

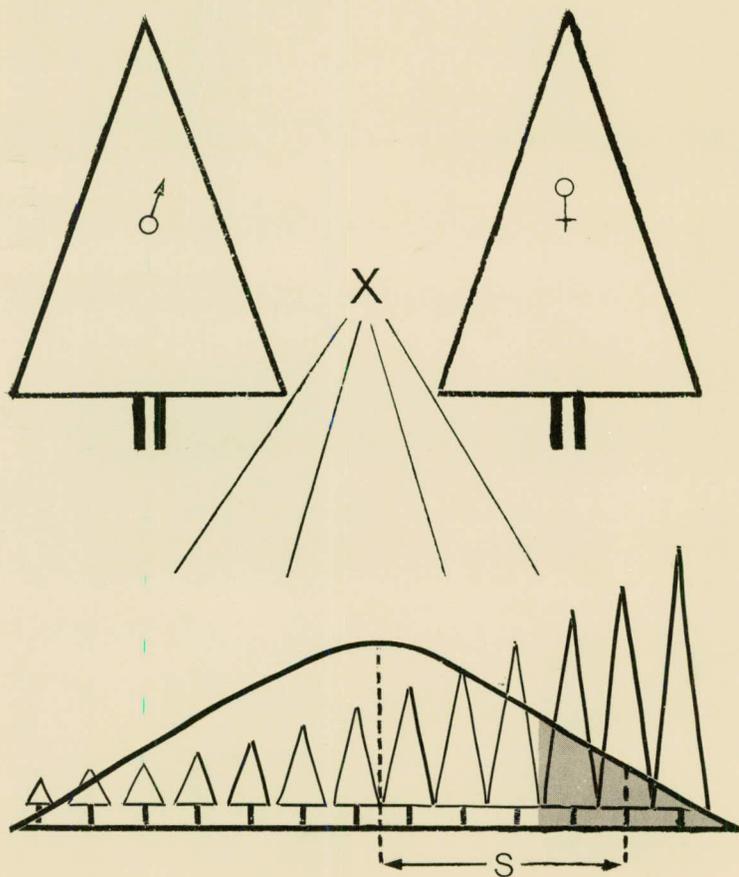
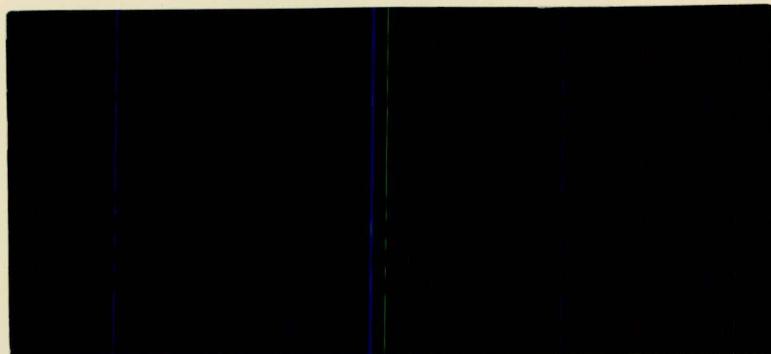


Pêches  
et Environnement  
Canada

Fisheries  
and Environment  
Canada

Service  
des forêts

Forestry  
Service



CENTRE DE RECHERCHES FORESTIÈRES  
DES LAURENTIDES  
GÉNÉTIQUE ET AMÉLIORATION



RAPPORT DE MISSION  
EN FRANCE

par  
Armand Corriveau  
Février, 1983

Rapport interne GA-83-01  
Section de génétique et d'amélioration  
Centre de recherches forestières des Laurentides

## TABLE DES MATIERES

	pages
Préambule	1
Calendrier des visites	4
Visite du Laboratoire de physiologie de l'AFOCEL	6
-Rajeunissement des ortets	6
-Micropropagation	7
-Bouturage sur équanappe	8
-Le motte MELFERT	9
Visite au Laboratoire du phytotron, C.N.R.S., Gif-sur-Yvette	
-Endurcissement	10
-Cultures de couches-minces	11
Visite à la Station d'amélioration des arbres C.N.R.F. d'Orléans	12
-Importance de la semence forestière française et reboisement	12
-Personnel de la Station d'amélioration des arbres d'Orléans	13
-Les programmes de génétique et d'amélioration forestières	15
a) Programmes relatifs aux résineux	16
-Amélioration des conifères	16
-Amélioration du Douglas et de l'épinette de Sitka	18
b) Programmes relatif aux feuillus	19
-Biomasse et utilisation des sols hydromorphes	20
-Amélioration des feuillus	21

	PAGES
c) Etudes physiologiques	22
-Multiplication in vitro du merisier	22
-Induction de la floraison des arbres forestiers	23
Visite de la Station de recherche sur la qualité des bois, C.N.R.F. Nancy	24
Visite du Laboratoire de graines, C.N.R.F. Nancy	25
Visite à la Station d'amélioration des arbres C.N.R.F. Nancy	
Visite de l'Ecole nationale du génie rural des eaux et des forêts, Nancy.	28
Visite de la Station d'amélioration des conifères C.N.R.F. Bordeaux	30
-Amélioration du pin maritime	31
-Amélioration du pin noir	33
-Introduction d'espèces	33
-Analyse biométrique	34
Bibliographie	35

## RAPPORT DE MISSION EN FRANCE

Préambule

L'idée de cette mission en France a germé suite à une publication fort réussie de l'AFOCEL\* intitulée "Micro-propagation d'arbres forestiers". Cette technique très prometteuse permet la production en grand nombre de génotypes supérieurs. Elle accélérerait l'obtention de gains économiques importants à partir de l'identification d'un nombre restreint de sources ou d'individus à haute productivité ou résistants aux maladies. La multiplication végétative, contrairement à la multiplication sexuée n'implique pas la brisure du complexe génique désirable. Il s'agit de songer à la multiplication par millions d'hybrides de pin blanc résistants à la rouille vésiculeuse, possédant une forte croissance et des fûts très droits pour réaliser l'impact économique que peut avoir cette technique.

