PREMIERS ENSEIGNEMENTS D'UN TEST DE DESCENDANCES DE *PICEA ABIES* KARST. DES VOSGES (PEUPLEMENT DU KERTOFF)

E. TEISSIER DU CROS

*Station d'Amélioration des Arbres forestiers,
Centre de Recherches forestières, I. N. R. A.,
B. P. 6021, 45018 Orléans Cedex*

RÉSUMÉ

L'épicéa naturel occupe en France des Stations d'altitude généralement à forte pluviométrie. Le peuplement du Kertoff, dans les Vosges, est parmi les provenances françaises, l'une des plus septentrionales.

Seize arbres de ce peuplement ont été sélectionnés en 1956 pour leur aspect vigoureux, leurs branches courtes et horizontales. Les graines, récoltées la même année, ont donné naissance à une plantation comparative de descendances située dans les Vosges dans la zone d'extension de l'épicéa à une altitude nettement plus basse. L'article analyse les enseignements que l'on peut tirer de cette plantation après 11 années de croissance. La sélection phénotypique a eu un effet nul sur la vigueur, un léger effet favorable quoique non significatif pour un caractère de forme (angle d'insertion des branches) et pour un caractère technologique (grosseur des branches). Bien que non apprécié lors de la sélection, le débourrement végétatif de la moyenne des descendants diffère de celui de la moyenne de la provenance. Un léger gain de tardiveté a été observé. Le caractère semble avoir un déterminisme du type génétique additif. Il en est de même pour la sensibilité au Chermès.

La stabilité du débourrement végétatif observée aussi bien chez les mères que dans les descendances, ainsi que son caractère héritable, autorisent à sélectionner pour ce caractère dans le peuplement du Kertoff et à éclaircir génétiquement la plantation comparative. La corrélation favorable entre ce caractère et la sensibilité au Chermès aura pour effet indirect de conserver des individus en moyenne moins sensibles à ce ravageur.

L'amélioration génétique de la majorité des essences ligneuses forestières passe par une étape capitale : la détermination des paramètres génétiques dont les plus importants sont :

- les variances génétiques additives qui conditionnent le gain génétique potentiel sur chaque caractère ;
- les héritabilités (régression parents-enfants) des caractères retenus pour juger l'efficacité d'un choix phénotypique en forêt ;
- les corrélations génétiques qui permettent d'apprécier l'effet de la sélection de certains caractères sur d'autres caractères.

Cette étape est décisive et marque l'évolution de la stratégie d'amélioration par rapport aux théories suédoises anciennes sur la sélection phénotypique d'arbres « plus ». On sélectionnait en effet en forêt des individus jugés supérieurs à leurs voisins pour des caractères tels que la vigueur ou le port sans savoir s'ils représentaient bien une supériorité génétique, s'ils étaient susceptibles de se transmettre aux générations suivantes et sans que l'on connaisse les conséquences indirectes que cette sélection pouvait entraîner (liaisons entre caractères).

La détermination de ces paramètres devrait se faire au moyen de plantations comparatives de descendance d'arbres pris *au hasard* dans une provenance.

L'étude porte sur les descendance obtenues par pollinisation libre de seize arbres sélectionnés phénotypiquement dans le peuplement d'épicéa du Kertoff (*Picea abies* KARST.). Ce peuplement situé dans les Vosges centrales entre 650 et 750 m se caractérise en particulier par sa forte vigueur et la précocité marquée de son débourrement végétatif. Les caractères retenus pour la sélection avaient été : supériorité apparente en volume, bonne rectitude du fût, branches fines, courtes et horizontales. Outre la détermination des paramètres génétiques, l'objectif de cet article est de présenter les conséquences de cette sélection pour divers caractères qui sont maintenant pris en considération dans les programmes d'amélioration de l'épicéa, à savoir : vigueur, débourrement, etc.

Historiquement, cette sélection avait eu surtout un caractère conservatoire. Mais aussi bien dans ce but que pour l'évaluation des paramètres génétiques, il paraît évident de nos jours qu'il n'aurait pas fallu *sélectionner* mais prendre des arbres *au hasard*. Nous verrons au cours de l'article, dans quelle mesure nous avons estimé être autorisés à nous considérer tout de même dans des conditions proches des conditions théoriques rappelées ci-dessus.

Les graines ont été récoltées en 1956 et ont donné naissance à une plantation comparative installée en forêt communale d'Épinal (basses Vosges). A titre de témoin figurait dans cette plantation la provenance GERA I issue de graines récoltées sur des arbres situés au centre du peuplement du Kertoff.

