

DOUGLAS

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco (1950)

Synonymes : *Ps. taxifolia* (Poir.) Britt (nom réglementaire français et C.E.E.) ; *Ps. douglasii* Carr.

En français : Douglas

PRÉSENTATION DE L'ESPÈCE

Taxonomie

Découvert par Menzies, botaniste écossais, dans l'île de Vancouver (Canada) en 1791, le Douglas comprend deux sous-espèces :

— *Ps. menziesii* ssp. *menziesii* (Douglas vert ou côtier),

— *Ps. menziesii* ssp. *glauca* (Douglas bleu ou intérieur).

Le type intermédiaire qui est rencontré dans la zone d'introgression naturelle, en Colombie britannique, est parfois appelé *Ps. caesia* (Douglas gris).

Aire naturelle

Le Douglas est le conifère américain possédant la plus vaste distribution latitudinale : 19°N au Mexique à 55°N en Colombie britannique (Canada), (cf. carte figure 1). Sur une zone de répartition aussi vaste, les conditions climatiques varient bien sûr considérablement : température moyenne de 7 à 13°C, pluviosité de 400 à 2 000 mm/an.

Zone d'introduction et rôle dans la foresterie

Introduit en France au milieu du XIX^e siècle, le Douglas est utilisé à peu près partout en France, notamment dans le Beaujolais, le Morvan, le Limousin, le Massif vosgien et la Normandie. Ces introductions ont essentiellement été faites avec la sous-espèce *menziesii* (Douglas vert).



Figure 1 AIRE NATURELLE DE *PSEUDOTSUGA MENZIESII*

Le Douglas est actuellement la première espèce de reboisement en France : chaque année, 7 à 8 000 hectares nouveaux sont plantés et environ 18 millions de plants sont produits par les pépinières forestières. La consommation annuelle de graines est d'environ une tonne.

Selon Bouchon (1979), la France possède actuellement de 220 à 250 000 ha dont la productivité moyenne est de 19 m³/ha/an à 50 ans.

L'espèce est soumise à la Loi de 1971 sur l'amélioration des essences forestières. En avril 1985, 276 peuplements porte-graines étaient classés, pour 637 hectares au total, regroupés en sept régions de provenances.

Principales caractéristiques

Le Douglas est une essence assez exigeante :

- pluviosité de 800 à 1 200 mm/an avec environ la moitié pendant la saison de végétation,
- température moyenne annuelle de 9 à 10°C,
- sol : profond et filtrant, pH de 4,5 à 6, ni carbonaté ni hydromorphe.

Il présente une relative résistance au froid hivernal et à la sécheresse estivale ; le vent constitue toujours pour lui un élément défavorable.

Le Douglas produit un bois rouge à duraminisation précoce, dense et durable, avec un retrait moyen, propice à de nombreux usages : poteaux, charpente, menuiserie. Deux défauts majeurs fréquemment rencontrés, nodosité et hétérogénéité, peuvent poser problème pour le déroulage, pourtant usage potentiel le plus noble.

Le Douglas est pratiquement indemne de maladies cryptogamiques et d'attaques d'insectes. Cependant, les provenances de Douglas bleu s'avèrent sensibles à deux champignons foliaires : *Rhabdocline pseudotsugae*, *Phaeocryptopus gaumanni*.

La propagation végétative présente encore des difficultés (de La Goubly de Nantois, 1980). Les boutures sont souvent plagiotropes, même lorsqu'elles proviennent de semis âgés de deux ou trois ans. Le phénomène de rejet de greffe est susceptible de se manifester jusqu'au moins 30 ans, sauf lorsque l'on dispose de porte-greffes compatibles, ce qui est le cas à l'I.N.R.A. depuis peu. Par ailleurs, la culture *in vitro* rencontre encore des obstacles (Bekkaoui et al., 1984).

PROGRAMME D'AMÉLIORATION DE L'I.N.R.A.