Après discussion avec Gilles Vallée du Service de la recherche forestière du MER\*\*, il a été décidé qu'une visite à l'AFOCEL s'imposait pour découvrir à quel niveau de développement était rendu leur recherche dans ce domaine et qu'elles pourraient être les difficultés d'entreprendre des travaux dans cette direction. Il fut convenu que cette mission se ferait au cours de la première semaine de septembre, soit la semaine précédant la réunion en Italie des chercheurs impliqués dans l'amélioration et l'utilisation des peupliers; réunion à laquelle G. Vallée devait participer en tant que président du Canadian Poplar Council. Tant qu'à se rendre en France il devenait essentiel de faire en sorte que ce voyage soit le plus instructif possible et il fut décidé de tenter de rencontrer les chercheurs français

\*Association Forêt-Cellulose

\*\* Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec

impliqués en génétique et amélioration, physiologie, multiplication et fructification des arbres forestiers.

L'objectif étant fixé il ne restait plus qu'à trouver les moyens financiers nécessaires; le montant total requis n'ayant pas été prévu dans le budget 1982-83 du projet CRFL-16. A la suite d'informations obtenues à droite et à gauche nous avons finalement découvert l'existence des programmes d'échange de scientifiques du Conseil de recherches en sciences naturelles et génie du Canada. Le CRSNG participe à des programmes d'échange avec: la France, en vertu de l'accord sur les échanges culturels-, le Conselho Nacional de Desenvolvimento científico e tecnologio du Brésil, l'Académie des sciences de la Tchécoslovaquie et la Société japonaise pour l'avancement des sciences (Japon).

Le but des programmes d'échanges de scientifiques est de permettre aux scientifiques canadiens de faire des visites de courte ou de longue durée à chacun des pays susmentionnés et de permettre aux scientifiques de ces pays d'effectuer des visites semblables au Canada.

Sont éligibles à ces programmes, les citoyens canadiens travaillant dans l'un des domaines scientifiques ou techniques subventionnés par le CRSNG. Les scientifiques rattachés au gouvernement fédéral, provinciaux et municipaux, à l'industrie et à des instituts de recherches privées peuvent participer à ces programmes si leur statut professionnel équivaut à celui d'un professeur d'université.

Les conditions varient selon les programmes mais comprennent en général une allocation de dépenses fournie par le pays-hôte. Dans le cas du programme d'échanges de courte durée avec la France (moins de 3 mois) cette allocation est de 5000 francs français par mois.

Les frais de voyage des scientifiques à l'emploi du gouvernement fédéral sont à la charge de ce dernier. Mes frais de repas, de logement et

de transport aérien furent donc prélevés de mon budget de recherche, tandis que le coût des déplacements (location d'une voiture) dans le pays-hôte furent couverts par l'allocation reçue de la France.

L'organisation de ce voyage fut une véritable course contre la montre: la demande de participation au programme fut postée le 25 mars alors que la date limite était le 15 du même mois; aucune lettre d'invitation des homologues français n'avait été reçue à la mi-mai; elles ne purent être expédiées au Bureau des relations internationales du CRSNG que le 18 juin; celui-ci devait demander et obtenir l'accord de la partie française, ralentie par l'approche des vacances; le OK final me fut donné par téléphone 10 jours seulement avant le départ prévu pour le 28 août 1982. Entre-temps une directive ministérielle fut émise à l'effet que tous les voyages outre-mer devaient être annulés à compter du 1er août à moins d'avoir été sanctionnés par le Ministre. N'eut été l'intervention rapide du Dr Paillé, directeur régional et du Dr Winget nouvellement en fonction à Ottawa, le tout tombait à l'eau cinq jours avant le départ.

Calendrier de visites

<u>Date</u>	<u>Organismes visités</u>	<u>Personnes rencontrées</u>
28 août 1982	départ de Québec	
29 août	arrivée à Paris	
31 août et 1 sept.	Laboratoire de physiologie, AFOCEL, Domaine de l'Etançon, 77370 Nangis	A. Franclet M. Boulay G. Touzet
2 septembre	Laboratoire du phytotron Centre National de la recherche scientifique, Gif-sur-Yvette, 91190 Essonne	Mme Tran-Thanh-Van Mme Hubac A. D'Aoust
3 septembre	Station d'amélioration des arbres, I.N.R.A. C.N.R.F. d'Orléans Ardon, 45160 Olivet	M. Birot J. Bonnet-Mazimbert D. Cornu
6 septembre	Station de recherche sur la qualité des bois, I.N.R.A., C.N.R.F. Champenoux, 54280 Seichamps	G. Nepveu Mme Varsin Mme Hubert

7 septembre	Laboratoire d'analyse des semences, I.N.R.A. C.N.R.F. Champenoux, 54280 Seichamps	Mme C. Muller
8 septembre	Station d'amélioration des arbres, I.N.R.A. C.N.R.F. Champenoux, 54280 Seichamps	M. Vernier
9-10 sept.	Ecole nationale du génie rural des eaux et forêts, Nancy, 54042 Cedex	B. Martin J. Guillard
13-14 sept.	Station d'amélioration des arbres, I.N.R.A. C.N.R.F. d'Orléans, Ardon, 45160 Olivet	J.F. Lacaze M. Lemoyne E. Tessier-du-Cros Y. Birot J.C. Bastien
16-17 sept.	Station d'amélioration des arbres forestiers, C.N.R.F. de Bordeaux, I.N.R.A. Pierroton, 33610 Cestas	M. Arbez A. Kremer P. Baradat M. Charron

Visite du Laboratoire de physiologie de l'AFOCEL

(A. Franclet)

La préoccupation première du Laboratoire de physiologie de l'AFOCEL au Domaine de l'Etançon est la multiplication végétative des arbres forestiers. L'emphase y est placée sur trois sujets principaux; le rajeunissement des ligneux, le bouturage conventionnel et la propagation par culture *in vitro* ou micropropagation. Le Laboratoire est sous la direction de A. Franclet.