Un certain nombre d'observations se rapportant à la phénologie, la croissance, la forme et la résistance aux adversités, ont été réalisées en 1972, sur les mères dans leur situation d'origine et sur leurs descendance dans la plantation comparative après 11 années de croissance. Elles ont fait l'objet d'une interprétation portant sur les quatre points suivants :

- variabilité génétique des caractères et héritabilité en plantation comparative,
- régression parents-enfants et héritabilité en forêt,
- corrélation entre caractères et effet de la sélection,
- conséquences pour la sélection.

I. — VARIABILITÉ DES CARACTÈRES-HÉRITABILITÉ EN PLANTATION COMPARATIVE

I. 1. — Méthode de calcul

Les analyses de variances portant sur ce dispositif comportent une seule source de variation : l'effet descendance.

La *décomposition de la variance* est schématisée au tableau ci-dessous :

Sources de variation (<i>factors of variation</i>)	Degrés de liberté (<i>degrees of freedom</i>)	Carrés moyens (<i>mean squares</i>)	Estimations (<i>expected mean squares</i>)	F
Descendances (<i>progenies</i>)	$f - 1$	CM_f	$\sigma_w^2 + k \sigma_f^2$	$\frac{\sigma_w^2 + k \sigma_f^2}{\sigma_w^2}$
Résiduelle (<i>error</i>)	$f(k - 1)$	CM_w	σ_w^2	
Totale	$fk - 1$			

où : f = nombre de familles (*number of progenies*)

k = nombre moyen d'individus par famille (*average number of offsprings per progeny*)

CM = carré moyen (*mean square*)

σ_f^2 = variance entre familles (*interprogeny variance*)

σ_w^2 = variance résiduelle entre individus de chaque famille (*intraprogeny variance*).

L'*héritabilité en plantation comparative* est la part de la variance génétique additive dans la variance totale de la population des descendants des mères.

$$h^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_T^2}$$

ou σ_A^2 = variance génétique additive,

σ_T^2 = variance totale.

Dans l'hypothèse où les descendances ne sont composées uniquement que de demi-frères, on peut écrire :

$$\sigma_A^2 = 4 \sigma_f^2 \quad (\sigma_f^2 = \text{variance interfamille})$$

L'*héritabilité en plantation comparative* est exclusivement utilisable pour prévoir les gains génétiques attendus par une sélection à ce niveau (même âge, mêmes conditions de milieu, ...).

Le *coefficient de corrélation intraclasse* fourni par le programme Falun de la Station de Biométrie du C. N. R. F. :

$$\frac{\sigma_f^2}{\sigma_f^2 + \sigma_w^2}$$

est donc une estimation du quart de l'héritabilité.

1. 2. — Inconvénients de la méthode

— L'héritabilité risque d'être surestimée si les descendances présentent un certain nombre de pleins frères : mauvaise pollinisation ou pollen issu d'un arbre privilégié.

— Au contraire, les arbres ayant été choisis phénotypiquement, peuvent, en cas de forte héritabilité, être très proches génotypiquement. Cela conduirait à réduire anormalement les variances interfamilles et aurait pour effet de sous-estimer les héritabilités.

— Certaines observations — débourrement, dégâts de Chermès — ont été réalisées avec des notations discontinues. Dans les calculs, elles ont pourtant été assimilées à des variables continues.

— Le nombre de descendance (16) est faible. Il peut avoir conduit à un échantillonnage trop restreint du peuplement et à un effet père s'écartant de l'effet moyen du peuplement (effet père non neutre).

1. 3. — *Résultats*

1. 31. *Caractère dimensionnel : hauteur 1972 P.*

L'analyse de variance fait apparaître une légère différence significative entre descendance au seuil de 1 p. 100. On constate que cette différence n'est due qu'à la descendance GER 19 qui domine assez nettement les autres (voir fig. 1 A). Les autres descendance ne diffèrent pas entre elles. Cette faible variabilité est d'ailleurs confirmée par la valeur très basse de l'héritabilité (0,06) qui indique qu'une éclaircie sélective pour la hauteur dans cette plantation comparative ne correspondrait à aucun gain génétique pour ce caractère.

La figure 1 A montre par ailleurs que la hauteur moyenne des descendance ($\bar{H}$) n'est pas différente de la hauteur du témoin (GERA I). La sélection phénotypique de mères ayant une supériorité apparente en volume n'aurait donc abouti à aucun gain sur la vigueur au niveau de la génération suivante.