Objectifs de sélection

• Douglas vert (programme principal)

- Stations : reboisement à basse ou moyenne altitude (≤ 900 m) ; pluviométrie annuelle : ≥ 600 mm ; cinq régions d'amélioration principales : Limousin, Beaujolais-Mâconnais, Nord-Est, Normandie, Piémont pyrénéen.
- Type de produits : bois d'œuvre pour les usages les plus valorisants.
- Sylviculture intensive : fertilisation, plantations à larges espacements (entre 850 et 1 350 tiges/ha), élagage artificiel.

Pour des raisons d'efficacité, le nombre de critères d'amélioration est limité :

- adaptation : débourrement tardif (résistance aux gelées de printemps),
- vigueur : croissance en hauteur et en volume,
- forme : tronc et branches,
- caractéristiques internes du bois : homogénéité et densité (notamment minimale).

• Douglas bleu (programme annexe)

Principalement destiné aux stations suivantes : étage méditerranéen montagnard dans le Sud-Est (700 à 1 100 m), étage montagnard (900 à 1 500 m) dans le Sud du Massif-Central. Les principaux objectifs poursuivis sont :

- adaptation : résistance à la sécheresse estivale et aux froids hivernaux, tolérance aux sols carbonatés,
- vigueur : croissance en hauteur et en volume.

Schéma d'amélioration

La valorisation du progrès génétique par voie sexuée s'articule autour de trois grands principes :

• Valorisation de la variabilité inter-provenances.

Recherche, au moyen de comparaisons de provenances (13 expériences, 39 plantations, 96 hectares), de bonnes populations de l'aire naturelle ou artificielles :

LES PROGRAMMES D'AMÉLIORATION

1953-1958 : utilisation de graines du commerce. L'échantillonnage de provenances américaines était limité et l'origine de ces dernières mal connue.

1970-1982 : utilisation de graines récoltées dans de bonnes conditions de fiabilité : récolte I.U.F.R.O. 1968-1970 (ensemble de l'aire), récolte conjointe I.N.R.A.-Institut de Recherches forestières du Land de Basse-Saxe en 1976 (échantillonnage intensif dans l'État de Washington). On s'est efforcé de rendre cette expérimentation aussi multistationnelle que possible dans une perspective à **court terme** : tri de populations. Des provenances artificielles françaises ont été incluses à titre de comparaison.

- Valorisation de la **variabilité intra-population**

1958-1969 : sélection dans les peuplements français de 320 arbres remarquables par leur phénotype. Compte tenu de la faible héritabilité de la vigueur en forêt, ces sélections sont maintenant abandonnées.

1970-1975 : sélection dans les peuplements classés français de 180 individus adultes pour des critères **héritables** en forêt : tardiveté du débourrement, densité et homogénéité du bois, forme du tronc et des branches. Ces individus sélectionnés sont conservés en parcs à clones.

Depuis 1975 : exploration de la variabilité entre familles en tests de descendance (4 expériences, 7 plantations, 26 hectares) et étude des paramètres génétiques. Par ailleurs, sélection de clones à un stade juvénile, notamment sur la vigueur, en plantations comparatives de provenances et de descendance (cf. tableau I).

- Mise en œuvre de croisements contrôlés

L'objectif est de tester sur leur descendance les clones sélectionnés, de constituer la prochaine génération de la population d'amélioration et d'évaluer les éventuels effets d'hétérosis en croisements inter-provenances. Cette phase de recombinaison en est à ses débuts. Elle concerne les clones sélectionnés depuis 1970. Certains ramets greffés sont élevés en pots et subissent après 3 ou 4 ans des traitements induisant la floraison (cf. article de Bonnet-Masimbert page 48).

Population d'amélioration

Les clones sélectionnés de la population d'amélioration se répartissent en quatre groupes :

Tableau I Clones de la population d'amélioration de l'I.N.R.A.