- Rajeunissement des ortets

Les premiers travaux de l'AFOCEL dans ce domaine ont commencé par des essais de greffage de bourgeons florifères prélevés dans la cime d'un *Eucalyptus camadulensis* âgé de plus de 80 ans. A la suite de trois transports successifs des méristèmes apicaux de cet arbre adulte sur des sujets juvéniles par des greffages en tête, espacés dans le temps de 2 à 3 mois, un clone juvénile avait été créé. Un des résultats impressionnants des travaux de rajeunissement conduits par Franclet fut le rajeunissement des cyprès millénaires de Tassili des Ajers obtenu par un seul microgreffage des greffons sénescents sur des portes-greffes juvéniles de *Cypressus sempervirens*. Les travaux subséquents de l'AFOCEL furent orientés vers le rajeunissement des clones, autrement que par des choix de rameaux ou bourgeons susceptibles d'avoir conservé un état juvénile dans des zones prévilégiées d'un arbre âgé. Ainsi des techniques de taille ont été appliquées et le chauffage du sol des pieds-mères a permis d'améliorer l'aptitude au racinement des boutures de Douglas. Egalement des pulvérisations au BAP, bensil-amino-purine ont permis d'accroître la multiplication des bourgeons axillaires pour la

micropropagation. Selon Franclet l'aptitude au bouturage est en relation avec la vitesse d'établissement et l'intensité des phénomènes de maturation des méristèmes ainsi qu'avec la facilité de leur réversion. Dans tous les cas, prétend-il, on peut en agissant sur les pieds-mères diminuer la maturation du méristème apical de la future bouture, soit en altérant l'état des méristèmes apicaux actifs (transfert sur portegreffes juvéniles, rapprochement d'un système racinaire néoformé etc...) soit rechercher et stimuler l'activité de méristèmes axillaires inhibés dès leur mise en place et - de ce fait - restés juvéniles (taille, recépages, arcures etc...) soit enfin néoformer des méristèmes apicaux dans des massifs cellulaires différenciés à la suite de blessures (recépages, drageons, tigelles sur cals en technique in vitro).

#### - Micropropagation

La micropropagation est la propagation de végétaux par l'induction d'une organogénèse à partir d'explantats organisés (organes ou fragments d'organes). Le coefficient de multiplication (possibilité théorique de 200,000 copies en un an à partir d'un fragment de rejet de sequia) et la possibilité de stocker au froid, à l'état de vie ralentie le matériel pendant un temps assez long sont les principaux atouts de la micropropagation en amélioration génétique et production forestière. Elle est pratiquée autant chez les résineux (avec plus de difficulté) que chez les feuillus. Ce sont principalement le Douglas, le Sequia et le pin maritime qui occupent l'intérêt de l'AFOCEL avec les Eucalyptus et le merisier (Prunus avium).

Les explantats peuvent être prélevés sur des graines mûres, comme ils peuvent être des fragments d'hypocotyles et de cotylédons, des méristèmes apicaux, des bourgeons ou des brachyblastes.

Le trop jeune âge des explantats de graines ou de fragments de cotylédons et d'hypocotyles ne permet malheureusement pas d'évaluer le potentiel ou l'intérêt génétique des sujets. La technique de culture des brachyblastes a permis la micropropagation d'arbres plus âgés. Chez le pin maritime (Pinus pinaster Ait.) des prélèvements furent effectués sur des pousses développées au sommet de rameaux courts.

La technique de micropropagation n'est pas encore à point et des recherches additionnelles sont nécessaires afin de la rendre applicable commercialement. Les principaux problèmes résident au niveau du maintien de la vigueur des souches, des balances hormonales qui influencent une organogénèse normale, et de l'aseptisation des milieux de culture.

La méthode proposée par Franclet pour la production en masse d'Eucalyptus serait la suivante:

- 1° greffer les arbres adultes de façon à rajeunir le tissu en vue de la micropropagation,
- 2° micropropager sur gelée,
- 3° repiquer les tigelles obtenues sur gelée, sur des cigarettes de fibres minérales,
- 4° transférer la cigarette dans un récipient plus volumineux et permettre un meilleur développement racinaire,
- 5° transplanter directement en champs les sujets ayant atteint les dimensions recherchées,

- Bouturage sur aquanappe et sous tente.

La méthode de bouturage expérimentée et ayant donné les meilleurs résultats est celle pratiquée sous enceinte, ci-après appelée tente, et sur

une nappe imprégnée d'eau chauffée ou dégourdie.

Avant leur mise sous tente, les boutures sont taillées de la longueur désirée, fonction de l'espèce, mais généralement ne dépassant pas 10 cm, et placées au centre d'une motte MELFERT remplie d'un mélange de perlite-vermiculite auquel du potassium et du phosphore ont été ajoutés. Les mottes sont par la suite déposées sur une table en contact avec une masse d'eau et sur laquelle est placée une nappe (aquanappe) dont les extrémités beignent dans l'eau. Cette masse d'eau est légèrement chauffée de manière à maintenir une température de 30°C et une humidité relative de 100% à l'intérieur de la tente.

Le réservoir d'eau est simplement une boîte de béton remplie. La structure de la tente est constituée de deux treillis métalliques appuyés à leur extrémité inférieure sur le caisson de ciment et l'un contre l'autre à leur extrémité supérieure. Cette structure est recouverte d'un film de polyéthylène et refermée aux extrémités. Les extrêmes de température, durant les journées ensoleillées du printemps et de l'été, sont évitées par l'usage d'un film de coton lâchement tissé sur lequel s'écoule un ruissellement d'eau approvisionné par un conduit perforé situé au sommet de la tente. L'évaporation de l'eau refroidit l'enceinte. La radiation solaire est partiellement coupée par le film d'eau, le tissu de coton, le film de polyéthylène et par le treillis métallique. L'éclairage fournit sous la tente est de 10,000 lux ou 1 000 ft candel.

