génétiques interactifs portant sur la croissance, insuffisants cependant pour justifier des dispositifs spéciaux pour en tirer parti.

— Les liaisons interpopulations entre les caractères les plus importants sont assez favorables: les génotypes les plus vigoureux ont un bois de bonne stabilité dimensionnelle et de densité ni plus, ni moins forte que l'ensemble de la population. Ceci n'empêche que les familles à bois dense présentent en général un bois à plus fort retrait.

— En marge de ces résultats de génétique quantitative, on a mis en évidence deux faits d'une certaine importance pour la méthodologie; en premier lieu, l'impact considérable de l'âge du bois de bouleau sur ses propriétés physiques; en second lieu, l'intérêt de l'usage d'un pénétromètre (pilodyn) pour sélectionner des populations pour la densité du bois, et ce en procédant à la mesure sur écorce de matériel assez juvénile. Une sélection individuelle apparaît moins précise. Outre cet aspect pratique de l'utilisation du pilodyn, cette étude a mis en évidence d'autres liaisons entre les mesures au pilodyn et des caractéristiques de qualité (par exemple avec la rétractibilité) plus ou moins inattendues. Ceci suggère l'intérêt d'entreprendre des analyses détaillées de ces relations, qui pourraient faire du pilodyn un outil de valeur pour la prédiction de la qualité du bois.

Références Bibliographiques

- BECKER, W. A.: Manual of procedures in quantitative genetics. Second edition. Washington - State University (1967). — COWN, D. J.: Comparison of the pilodyn and torsionmeter methods for the rapid assessment of wood density in living trees. N.Z.J. For. Sci. 8 (3), 384—391 (1978a). — COWN, D. J.: Assessing the Wood Quality of Standing Trees. What's new in Forest Research. Forest Research Institute, Private Bag, Rotorua, New Zealand, n° 64, 4 pages (1978b). — COWN, D. J., ANDREW, I. A.: Comparison of pilodyn, torsionmeter and increment core methods for assessing wood density in progeny trials. New Zealand Forest Service. Forest Research Institute. Wood Quality Report, n° 29, Octobre, 17 pages (1979). — COWN, D. J.: Effect of season on the pilodyn/torsionmeter wood density relationships in standing trees. New Zealand Forest Service. Forest Research Institute. Wood Quality Report n° 33, June, 10 pages (1980a). — COWN, D. J.: Use of the pilodyn wood tester for estimating wood density in standing trees. Influence of site and tree age. New Zealand Forest Service. Forest Research Institute. Wood Quality Report, n° 37, November, 17 pages (1980b). — ERICSON, B., PERSSON, A.: [Wood and pulp properties in Birch. A pilot investigation]. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 18; 1—55 (1970). — FERRAND, J. CH.: Recherche des solutions pratiques à apporter aux problèmes posés par les contraintes de croissance des arbres forestiers. Thèse de Docteur-Ingénieur, Institut National Polytechnique de Lorraine (1981). — GISLERUD, O.: [Whole tree utilisation II. Biomass properties of trees from thinnings of Spruce, Pine, Birch and Alder]. Rapp. Norsk. Insin. Skogsforskn 6/74; 1—59 (1974). — HAKKILA, P.: Investigations on the basic density of Finnish Pine, Spruce and Birch wood. Commun. Inst. For. Fenn. 61 (5); 1—98 (1966). — HAKKILA, P.: Wood density survey and dry weight tables for Pine, Spruce and Birch boles in Finland. Commun. For. Fenn. 96 (3); 1—59 (1979). — HICKS, R. R. JR., JONES,

D. W., WENDLING, R. C.: Specific gravity variation of young river Birch trees. *Wood Sci.* 7 (2); 169–172 (1974). — HOFFMEYER, P.: The pilodyn instrument as a non-destructive tester of the shock resistance of wood. Paper presented at the non-destructive testing meeting in Vancouver, Washington, August, 20 pages (1978). — HOFFMEYER, P.: Pilodyn used on *Eucalyptus* spp. Pilot. Tests. International Technical Report 70/79. October, 11 pages (1979). — JANIN, G.: Microcuissons papetières. Méthode adaptée aux recherches forestières portant sur la détermination des caractéristiques papetières individuelles sur arbres vivants à l'aide d'échantillons de bois dont le mode de prélèvement, l'aspect et le poids ne sont pas usuels. *La Papeterie*, n°3; 13 pages (1972). — JUINO, PH.: Etude des relations entre vigueur et qualité du Frêne et du Merisier dans quelques stations du Nord-Est de la France. Rapport de stage E.N.I.T.E.F., Station de Recherches sur la Qualité du Bois, C.N.R.F. (1977). — KÄRKKÄINEN, M.: [Structure et propriétés du bois]. Helsinki, 442 pages (1977). — KELLOMÄKI, S.: On geoclimatic variation in basic density of Scots Pine wood. *Silva Fennica* 13 (1); 55–64 (1979a). — KELLOMÄKI, S.: The effect of solar radiation and air temperature on basic density of Scots Pine wood. *Silva Fennica* 13 (4); 304–315 (1979b). — KEYLWERTH, R.: Ein Beitrag zur qualitativen Zuwachsanalyse. *Holz als Roh- u. Werkstoff*, 12 (3); 77–83 (1954). — KREMER, A.: Contrôle génétique de la croissance en hauteur chez le Pin maritime: rôles des interactions entre gènes et de l'interaction génotype × environnement. Rapport de stage E.N.I.T.E.F., Laboratoire d'Amélioration des Conifères. I.N.R.A. (1976). — LÖNN-