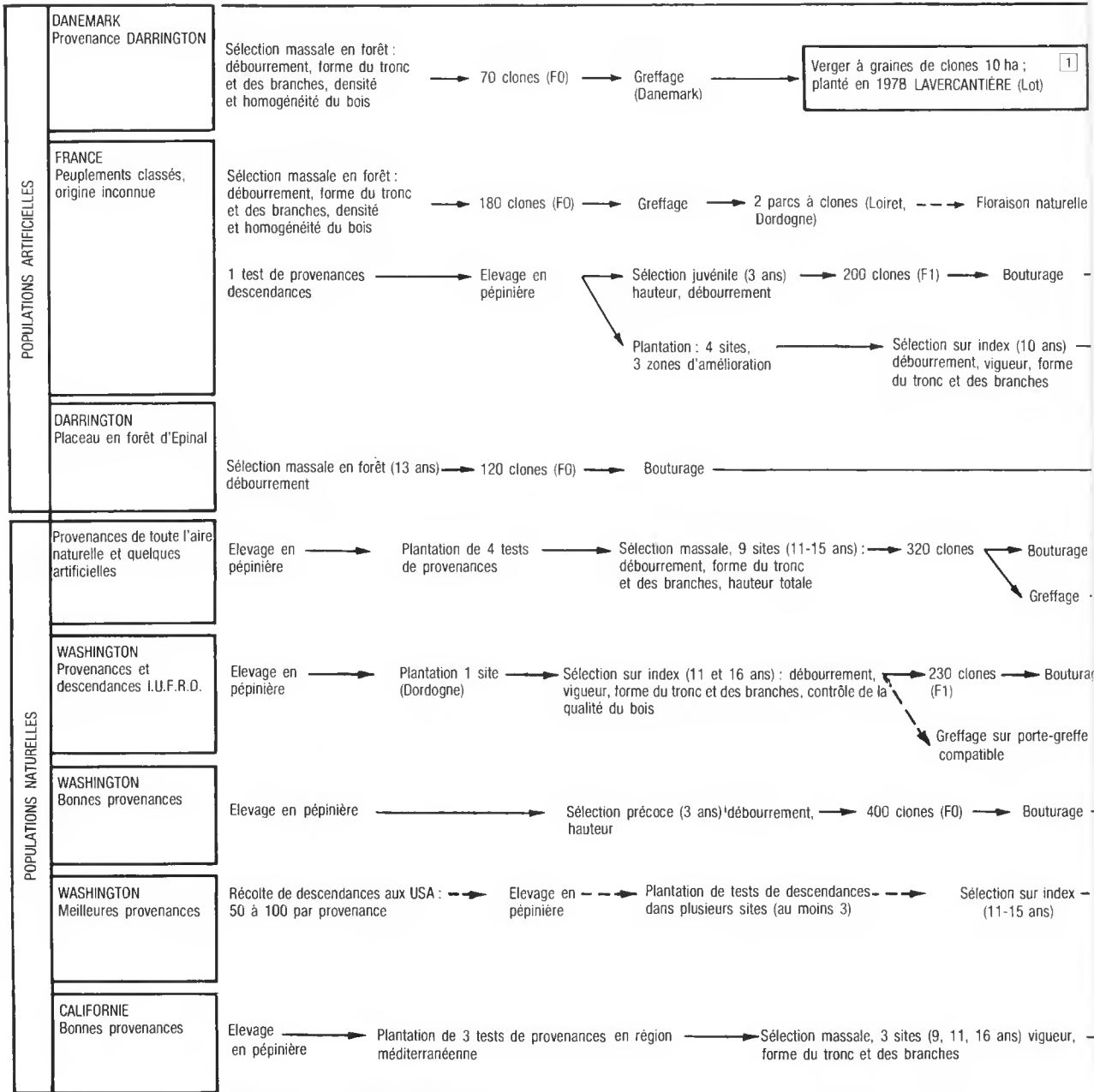
Lieux de sélection	I Peuplements classés français	II Test de provenances	III Test de descendance américaines	IV 4 tests de descendance françaises
Type de sélection	massale	massale	combinée sur index	combinée sur index
Nombre de clones	180	320	210	484
Type de multiplication	greffes	boutures ⁽¹⁾ greffes ⁽²⁾	boutures ⁽¹⁾ greffes ⁽²⁾	boutures
Localisation des ramets	Parcs à clones I.N.R.A.	(1) V.G. CEMAGREF (2) Plants en pots I.N.R.A.	(1) V.G. CEMAGREF (2) Plants en pots I.N.R.A.	repiquage en pépinière Orléans
Age des ramets en 1985	11 ans	6 ans	(1) 4 ans	1 an
Floraison	naturelle	(1) naturelle (2) induite	(1) naturelle (2) induite	—
Perspectives	estimer la valeur reproductrice des clones : polycross	estimer la valeur reproductrice des clones : polycross	recombinaison croisements biparentaux	recombinaison croisements biparentaux