- La motte MELFERT

La motte MELFERT est une autre réalisation ingénieuse de l'AFOCEL. Il s'agit d'un sac fait d'un tissu SCREENIL permettant la pénétration des

racines. Le sac est rempli du substrat d'enracinement voulu; perlite, vermiculite, brisure d'écorce d'arbre, mousse de tourbe ou de sphaigne ou d'un mélange de deux ou plus de ces matériaux. On peut même y inclure un fertilisant à dissolution lente. La formation de la motte est obtenue par l'enroulement du sac plein sur lui-même. Lors de l'ensemencement, les graines sont simplement déposées sur l'extrémité supérieure de la motte. Lors du bouturage, les boutures sont calées de 3 à 4 cm dans le centre de la motte. S'il s'agit de boutures racinées, il suffit d'enrouler délicatement le sac autour des délicates racines. Le cernage racinaire aérien est assuré par l'utilisation d'un plateau spécial qui maintient les mottes éloignées les unes des autres. Lorsque les racines, poursuivant leur développement, viennent en contact avec l'air elles arrêtent leur croissance résultant en un système racinaire qui prend l'allure général d'une brosse à récurer les bouteilles. Lorsque placées en terre, ces racines reprennent leur croissance assurant ainsi un développement harmonieux et un ancrage solide dans le sol.

#### Visite au Laboratoire du phytotron, C.N.R.S. Grif-sur-Yvette

##### - Endurcissement

Cette visite fut effectuée en compagnie de A. D'Aoust actuellement en stage de travail à cette institution. Mme Hubac, directrice des travaux d'André, nous a d'abord informé de la nature de ces recherches sur l'endurcissement des plantes aux stress environnementaux, notamment, la sécheresse et le froid. Entre autres on y essaie d'induire chez des plants de fèves

une résistance accrue à la sécheresse par l'exposition de leur système racinaire à de courtes périodes journalières de froid.

Nous avons par la suite eu l'occasion de visiter l'ensemble des facilités du phytotron: chambre de croissance à environnement entièrement contrôlé, enceintes extérieures refroidies par un écoulement d'eau en surface, serres de verre conventionnelles. Il est à remarquer que peu de travaux de recherche conduits au laboratoire du phytotron sont effectués sur des plantes ligneuses. Les céréales, les légumes et les plantes florales constituent le matériel de recherche de base.

- Culture de couches minces (Mme Tran-Thanh-Van)

Madame Tran-Thanh-Van effectue des recherches sur la régulation de la morphogénèse et ces travaux ont le plus souvent été conduits à l'aide de fragments et de couches minces de différents organes cultivés in vitro. Ces couches minces sont plus dépendantes du milieu de culture et des facteurs environnementaux que des masses plus volumineuses et par conséquent ont contribué davantage à la compréhension du déterminisme de la morphogénèse. La morphogénèse s'est révélée être contrôlée par un équilibre quantitatif entre plusieurs facteurs. Cet équilibre est fonction du stade physiologique de la plante-mère au moment de l'excision des couches minces de cellules. A la fois l'histoire évolutive de la plante-mère et les traitements appliqués aux explantats doivent être considérés. L'étude au niveau cellulaire de la différenciation des bourgeons montre que leur origine est superficielle i.e. issue des cellules épidermiques. La formation de bourgeons de novo dépendrait donc du stade physiologique de la plante-mère, du type d'organes mis en culture, de la dimension des explantats et du mode d'apport hormonal.

Visite à la Station d'amélioration des arbres C.N.R.F. d'Orléans.

(J.F. Lacaze)

Importance de la ressource forestière française et reboisement

Un aperçu rapide de la structuration et du rôle du C.N.R.F. à l'intérieur de l'I.N.R.A. a d'abord été présenté par J.F. Lacaze, directeur de la Station d'amélioration des arbres forestiers. Il a également tenu à me faire connaître l'importance de la ressource forestière française.

Il y a en France:

- 14 millions d'ha de forêts, dont 9 millions d'ha productifs,
- 37 millions de m<sup>3</sup> récoltés (dont 7 autoconsommés),
- 4.2 millions d'ha de forêts publiques,
- 9.8 millions d'ha de forêts privées appartenant à environ 3 millions de propriétaires.

L'industrie des produits forestiers compte

80,000 entreprises; fournit  
650,000 emplois; à  
80 milliards FF de chiffre d'affaires,  
dont 11.2 milliards FF d'exportation,  
toutefois l'importation de produits forestiers représente 12 milliards  
FF de déficit du commerce extérieur.

Les 2 problèmes majeurs de la foresterie française sont le morcellement

de la superficie boisée et l'absence d'une autorité politique autonome responsable de la production du bois en forêt et de sa transformation industrielle.

Les principales essences conifères de reboisement en France sont: le sapin de Douglas avec 20 millions de semis produits annuellement et une superficie de reboisement de 15,000 ha. L'épicéa commun, le pin sylvestre, le mélèze européen et le cyprès viennent en second lieu. Les essences mineures sont l'épinette de Sitka (Picea sitchensis), le sapin grandissime (Abies grandis), le sapin blanc (A. alba) et le pin lodgepole (P. contorta).

Au total 50,000 ha sont plantés annuellement avec 10 espèces conifères. Depuis la fin de la deuxième guerre mondiale, 2 millions d'ha ont ainsi été reboisés. La superficie actuelle de la forêt artificielle de Douglas est de 250,000 hectares.