1. 32. *Caractère de forme : angle d'insertion avec la tige de la plus grosse branche du verticille formé en 1968.*

1. 321. *Intérêt d'une sélection pour ce caractère.*

Des branches étalées laissent à leur insertion sur le tronc, pour des diamètres égaux, des traces de cicatrices plus faibles que des branches relevées. Les zones d'hétérogénéité du bois en sont réduites d'autant. Choisir des arbres à branches horizontales, pourrait être considéré comme un critère de sélection à incidence économique favorable.

1. 322. *Justification du choix de cette branche.*

Chez les résineux, l'angle d'insertion des branches évolue surtout dans les trois premières années qui suivent leur formation et se stabilise par la suite. Chez un certain nombre d'espèces, les branches sont d'autant plus dressées qu'elles sont vigoureuses. Choisir le verticille de branches formé en 1968 (cinq années) nous place dans une zone stable. Choisir la plus grosse branche de ce verticille devrait, si l'épicéa suit les lois de corrélation d'autres espèces, nous mettre dans le cas le plus défavorable : la branche la plus relevée.

Hauteurs 1972 P
(Total height)

Angle d'insertion de la plus grosse
branche du verticille formé en 1968
(Crotch angle of the thickest branch in
the worl formed in 1968).

Diamètre de la plus grosse
branche du verticille formé en
1968 (Diameter of the thickest
branch in the worl formed in
1968).

FIG. 1

1. 323. *Résultats.*

Les différences entre descendance, bien que significatives ($F = 2,55$ ⁽¹⁾), sont peu marquées. La valeur de l'héritabilité est faible (0,06). Il ne semble donc pas que le caractère angle d'insertion des branches soit, dans ce cas, sous contrôle génétique additif. En fait, l'absence de variabilité entre descendance pourrait être une conséquence de la sélection phénotypique des mères. Tous les arbres choisis avaient la caractéristique *branches étalées*. Il en résulte une diminution de leur variabilité phénotypique pour ce caractère qui pourrait s'être transmise partiellement aux descendants. En effet, la figure 1 B montre que les angles d'insertion moyens des descendance ne varient qu'entre 65 et 70°. Une étude approfondie des corrélations parents-enfants avec des descendance d'individus non sélectionnés permettrait de résoudre ce problème.

A l'appui de l'hypothèse selon laquelle la sélection en forêt a favorisé les arbres à fort angle d'insertion, nous constatons sur la figure 1 B, un léger effet favorable quoique non significatif : l'angle d'insertion moyen des descendance ($\bar{A}$) est plus fort que celui du témoin (GERA I).

1. 33. *Caractère technologique : diamètre de la plus grosse branche du verticille formé en 1968.*1. 331. *Intérêt de ce caractère.*

Le diamètre des nœuds a une incidence sur la qualité du bois, c'est-à-dire sur le rendement en bois sans défaut.

1. 332. *Résultats.*

Malgré un test F significatif, mais uniquement dû à une descendance (GER 19), l'héritabilité ne s'élève ici qu'à 0,07. Ce caractère ne semble donc pas sous contrôle génétique additif, du moins avec l'échantillon de mères retenu. On peut constater (figure 1 C) le gain dû à la sélection phénotypique des mères : bien que non statistiquement différent, le diamètre moyen des branches des descendance ($\bar{\varnothing}$) est plus faible que celui du témoin (GERA I).

1. 34. *Caractère de résistance aux adversités : Chermès.*

Comme NANSON, nous observons des différences très marquées entre descendance ($F = 10,38$). L'héritabilité de ce caractère (0,32) laisse à penser que les différences de sensibilité observées entre descendance sont dues, au moins partiellement, à des effets génétiques additifs. On pourrait donc envisager, au cas où les attaques de Chermès seraient jugées d'importance économique (arbre de Noël par exemple), d'opérer dans cette plantation comparative une sélection pour des individus résistants ; la meilleure résistance moyenne des individus conservés pourrait représenter un gain génétique réel.

Par ailleurs, notons (fig. 2 A) que la sélection phénotypique des mères s'est traduite par une sensibilité légèrement accrue des descendance au Chermès ($\bar{C}$) par rapport au témoin (GERA I). Cette différence n'est pas significative statistiquement.

(1) $F = 2,55$: seuil de signification à 1 p. 100 = 2,02 pour tous les caractères étudiés.