(1) Vergers à graines du CEMAGREF.

(2) Parcs à clones de l'I.N.R.A.

Populations de production - Les vergers à graines

L'importance de l'espèce et du programme d'amélioration qui lui est consacré a débouché sur l'installation par le C.E.M.A.G.R.E.F. de 70 ha de vergers à graines de clones (cf. figure 2) dont la graine pourra être utilisée en toutes régions. La production attendue est de l'ordre de 10 à 15 kg de graines par hectare et par an.



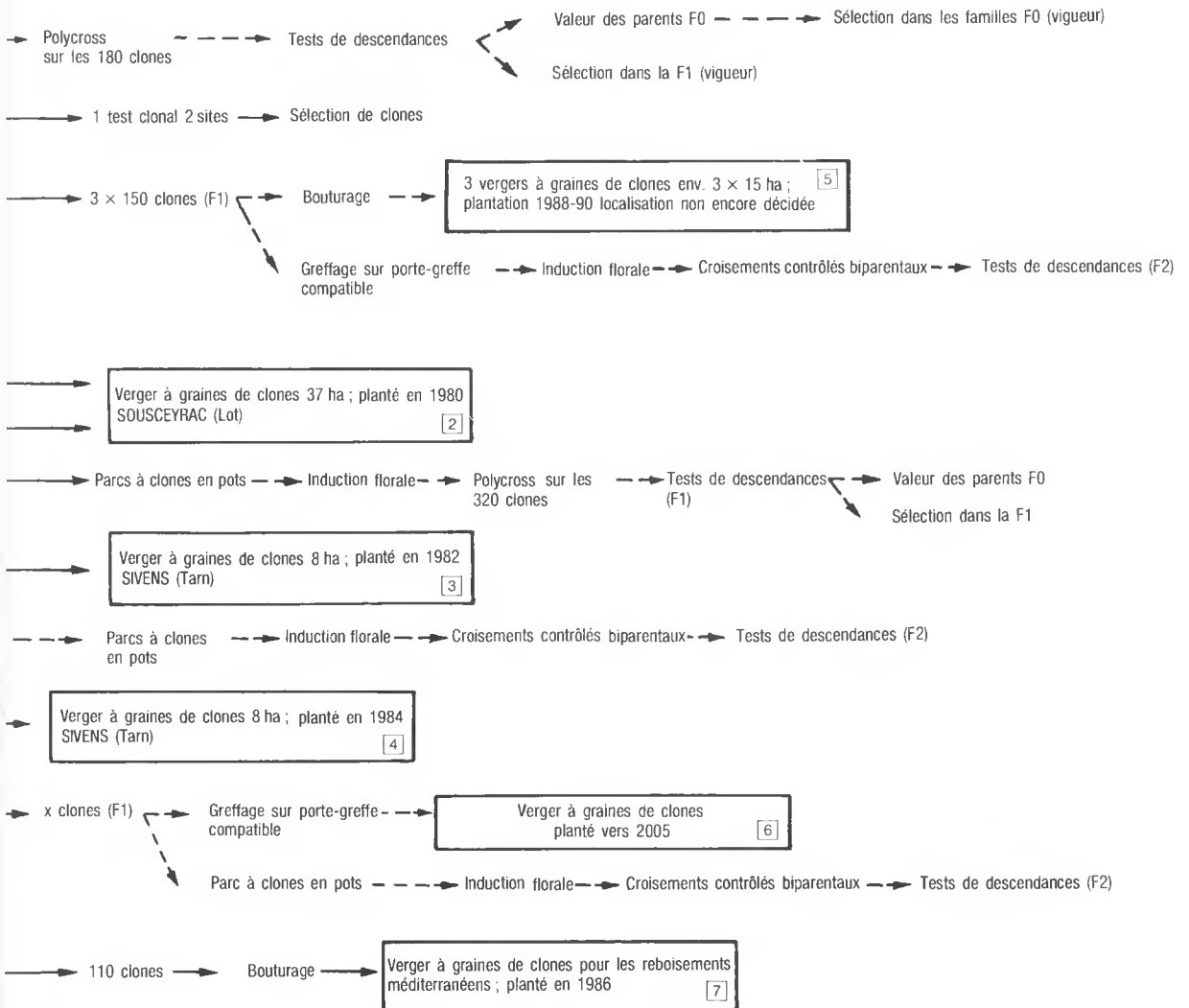
Tous les âges sont donnés depuis la graine