- Personnel de la Station d'amélioration des arbres d'Orléans

Outre le directeur de la recherche la station compte 35 personnes à temps plein dont 9 chargés de recherches, 3 administratifs, 3 ingénieurs et 20 techniciens:

Directeur de recherches et de la Station

J.F. Lacaze

## Unité d'amélioration des résineux

Yves Birot	Maître de recherches
Jean-Charles Ferrand	Assistant
Jean-Charles Bastien	Ingénieur
Joseph Le Couviour	Ingénieur

## Unité d'amélioration des feuillus

Michel Lemoine	Maître de recherches
Eric Teissier du Cros	Chargé de recherches
Jean Dufour	Ingénieur

## Unité de physiologie

Marc Bonnet-Masimbert	Chargé de recherches
Daniel Cornu	Chargé de recherches

La Station d'amélioration des arbres forestiers d'Orléans coopère avec de nombreuses stations de l'I.N.R.A. du département des forêts, avec d'autres départements et avec des unités de recherches hors de l'I.N.R.A. Elle participe à l'enseignement de diverses écoles telles l'E.N.G.R.E.F., l'E.N.I.T.E.P., I.N.A.P.G. et avec l'université d'Orléans.

Les résultats de ces recherches sont valorisées par le C.E.M.A.G.R.E.F. et par l'I.D.F.

Pour réaliser ses objectifs la Station d'amélioration d'Orléans a à sa disposition:

- 1 chambre de cultures in vitro
- 4 serres plastiques de 200 m<sup>2</sup>
- 1 serre haute de 470 m<sup>2</sup>
- 2 serres de verre de 50 m<sup>2</sup>
- 29 ha de pépinières pour la production et la sélection au stade juvénile
- 2 domaines totalisant 120 ha; Cadouin en Bordogne et Peyrat-Le-Château en Haute-Vienne.

De plus, différents points d'appui répartis sur l'ensemble du territoire français permettent l'expérimentation à moyen terme.

- Les programmes de génétique et d'amélioration forestières

La Station d'amélioration d'Orléans se partage avec le Laboratoire d'amélioration des arbres de Bordeaux, la responsabilité de la sélection et de l'amélioration génétique du matériel végétal utilisé dans les opérations de régénération forestière et de reboisement.

La sélection s'entend du choix d'espèces, de provenances et d'individus dans une essence donnée: l'amélioration génétique vise à la création de variétés nouvelles obtenues par le croisement ou l'hybridation d'espèces ou de génotypes supérieurs.

La méthodologie adoptée, très proche de celle d'autres centres de recherche et d'amélioration, consiste à découvrir et à valoriser l'énorme variabilité naturelle de la plupart des espèces forestières françaises au niveau inter-et intra-spécifique et individuel. L'examen de la variabilité intra-spécifique conduisant à la sélection des provenances; l'utilisation de

la variabilité individuelle débouchant sur la création de variétés obtenues par voie sexuée (vergers à graines) ou par voie végétative (variétés multi-clonales). Un effort particulier est donné à l'estimation des paramètres génétiques des caractères économiques importants en vue d'optimiser l'utilisation de la variabilité dans la production de variétés synthétiques.

a) Programmes relatifs aux résineux

- Sélection en vue de sites particuliers et difficiles.

Elle vise à détecter des sources et géotypes capables de se développer de manière satisfaisante dans des conditions environnementales particulières et difficiles.

- L'amélioration génétique vise des grandes espèces de reboisement telles le Douglas, l'Épicéa commun, l'Épicéa de Sitka, les Mélèzes et Cyprès. Des programmes moins ambitieux sont engagés sur des espèces moins importantes et potentiellement moins intéressantes telles l'Abies grandis, le Larix laricina, le Pinus contorta et le Pinus sylvestris.

- Amélioration des conifères

(Y. Birot)

Les principaux programmes d'amélioration conduits portent sur le sapin de Douglas, l'épicéa commun et les mélèzes hybrides. L'épicéa commun (Picea abies) de façon naturelle, n'occupe que l'est de la France où il est restreint aux régions montagneuses: les Vosges, le Jura et les Alpes. Ces régions sont situées à l'extrême ouest du territoire naturel de l'espèce.

L'épicéa commun est planté en France depuis longtemps et il demeure la première espèce de reboisement.

Les recherches sur la génétique de l'épicéa commun sont conduites au deux niveaux de la variation génétique; variation inter-populationnelle et variation infra-populationnelle.

L'amélioration génétique de cette espèce est conduite selon les grandes lignes suivantes: des régions de provenances ont été définies en accordance à trois grandes règles; il ne se fait pas de mélange, à l'intérieur d'une même région, des peuplements naturels et artificiels; une région de provenance est constituée de peuplements présents dans les mêmes conditions écologiques, elle n'a donc pas de limites géographiques; les peuplements sont choisis en fonction de leurs caractéristiques phénotypiques.

L'utilisation des sources de semences locales est recommandée dans les régions où l'espèce est indigène de sorte à éviter la migration de gènes à l'intérieur d'écotypes existants. C'est la raison pour laquelle les programmes d'amélioration de l'espèce ont été conduits dans les régions où l'espèce est exotique. Les sources de semences sont recommandées principalement en fonction de l'altitude des régions de reboisement.

Les vergers à graines clonales sont mis sur pied à partir de sélections effectuées dans les provenances supérieures identifiées dans les essais de provenances. La valeur en croisement des clones sera évaluée par des tests de descendance issues de pollinisation dirigée. Deux vergers de ce type sont établis pour desservir le Jura français (haute altitude) et un autre pour desservir les basses et moyennes altitudes constituées de clones de la provenance Rachovo (Ukraine).

Trois vergers à graines de semis sont projetés ou en voie de réalisation. Ils originent de 3 provenances distinctes; Nord-est de la Pologne,

Beskidés également de Pologne et le Champois (premier plateau de Jura).

Initialement les arbres parents sont sélectionnés en forêt naturelle en fonction de caractéristiques fortement hérissables telles la densité du bois, la forme, la branchaison et le déboursement tardif. Les semences de ces arbres sont récoltées et leurs descendances testées en pépinière. Une deuxième sélection effectuée sur une base familiale est effectuée en pépinière. Les caractéristiques considérées sont alors la croissance en hauteur et la tardivité du déboursement. Seuls les sujets des provenances à déboursement tardif ayant démontré les meilleurs accroissements, des provenances à déboursement tardif sont utilisés pour constituer les vergers à graines de semis.