FIG. 2

I. 35. *Caractère phénologique : débourrement végétatif.*I. 351. *Intérêt de ce caractère.*

Lorsqu'on plante l'épicéa à une altitude plus faible que son altitude d'origine (cas de la forêt communale d'Épinal par exemple), on doit craindre que les gelées tardives ne déprécient les plants à débourrement précoce. On a donc intérêt, si le peuplement s'y prête, à sélectionner dans celui-ci des individus tardifs dans la mesure où ce caractère est sous contrôle génétique additif et s'il se transmet héréditairement.

I. 352. *Résultats.*

L'analyse de variance fait apparaître des différences très marquées entre descendance ($F = 9,42$). La valeur de l'héritabilité (0,28) montre que le débourrement est sous contrôle génétique assez fort. Le gain génétique, c'est-à-dire la fourchette de débourrement entre le témoin (GERA I) et la descendance la plus tardive (GER 17) est de six jours le 2 juin (fig. 2 B). Si l'on se rappelle que ce caractère n'avait pas été pris en considération au moment de la sélection, il n'est pas interdit de penser qu'en parcourant de nouveau ce peuplement on pourrait découvrir une variabilité plus importante vis-à-vis de ce caractère.

I. 353. *Stabilité du débourrement.*

Un tri précoce pour un caractère suppose que ce caractère soit stable dans le temps et dans différents milieux. Il y a une corrélation élevée (0,78**⁽¹⁾) entre les notations de débourrement de 1972 et celles de 1957 réalisées dans le peuplement du Kertoff. Par ailleurs, 10 des descendance de notre plantation comparative sont représentées dans un autre dispositif (P 361) ayant fait l'objet d'une analyse en pépinière (LACAZE, ARBEZ, 1971) après 4 ans depuis la graine (mêmes lots de graines que dans notre expérience). Ce dispositif avait 9 ans en 1972. Le coefficient de corrélation entre les débournements du dispositif P 361 en pépinière et à 9 ans n'est que tout juste significatif (0,62*)⁽¹⁾. Ce phénomène est probablement dû aux effets maternels mentionnés par ces auteurs. Enfin la comparaison des débournements sur 10 descendance dans le dispositif P 361 (sol lourd, relativement argileux mais riche) et dans la plantation comparative d'Épinal (sol léger, hétérogène, carencé en P_2O_5) fait apparaître un coefficient de corrélation de 0,68*.

Il est possible de conclure que le caractère débourrement végétatif est stable aussi bien en peuplement qu'en plantation comparative et qu'il semble indépendant des conditions édaphiques.

II. — RÉGRESSION PARENTS-ENFANTS. HÉRITABILITÉ EN FORÊT

Une autre méthode d'estimation de l'héritabilité consiste à utiliser la régression parents-enfants. Il s'agit alors d'estimer le gain prévisible chez les enfants (stade juvénile) à partir d'une sélection chez les parents (stade adulte).

⁽¹⁾ ** : significatif au seuil de 1 p. 100.

⁽¹⁾ * : significatif au seuil de 5 p. 100.

2. 1. — *Méthode de calcul*

Lorsqu'un seul parent est connu, l'effet de l'autre parent étant supposé neutre (cas de la pollinisation libre dans un peuplement), l'héritabilité est estimée par $h^2 = 2b$ (où b est le coefficient angulaire de la droite de régression. FALCONER, 1960).

Les principaux biais à une évaluation rigoureuse de l'héritabilité par cette méthode sont dus au décalage d'âge entre mères et descendants et souvent aussi aux natures différentes des milieux où croissent les parents et leurs descendants. NEPVEU (1973) propose une méthode de pondération. L'estimation de l'héritabilité devient :

$$h^2 = 2b \frac{\sigma_p}{\sigma_D}$$

où σ_p = écart-type phénotypique des parents,
 σ_D = écart-type phénotypique des descendants.

2. 2. — *Résultats*

La corrélation entre les moyennes de débourrement des descendances et le débourrement des mères est élevée (0,72**). Le coefficient angulaire de la droite de régression (0,27, voir fig. 3) donne une héritabilité pondérée de

$$h^2 = 2 \times 0,27 \times \frac{2,21}{2,43} = 0,49.$$

FIG. 3. — Régression parents-enfants pour le débourrement 1972
 Juvenile mature regression for flushing in 1972

Cette valeur ne diffère pas statistiquement de la valeur trouvée au paragraphe I. 352 (0,28).