PLANTATION ET GESTION DES VERGERS À GRAINES SONT SOUS LA RESPONSABILITÉ DU C.E.M.A.G.R.E.F.

Les vergers à graines [1] à [4] sont à vocation nationale

Les vergers à graines [5] à [7] sont spécialisés

AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE DU DOUGLAS



→ Opérations réalisées
 - - → Opérations prévues

Nature et amplitude des gains réalisés ou attendus

• Gains par sélection de populations

Dans un site expérimental de Dordogne, à 20 ans, l'accroissement moyen annuel varie de 1 à 3 entre provenances extrêmes. De plus, la meilleure provenance est supérieure de 2 m³/ha/an à la moyenne générale du test, soit l'équivalent d'une classe de fertilité des tables de production de Décourt. De plus, en général, l'interaction provenance × site est faible pour la vigueur et le débourrement.

Sortie pratique : choix des populations

Les plus fortes vigueurs associées à une bonne tardiveté du débourrement sont observées chez les provenances de Douglas vert originaires :

— Au Washington : du Piémont Ouest de la Chaîne des Cascades (altitude inférieure à 500 m) ; du Sud et Ouest de la Péninsule Olympique ; du Sud de l'État. Ces observations ont servi de base aux dispositions réglementaires prises par la Direction des Forêts vis-à-vis des importations de graines des U.S.A.

— En Orégon : dans la partie Nord de l'Etat du piémont Ouest des Cascades et de la Chaîne côtière. Toutefois, dans cet État, les résultats obtenus sont plus irréguliers que dans le Washington.

— Provenances artificielles françaises et étrangères : bon comportement général de la plupart de celles qui ont été testées. Certaines, au moins pour la vigueur, atteignent le niveau des meilleures origines américaines ; exemple : Chassagne (France), Huqueny (Belgique).

— En région méditerranéenne, les provenances californiennes et certaines origines de Douglas bleu semblent prometteuses.

• Gains par sélection d'individus

Les possibilités de gain génétique par sélection de familles et d'individus sont très importantes. Le tableau II présente les espérances de gain calculées dans un test de descendance de 15 ans en Dordogne (Christophe et al, 1979 ; Vonnet, 1983).