La création de variétés multiclonaux destinées à la production de stocks de reboisement par la méthode Kleinschmit a été initiée. Le point de départ est la sélection au stade juvénile (âge:4 ans, en pépinière) des meilleurs sujets des provenances et familles supérieures. La sélection est pratiquée par tandem ou sur indices. Les caractéristiques considérées sont la croissance en hauteur et le déboursement tardif. Jusqu'à présent quelques 1500 clones ont ainsi été sélectionnés.

- Amélioration du Douglas et de l'épinette de Sitka

(Y. Birot et C. Christophe)

L'amélioration du Douglas et de l'épinette de Sitka pour les différentes régions de France fut initiée par l'essai d'un grand nombre de provenances représentées par un nombre constant d'arbres présents par provenance. La recherche de base sur la nature de la variabilité de l'espèce a porté à

la fois sur les caractéristiques de croissance, de forme et d'adaptation, telles la période de déboursement, la formation de pousses d'août et l'entrée en dormance. L'évaluation des paramètres génétiques des populations fut également entreprise; variance génétique additive, corrélations génétiques entre différents traits et hérédibilités. On s'est de plus attardé à la construction d'indices de sélection applicable à la sélection d'individus de populations distinctes.

La sélection d'individus dans les tests de descendances/provenances en vue de la mise sur pied de vergers à graines clonales est effectuée sur indices. De plus quelques 40 ha de vergers à graines de sapin Douglas de première génération constitués à partir de quelques 350 clones reproduits par bouturage sont en voie de réalisation.

b) Programmes relatifs aux feuillus

Sélection et amélioration génétique sont combinées.

- Hybridation de Populus nigra et de Populus deltoïdes en vue de la populiculture clonique.
- Hybridation et sélection chez Populus trichocarpa, Populus tremula, Populus tremuloïdes et de leurs hybrides ainsi que chez les hybrides entre Populus alba et Populus tremula en vue de la populiculture forestière hors vallée et sur sols lourds.
- Production de biomasse à court terme à partir des aulnes et peupliers.
- Etude de la variabilité génétique des peuplements naturels des chênes et du hêtre.

- Sélection intensive chez le noyer noir et le merisier en vue de mettre à la disposition des reboiseurs des clones supérieurs.

- Biomasse et utilisation des sols hydromorphes

(E. Tessier-Du-Cros)

Des travaux de recherche sont conduits dans ce domaine en coopération avec le COMES (Comité à l'énergie solaire) et la CEE (Communauté économique européenne). Dans le cas des recherches sur la production de la biomasse, 90% des fonds requis (hors salaires) proviennent de l'extérieur, i.e. 10% seulement sont fournis par l'I.N.R.A. Les principales espèces envisagées sont l'aulne rouge (Alnus rubra), l'aulne européen (Alnus glutinosa) et l'aulne à feuilles en coeur (Alnus cordata). Il va s'en dire que ces recherches sont conduites en vue de courtes rotations. Les peupliers et le hêtre sont également envisagés comme espèces utilisables pour la production accélérée de biomasse.

On envisage également d'utiliser des terrains hydromorphes en vue de la production de biomasse. Les espèces envisagées sont le Populus balsamifera, P. tricarpa, et le P. tremula, les aulnes, le robinier, le cryptomera japonais, les mélèzes hybrides et l'épinette de Sitka. Ce projet est à 80% financé par l'I.N.R.A. et à 20% par le Ministère de la recherche et de la technologie, par le Service des forêts et par ANAGREF, responsable de la mise sur pied des vergers à graines, le Comité à l'énergie solaire et la CEE.

- Amélioration des feuillus

(M. Lemoine)

L'amélioration des espèces feuillues portent principalement sur la sélection de clones de peupliers hybrides pour la vigueur, la forme et la résistance à la tavelure; en particulier chez les euraméricains.

Le chêne rouge, Quercus rubra, est considéré en France comme une espèce à croissance rapide. Il pourrait être exploité sur des rotations de 60 à 70 ans comparativement à 200 et 250 ans pour le chêne rouvre (Quercus robur) et le chêne pédonculé (Quercus petraea). Son bois est homogène et de forte densité et il peut s'accommoder de sites moins bien drainés que ces derniers. On étudie également la possibilité de reproduire les croisements hautement supérieurs par clonage.

Le programme d'amélioration du merisier (Prunus avium) est orienté sur la sélection de phénotypes remarquables en forêt suivi de la propagation végétative par bouture herbacée et la microbouture in vitro (micropropagation). Les clones sont ensuite testés dans des tests clonaux. Les meilleurs sont alors passés aux horticulteurs privés qui en assurent la multiplication et la vente.

On s'intéresse également au cerisier tardif (Prunus serotina) à cause de la qualité de son bois. Des démarches sont faites auprès des homologues américains pour l'obtention de semences en vue des tests de provenances/descendances.

Des travaux d'amélioration sont également conduits sur le noyer noir (Juglans nigra) et son hybride avec J. regia. Ce dernier semble s'accommoder mieux aux sites moins homogènes et jouit d'une certaine vigueur hybride.

c) Études physiologiques

De manière à rendre plus efficace le travail de sélection et d'amélioration, des études physiologiques sont conduites en interférence avec ces derniers:

- Induction de la floraison, technologie du pollen et techniques des vergers à graines
  - Reproduction végétative par voies classiques (bouturage, greffage) et par culture in vitro (micropropagation)
  - Physiologie et technologie des semences.
- Multiplication in vitro du merisier (Prunus avium)

(D. Cornu)

Le merisier de qualité est un arbre de haute valeur marchande en particulier pour l'ameublement. Alarmé par la disparition des beaux phénotypes et les reboisements effectués à partir de stock de valeur génétique inconnu, la Station d'amélioration des arbres forestiers s'est engagée en 1978 dans un programme d'amélioration de l'espèce. Ce programme est basé dans un premier temps sur la sélection de beaux spécimens en forêt en vue de la création de variétés multiclones. Les difficultés des méthodes cloniques de propagation végétative ont conduit à la mise au point d'une technique de culture in vitro - la micropropagation:

Les cultures sont établies aussi bien avec des bourgeons (physiologiquement adultes) qu'avec des drageons (physiologiquement jeunes) après désinfection rigoureuse (chlorure mercurique à 0.5%);

- le milieu de multiplication est dérivé de Murashige et Skoog avec un équilibre cytokinine/auxine approprié (BSP 1 mg/l/AIB 0.1 mg/l). Ce milieu permet des taux de multiplication de 4 à 15 dépendant des clones toutes les 4 semaines;
- une phase d'élongation se produit chez 80% des bourgeons ayant la phase d'enracinement (acide gibbérellique)

L'enracinement est obtenu facilement mais de façon variable selon les clones. Les manipulations suivantes sont requises:

- dilution du milieu minéral de base;
- utilisation d'auxines par trempage rapide (AIB ou ANA 0.5 g/l);
- diminution de la température et de la luminosité.

Pour Cornu la propagation in vitro est une technique de multiplication végétative comme les autres. Elle fait appel aux mêmes phénomènes organogènes (d'organogénèse) sous des conditions plus contrôlées. Elle a sur les autres méthodes la supériorité de sa puissance de multiplication.

- Induction de la floraison des arbres forestiers

(M. Bonnet-Mazimbert)

Des recherches sur l'utilisation des hormones de croissance associé à différents stress tels les stress hydriques, des excès de fertilisation et taille sévère des racines sont conduites sur de jeunes semis et des clones issus de greffage ou de bouturage en serres ou sur le champ. Les espèces principales qui font l'objet de ces recherches sont le Pseudotsuga, les Larix, Picea abies et les Populus.

Lors de travaux conduits sur les mélèzes d'Europe et du Japon, deux essais d'induction de la floraison ont été initiés sur des semis élevés en pépinières et âgées de 5 et 7 ans respectivement. Un mélange de gibbérellines GA<sub>4</sub>/7 a été appliqué seul et en association avec GA<sub>3</sub> ou avec l'acide naphthaline acétique (NAA) sur des arbres ou branches ayant ou n'ayant pas subi d'annellation d'écorce préalable. Deux méthodes de traitement furent composées: perfusion dans le bois ou pulvérisation avec un mouillant cationique. Ces essais ont démontré que la floraison mâle pouvait être doublée tandis que la floraison femelle pouvait être multipliée par 8. Le choix de la date d'application des hormones affectèrent la floraison. Parmi les régulateurs de croissance testés seul GA<sub>4</sub>/7 influença significativement la floraison.

Les meilleurs résultats furent obtenus d'applications faites en mai et juin. Une certaine stimulation de la floraison a pu être obtenue par des applications faites en août et septembre. La partie supérieure de la cime a mieux répondu aux applications que les autres parties des arbres. Cependant des cônes femelles purent être produits dans la partie inférieure de l'arbre. Ceci peut s'avérer très intéressant dans l'aménagement des vergers à graines. L'ombrage du système racinaire dans du papier plastique de couleur noire a également permis d'accroître le nombre des strobiles femelles produits. On soupçonne qu'un stress hydrique provoqué par ce traitement soit la cause des résultats obtenus.

Visite de la Station de recherche sur la qualité des bois, C.N.R.F., Nancy

H. Polge et G. Nepveu

La Station de recherche sur la qualité des bois dirigée par H. Polge a

pour objectif de déterminer quelles sont les conditions du milieu, quelle est la sylviculture et quelle est la composition génétique des peuplements forestiers pouvant conduire à la production de bois de bonne technologie (aptitude au tranchage, au déroulage, qualité mécanique,...).

Pour atteindre ces objectifs la Station a mis au point des méthodologies permettant d'apprécier les propriétés du bois sur carottes de sondage. Ces échantillons permettent également des mesures de densité, d'homogénéité de rétractibilité, de contrainte de croissance et de qualité papetière.

La station de recherche travaille également à mettre au point une nouvelle technique par analyse d'images automatiques qui permettrait de déduire certaines propriétés du bois de la structure du plan ligneux. Cette technique rend possible la qualification indirecte sur critères anatomiques d'échantillons pour lesquels des mesures, telles la rétractibilité des premiers cernes est impossible par des mesures classiques.

On y conduit aussi des travaux sur le déterminisme du fonctionnement du cambium; ces recherches devraient permettre de mieux comprendre pourquoi et comment, sous telles ou telles conditions, tel ou tel type de cellules conduisent à certaines propriétés du bois et aptitudes technologiques.

#### Visite au Laboratoire de graines, C.N.R.F. Nancy

(C. Muller)

L'objectif de ce laboratoire est de préconiser des méthodes de traitement et d'entreposage des graines forestières, de sorte à conserver leur viabilité et faculté germinative le plus longtemps possible en entreposage. Des essais y sont également conduits sur la levée de la dormance des semen-

ces après entreposage. Les essences ayant fait l'objet d'attention particulière sont: les chênes rouvre et pédonculé, le hêtre, les peupliers, le cèdre de l'Atlantique, l'érable de Norvège, le frêne d'Europe, et le merisier.

On trouvera sur les fiches techniques du traitement des graines annexées à ce rapport, un résumé succinct de la procédure relative à la conservation des graines des espèces ci-dessus mentionnées.

#### Visite à la Station d'amélioration des arbres C.N.R.F., Nancy

(M. Vernier)

La Station d'amélioration des arbres de Nancy a vu son personnel scientifique et technique sérieusement diminué par le départ vers Orléans et Bordeaux des chercheurs, ingénieurs et techniciens impliqués en génétique et amélioration des essences forestières. Cette station n'est plus en fait qu'un satellite régional et on n'y maintient qu'un ingénieur assisté de deux techniciens pour suivre et entretenir les essais de provenances et tests de descendance déjà en place. On y maintient également une pépinière et un arboretum.