2. 3. — Conclusion

Le débourrement est partiellement sous contrôle génétique additif. Il serait donc possible d'envisager une sélection efficace d'arbres tardifs dans le peuplement du Kertoff si le nombre d'individus de ce peuplement était suffisant, c'est-à-dire si la pression de sélection pouvait être suffisamment élevée.

III. — CORRÉLATIONS ENTRE CARACTÈRES. EFFETS DE LA SÉLECTION

La définition et la méthode de calcul des coefficients de corrélation sont celles utilisées par LACAZE et ARBEZ (1971). Les principales valeurs sont rassemblées au tableau I.

TABLEAU I

Corrélations avec la hauteur et le débourrement

	Hauteur 72	Chermès	Diamètre branche	Angle insertion	Débourrement
<i>Génétique</i> : seuils de signification : 0,47 à 5 p. 100 et 0,59 à 1 p. 100					
Hauteur 72	1	0,28	0,88**	— 0,54*	0,45
Débourrement	0,45	0,58*	0,19	— 0,72**	1
<i>Phénotypique</i> : seuils de signification : 0,14 à 5 p. 100 et 0,18 à 1 p. 100					
Hauteur 72	1	0,10	0,77**	0,00	— 0,04
Débourrement	— 0,04	0,23**	0,02	— 0,18**	1
« Environnementale » : seuils de signification : 0,19 à 5 p. 100 et 0,25 à 1 p. 100					
Hauteur 72	1	0,10	0,77**	0,01	— 0,05
Débourrement	— 0,05	0,09	0,01	— 0,17	1

3. 1. — Liaisons avec la hauteur

Les corrélations génétiques mettant en cause la hauteur, du fait de la faible variabilité de ce caractère entre descendance, n'ont pas une grande signification. Elles nous permettent néanmoins de déceler certaines tendances.

Diamètre des branches : les corrélations entre hauteur et diamètre sont positives et significatives au seuil de 1 p. 100. Les plants les plus hauts ont les branches les plus épaisses. Le comportement particulier de GER 19 explique en grande partie cette

valeur élevée (voir fig. 1 A et 1 C). Mais la corrélation phénotypique calculée sans cette descendance reste encore significative au seuil de 5 p. 100. Ce résultat reflète deux expressions de la vigueur qui ne sont pas toujours liées chez l'épicéa (arbres columnaires du Jura par exemple) mais qui pourraient caractériser la provenance GÉRA I et les descendances qui en sont issues.

Débourrement : la corrélation génétique quoique positive n'est pas significative. Elle exprime qu'au niveau des moyennes de descendances une sélection sur l'un des deux caractères serait sans conséquence pour l'autre. Les corrélations phénotypique et « environnementale » nulles, confirment que cette indépendance existe aussi à un niveau physiologique. Si l'on examine une par une les corrélations entre hauteur et débourrement dans chaque descendance, on trouve en général des valeurs ne différant pas de zéro. Seules les descendances GER 15 et GER 19, montrent des corrélations négatives et significatives. Il en est de même pour la provenance GÉRA I. Cette liaison phénotypique négative exprime que les plants vigoureux sont aussi les plus tardifs. Cette observation est en accord, notamment pour la provenance GÉRA I, avec les résultats obtenus chez certains peuplements français d'altitude et chez les peuplements de basse altitude de l'est de l'Europe.

3. 2. — *Liaisons avec le débourrement*

Chermès : tardiveté de débourrement et attaques de Chermès sont liées génétiquement de façon telle que les plants les plus tardifs sont les moins sensibles au Chermès. Ces deux caractères ayant des héritabilités en plantation comparative suffisamment fortes, nous avons la certitude qu'une sélection phénotypique pour la tardiveté n'aurait pas de conséquence néfaste sur la sensibilité au Chermès. Mais il convient d'ajouter que l'amélioration pour la tardiveté peut déboucher par ailleurs sur une augmentation des dégâts de Nématodes (BOUVAREL et LEMOINE, 1957).

IV. — CONCLUSION. CONSÉQUENCES POUR LA SÉLECTION

4. 1. — *Incidences de la sélection phénotypique*

La sélection phénotypique effectuée en 1956 dans le peuplement du Kertoff a donné les résultats suivants :

- gain nul pour la vigueur,
- léger effet dépressif non significatif pour la sensibilité au Chermès,
- léger effet favorable non significatif pour un caractère de forme et pour un caractère technologique,
- gain probablement significatif mais peu important pour la tardiveté du débourrement végétatif.