Tableau II Exemples d'espérances de gain génétique en sélection individuelle

Sélection combinée (individu × famille) monocaractère	Compromis de sélection dans lequel vigueur, débourrement et homogénéité du bois sont améliorés simultanément
Hauteur totale : + 15 %	+ 8 %
Débourrement : + 81 %	+ 49 %
Circonférence : + 26 %	—
Flexuosité du fût : - 32 %	—
Densité du bois : + 10 %	- 9 %
Hétérogénéité du bois : - 15 %	- 9 %

En sélection multicaractères, les gains attendus sur chaque caractère sont réduits par l'existence de corrélations génétiques défavorables, comme par exemple la liaison vigueur-flexuosité du fût.

La valorisation de cette variabilité individuelle est la priorité actuelle du programme I.N.R.A.

Mesures de conservation de la variabilité naturelle

Depuis 1976, le C.E.M.A.G.R.E.F. a installé environ 148 ha de plantations conservatoires de 9 provenances différentes d'origine parfaitement connue (récoltes I.U.F.R.O. et I.N.R.A.) et de bonne qualité génétique. Jusqu'en 1987, 64 ha supplémentaires sont programmés. Toutes ces plantations conservatoires sont installées en forêts domaniales.

PROGRAMME D'AMÉLIORATION DE L'A.FO.CEL.

Le programme de l'A.FO.CEL comporte trois volets :

Variabilité inter-provenances (programme PROVDOUG)

Ce programme comporte trois séries d'essais (cf. tableau III).

LES PROGRAMMES D'AMÉLIORATION

Tableau III

Programme Provdoug de l'A.FO.CEL

Nom de la série d'essais	Sources de graines testées	Nombre d'essais	Type de dispositif	Nombre de plants à la plantation	Age depuis la graine (fin 85)
Provdoug B	186 provenances de l'ensemble de l'aire naturelle.	18	mono-arbre	54 000	10 ans
Provdoug C	82 provenances du Washington (Ouest Cascades). 9 descendances maternelles de peuplements français classés. 7 provenances du Washington servant de « ponts » aux 3 séries d'essais.	7	mono-arbre	16 300	9 ans
Provdoug D	20 provenances de peuplements français classés. 80 descendances maternelles de peuplements français classés. 6 provenances du Washington servant de « ponts » aux 3 séries d'essais.	4	mono-arbre	10 200	5 ans

Ce réseau d'essais couvre pratiquement l'ensemble de la France à l'exclusion toutefois de la région méditerranéenne et des zones d'altitude supérieure à 900 m. Les observations réalisées et en cours concernent la vigueur, le débourrement, le polycyclisme, la fourchaison et la branchaison.

Les résultats de la série « PROVDoug B » confirment les observations faites en pépinière (Michaud) et permettent de définir l'influence de la longitude, la latitude et l'altitude du lieu de récolte sur la vigueur. La série « PROVDoug C » montre que les écarts entre provenances de l'Ouest du Washington peuvent être très importants.

Variabilité individuelle (programme SEL DOUG)

L'objectif de ce programme est la création d'une variété polyclonale d'une dizaine de clones pour chacune des grandes régions où le Douglas est planté en France.

- Sélection - mobilisation

Environ 4 750 clones ont été sélectionnés sur des critères de vigueur et de forme, soit en pépinière soit dans des peuplements plus ou moins âgés. 2 000 clones sont actuellement travaillés. Les individus âgés nécessitant un long processus de rajeunissement, la sélection d'ortets doit se faire sur des plants jeunes, de 1 à 3 ans.

- Parcs à pieds-mères, production de boutures orthotropes

Les clones une fois plantés sont taillés en haie basse. Il a fallu attendre la quatrième année pour que les boutures prélevées sur le parc à pieds-mères aient un taux d'enracinement correct (plus de 70 % pour certains clones et 200 copies d'un même clone). La technique retenue est celle du bouturage hivernal : prélèvement des boutures en décembre, séjour de 2 mois au froid, enracinement sur gravier (auxines, chauffage) et repiquage en mottes Melfert. On produit ainsi des plants issus de boutures plantables à un an. Les améliorations doivent porter sur la réduction de la variabilité intra-clonale, la stimulation de la croissance après le repiquage et sur la recherche d'une meilleure orthotropie sur certains clones.