BERG, B.: Short-rotation hardwood species as whole — tree raw material for pulp and paper. 2. Wood raw material. (*Papier et bois*) 57 (8); 507–516 (1975). — NYLINDER, P.: [Variations in density of planted Spruce]. *Medd. Stat. Skogsforskn. Inst.* 43–3 (1953). — OLESEN, P.: The influence of the compass direction on the basic density of Norway Spruce (*Picea abies* L.) and its importance for sampling for estimating the genetic value of plus trees. *Arboretet Horsholm. For. Tree Improvement* 6 (1973). — POLGE, H.: Le bois juvénile des Conifères. *Revue Forestière Française*; n°6; 474–505 (1964). — POLGE, H.: Etablissement des courbes de variation de la densité du bois par exploration densitométrique de radiographie d'échantillons prélevés à la tarière sur des arbres vivants. Application dans les domaines technologique et physiologique. Thèse de Doctorat ès Sciences Appliquées, Université de Nancy I (1966). — RAULO, J., KOSKI, V.: [Growth of *Betula pendula* ROTH. progenies in Southern and central Finland]. *Commun. Inst. For. Fenn.* 90 (5); 1–39 (1977). — RAULO, J.: [Stem quality of *Betula pendula* ROTH. progeny trials]. *Folia Forestalia* 416 (1979). — TAMMINEN, Z.: [Moisture content density and other properties of wood and bark III. Birch]. *Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk n°63* (1970). — TAYLOR, F. W.: Rapid determination of Southern Pine specific gravity with a pilodyn tester. *Forest Sci.* 27 (1); 59–61 (1981). — VELLING, P.: [The wood basic density variation of Pine and Spruce provenances]. *Folia Forestalia* 257 (1976). — VELLING, P.: [Wood density in two *Betula pendula* ROTH. progeny trials]. *Folia Forestalia* 416 (1979).

Statistical Efficiency varies with Plot Size, Number of Replications and Seedlots sampled

By C. H. LEE¹⁾

(Received 28th June 1982)

Summary

European black pine (*Pinus nigra* ARNOLD) 2-0 planting stock grown from seed collected from 27 natural stands throughout the species range was used to establish the study plantation in Kellogg Experiment Forest, Augusta, Michigan in 1961. At age 14 from seed, I measured total height to the nearest 3 centimeters on every tree in the plantation in August 1972. All height data were kept separate by individual trees. An analysis of variance was conducted by varying the seedlot size (number of provenances), number of replications and plot size and their sampling efficiency compared. The importance of systematic sampling throughout the species range was discussed and the justification for measuring smaller plot size and partial replications was presented.

Key words: *Pinus nigra*, provenance test, sampling efficiency, height growth.

Zusammenfassung

Im Jahre 1961 wurden 2-0-Sämlinge von *Pinus nigra* ARNOLD aus einer Samenernte in 27 autochthonen Beständen im natürlichen Verbreitungsgebiet der Art im Kellogg-Versuchswald, Augusta, Michigan als Provenienzversuch ausgepflanzt. Im Alter 14 nach der Aussaat im August 1972 wurden die Höhen der Einzelbäume bis auf 3 cm genau gemessen. Alle Daten der Höhenmessung wurden einzelbaumweise getrennt gehalten. Eine Varianzanalyse wurde in der Richtung durchgeführt, daß bei der festgesetzten Samenmenge (Anzahl der Provenienzen), Anzahl der Wiederholungen und Parzellengröße sowie deren Probeneffizienz verglichen werden konnten. Es wurde die Bedeutung einer systematischen Einsammlung der Samenproben im Verbreitungsgebiet der Art diskutiert sowie die Berechtigung der Messung kleinerer Parzellengrößen und partieller Wiederholungen.

Introduction

The purpose of a provenance test is to determine the magnitude of genetic variation patterns and to recommend what seed sources should be planted in the area of concern. The degree of species diversity in growth traits and wood properties and how provenances are sampled systematically in order to give better geographic representation are important factors in the provenance test. The number of seedlots used in the Regional Project (NC-99) varies from 7 in Japanese larch (*Larix leptolepis* SIEB. and ZUCC.) to as many as 272 in red pine (*Pinus resinosa* AIT.) improvement program (personal communication with Professor J. W. WRIGHT, Michigan State University).

Seed procurement is immediately followed by the establishment of field test in nursery and subsequently at a permanent planting site. Many adopt a randomized complete block design with 5 to 10 or more replications (blocks) and the number of trees planted per provenance (plot size) per replication also varies from a few to as many as several hundred.

Partial measurements are done for convenience. This paper is designed to analyze what impact the partial measurement has on the efficiency of the assessment of genetic data.

Material and Methods

European black pine (*Pinus nigra* ARNOLD) is primarily a Mediterranean species extending from 35° to 48° N in latitude and from 6° W to 42° E in longitude. In August 1972 (14 years from seed), I measured total height to the

¹⁾ Professor of Forestry, College of Natural Resources, University of Wisconsin, Stevens Point, Wisconsin 54481, USA.