Nous constatons, grâce à la faiblesse de ces effets, que cette sélection est pratiquement équivalente à un tirage au hasard, condition sans laquelle nous n'aurions pas pu considérer l'échantillon des 16 mères comme représentatif du peuplement et sans laquelle l'évaluation des paramètres génétiques n'aurait pas eu de valeur.

4. 2. — *Conséquences pour la sélection*4. 21. *Sélection dans le peuplement du Kertoff.*

La tardiveté du débourrement est d'une part héritable, d'autre part stable, aussi bien au niveau juvénile (4 à 15 ans en plantations comparatives) qu'au niveau adulte (période de 15 ans dans le peuplement du Kertoff).

Une sélection d'individus à débourrement tardif est donc possible. Mais le gain potentiel pour ce caractère risque de ne pas être important étant donné la petite taille du peuplement, c'est-à-dire la faiblesse de l'intensité de sélection possible.

Cette sélection d'individus tardifs ne devrait pas avoir d'effet défavorable sur la sensibilité au Chermès étant donné la corrélation génétique assez élevée qui s'est révélée entre ces deux caractères.

4. 22. *Sélection dans la plantation comparative d'Épinal.*

Dans cette plantation, il sera inefficace de sélectionner pour la vigueur, pour la grosseur des branches ou leur angle d'insertion, ces caractères ayant des valeurs d'héritabilité beaucoup trop faibles.

Par contre, tardiveté du débourrement et sensibilité au Chermès étant à la fois liées et sous contrôle génétique additif partiel, il peut être envisagé d'effectuer une sélection génétique tenant compte de ces caractères. Le choix d'individus à débourrement tardif permettra de conserver des individus en moyenne moins sensibles au Chermès.

Le lecteur ne devra pas retirer de cet article une impression pessimiste sur l'inefficacité générale de la sélection massale en forêt. En effet, les caractères retenus au cours de la sélection dans le peuplement d'épicéa du Kertoff seraient maintenant remplacés par des caractères héritable : tardiveté du débourrement végétatif, densité du bois. Preuve en est la régression parents-enfants mise en évidence dans ce peuplement.

Reçu pour publication en mai 1975.

SUMMARY

FIRST LESSON FROM A PROGENY TEST
OF *PICEA ABIES* KARST. (KERTOFF STAND, VOSGIAN MOUNTAINS)

Norway Spruce grows naturally in France in high altitude locations with a generally important rainfall. The Kertoff stand, in Vosgian mountains, is one of the most northern french provenances. Sixteen trees of this stand have been selected in 1956 for their vigorous aspect, their narrow crown, the large crotch angle of their branches. A test to compare the progenies of these trees was planted in a lower situation and measured after 11 years of growth. The phenotypical selection had no effect on vigour, slight favorable effects (although insignificant) on the crotch angle, and on branch diameter. Although, it was not taken into account for the selection of the mother trees, the mean flushing date was later for the progenies than for the stand itself represented in the progeny test by seedlings coming from seeds collected on felled trees of the central part in the stand. This characteristic seems to be determined by additive genetic effects. The same type of results was found for sensitivity towards Chermes attacks.

A good steadiness of flushing date was observed for the selected trees as well as in the progeny test. The high heritability of this character allows to select for it in the Kertoff stand and to tend the progeny test genetically. The favorable correlation between this character and the sensitivity towards Chermes will ensure us that selected trees will show low reactions to this pest.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOUVAREL P., LEMOINE M., 1957. L'expérience internationale sur les provenances d'épicéa (*Picea excelsa* LINK). Quelques résultats obtenus en France concernant notamment une attaque de némates (*Lygaeonematus abietinus* CHRIST). *Silvae Genetica*, **6**, Heft 3/4, 91-97.
- FALCONER D. S., 1960. Introduction to quantitative genetics. Oliver and Boyd. Edinburgh and London, 365 p.
- LACAZE J. F., ARBEZ M., 1971. Variabilité infraspécifique de l'épicéa (*Picea abies* KARST., partie septentrionale de l'aire). Héritabilité et corrélations génétiques de quelques caractères au stade juvénile. *Annales des Sciences forestières*, **28** (2), 141-183.
- NANSON A., 1971. Tests de descendance d'épicéa commun. Station de Recherches des Eaux et Forêts. Groenendaal-Hoeilaart, Travaux série 3, n° 4.
- NEPVEU G., 1973. Étude génétique de quelques qualités du bois de pin maritime. Corrélation avec des caractères de croissance et d'aptitude à l'élagage. C. N. R. F. Station de Recherches sur la Qualité des bois. Document n° 1973/5.
-