- Tests clonaux

Six parcelles ont été installées depuis 1981, qu'il s'agisse d'essais ou de parcelles démonstratives. Comparativement aux plants issus de semis de bonnes provenances, la croissance de certains clones semble très bonne. On a aussi constaté que le caractère plagiotrope de certaines boutures disparaissait totalement au bout de 3 saisons de végétation.

Culture *in vitro*

Étant admis que les jeunes semis peuvent aisément être propagés par bouturage horticole, les recherches sont principalement orientées vers la micropropagation d'arbres âgés. Les thèmes étudiés sont les suivants :

- rejuvenissement de l'ortet : greffages en cascade, greffage de mÉRISTÈMES sur de jeunes semis, pulvérisation de cytokinines,
- mise au point de milieux de culture adaptés,
- variation des teneurs des composés hormonaux dans les tissus en relation avec leur réactivité.

Perspectives

Pour certains caractères, par exemple la vigueur, les essais de provenances vont conduire dans quelques années à des résultats quasi définitifs, d'où une meilleure connaissance des sources de graines intéressantes pour les reboisements français.

En ce qui concerne la multiplication végétative, on continuera à étudier la production et le comportement de plants issus de boutures prélevées sur des pieds-mères, qu'il s'agisse de pieds-mères installés en pleine terre, ou en serre, sur milieu artificiel. On prévoit également la multiplication en masse par bouturage de semis issus de très bons croisements : ceux-ci résulteront d'hybridations contrôlées qui seront réalisées à partir d'arbres sélectionnés sur indice dans les essais de provenances. Certains de ces essais seront d'ailleurs transformés, par éclaircies génétiques successives, en peuplements sources de graines. La valeur de ces graines sera vérifiée en tests de qualification.

J.-Ch. BASTIEN B. ROMAN-AMAT
Station d'Amélioration des Arbres forestiers
CENTRE DE RECHERCHES FORESTIÈRES (I.N.R.A.)
ARDON 45160 OLIVET

D. MICHAUD
ASSOCIATION FORÊT-CELLULOSE
9, avenue Garibaldi
87000 LIMOGES

BIBLIOGRAPHIE

- BEKKAOU (F.), FRANCLLET (A.), WALKER (N.). — Culture *in vitro* de mÉRISTÈMES de Douglas âgés et juvéniles. — *Annales de l'A.FO.CEL.*, 1984, pp. 45-72.
- BIROT (Y.). — Genetics of Douglas-Fir. — Communication présentée à la réunion I.U.F.R.O. de Lourizan (Espagne). — 1982. — 43 p.
- BOUCHON (J.). — Potentialités forestières en France : le cas du Douglas. — Compte rendu de fin d'étude d'une recherche financée par la D.G.R.S.T., décembre 1979.
- CHRISTOPHE (C.), BIROT (Y.). — Genetic variation within and between populations of Douglas-Fir. — *Silvae genetica*, vol. 18, n° 4, 1979, pp. 97-104.
- DE LA GOUBLAY DE NANTOIS (T.). — Rajeunissement chez le Douglas (*Pseudotsuga menziesii*) en vue de la propagation végétative. Étude sur la plagiotropie des parties aériennes et racinaires. — Université de Paris VI, 1980. — 44 p. (Mémoire de D.E.A.).
- MICHAUD (D.). — First results of American Douglas-Fir provenance trials in France. — Communication présentée à la réunion I.U.F.R.O. du Groupe S2.02.05, juin 1985, Vienne (Autriche).
- MICHAUD (D.). — Résultats en pépinière de 184 provenances de Douglas. — *Annales de l'A.FO.CEL.*, tome 1, 1978.
- VONNET (G.). — Contribution à l'étude de la variabilité génétique de la densité et de l'hétérogénéité du bois de Douglas. — Université de Nancy I, 1983. — 86 p. (Mémoire de D.E.A. de Biologie végétale).