L'arboretum d'Amance établi à compter de 1901 couvre une superficie de 10 hectares. Il compte 450 espèces dont quelques 250 feuillus et 200 résineux. On peut y voir entre autres des pins laricios de Calabre et de Corse de plus de 30 m à 80 ans, des Cryptomerias japonais de 17 m à 20 ans et des Sequias géants de 1 m de diamètre et de 40 m de hauteur à 80 ans et en parfaite santé. Cet arboretum fait ressortir le potentiel énorme que représentent les espèces du nord-ouest américain en France.

Il m'a également été possible de visiter un essai de provenances de sapin de Douglas en forêt d'Epinal (Vorges). L'essai fut établi en 1965 dans le but de comparer les sources de graines de sapin de Douglas commercialisées par les marchands grainiers américains. Une provenance française y a été incluse à titre de témoin. L'essai comprend 21 provenances et couvre une superficie de 4.4 ha. Il ressort que les sources de Douglas ayant les meilleures croissances sont originaires de la région nord de l'état de Washington tandis que les plus fortes densités de bois sont obtenues des sources de l'Ile de Vancouver et du nord-ouest de l'état de Washington. La provenance française témoin se classe deuxième sur l'ensemble et présente le moins de dégâts par le gel, reflétant ainsi une certaine adaptation survenue au cours d'une ou deux générations passées en terre française. Non loin de cet essai j'ai été à même de constater la raison de l'engouement des Français envers le Douglas; une dizaine de spécimens de moins de 100 ans mais de plus de 40 m de hauteur.

Des accroissements remarquables sont également obtenus avec le pin blanc; un peuplement issu de régénération naturelle d'une hauteur moyenne de 30 m à 40 ans. Cette essence est très sensible à la rouille vésiculeuse en régression grâce à une sylviculture appropriée. Certains éléments de la foresterie française sont paradoxaux; la France a un déficit commercial de 4.3 milliards de francs en bois de pâtes et papiers et pourtant on ne trouve pas preneur pour les produits de l'éclaircie des jeunes plantations résineuses du Nord et Nord-Est du pays. Exemple; 90 m<sup>3</sup>/ha de bois d'Abies grandis reste sur le sol faute de marché; l'industrie de pâtes et papiers est concentrée dans les Landes. La croissance de cette espèce dans le nord-est français est remarquable. Dix-huit ans après plantation, les arbres ont en

moyenne 12 mètres de hauteur et un accroissement annuel moyen en diamètre de 2 cm. Il se trouve en forêt d'Epinal un individu de cette espèce de 40 m de hauteur et de plus d'un mètre de diamètre au d.h.p. à 80 ans.

Il fut surprenant de constater, lors d'une visite d'un test de descendance d'épicéa commun que plusieurs des meilleures sources polonaises dans le nord-est français (Vosges) sont également parmi les meilleures au Québec; par exemple, Wisla et Istebna. On peut trouver dans cette dernière provenance des individus de 5 mètres de hauteur, huit ans seulement après la plantation. En contrepartie, mentionnons les bonnes performances au Québec de la provenance française Gérardmer.

#### Visite de l'Ecole nationale du génie rural des eaux et des forêts, Nancy

(J. Guillard et B. Martin)

La visite à L'E.N.G.R.E.F. Nancy a débuté par une rencontre avec le directeur de l'école, M.J. Guillard et par une tournée des installations d'enseignement et de lecture. M. Guillard m'a semblé bien informée de la structure du S.C.F. en tant que le côté recherche est concerné i.e. instituts et centres régionaux. Il a souligné que l'objectif de l'Ecole ne concernait plus que la formation des forestiers fonctionnaires français. Cet enseignement touche les sphères de l'écologie, pédologie, sylviculture, exploitation, génétique et l'économie. L'E.N.G.R.E.F. avait autrefois une vocation de recherche couplée à son enseignement des génies forestier et rural. Elle en fut départie par la mise sur pied des Centres de recherches régionaux, notamment de Seichamps, d'Orléans et de Bordeaux. L'Ecole emploie sept professeurs et dispense l'enseignement à vingt étudiants seulement par année.

Mes discussions se sont poursuivies avec B. Martin, professeur de reboisement. Un des points intéressants de l'enseignement du professeur Martin est l'importance qu'il accorde à la revalorisation génétique des peuplements par l'aménagement. Cet objectif est pour le moins opposé aux pratiques et résultats obtenus à la suite des exploitations effectuées au Québec encore aujourd'hui. Fait intéressant B. Martin tente de relancer la recherche à l'E.N.G.R.E.F.; il est à mettre sur pied un laboratoire de physiologie dont l'objectif premier sera la propagation végétative des arbres forestiers. Ce laboratoire comptera en plus d'un directeur de projet, un chercheur scientifique spécialisé en physiologie, deux techniciens et deux étudiants stagiaires. Le projet visera d'abord la multiplication végétative des aulnes en vue de la production de biomasse par taillis de courte révolution et la recolonisation de sites difficiles par des cultures mixtes mettant à profit les caractéristiques de fixateur d'azote de ces espèces. Le laboratoire sera financé par l'AFOCEL, Association Forêt-Cellulose, le COMES, Comité à l'énergie solaire, le CTFT, Centre technique forestier tropical, le CRFP, Centre régional de la forêt privée et avec la collaboration tacite de l'I.N.R.A. Soulignons que ce projet soulève déjà l'aigreur des gens dans les Centres de recherches régionaux de l'I.N.R.A..

J'ai eu l'opportunité de visiter une importante forêt de hêtre des bois (Fagus sylvatica). Il s'agit de la forêt de Haye couvrant plusieurs centaines d'hectares et située sur un plateau calcaireux. C'est une forêt qui se prête admirablement bien à l'aménagement de par l'uniformité de la topographie et du réseau routier qui la dessert. Longtemps traitée par coupe de taillis; taillis vieilli, par suite de l'utilisation du pétrole comme source énergétique. On tente maintenant de le convertir à la futaie en vue de la

production de bois de tranchage et de déroulage. J'ai été à même de constater différents stades de développement et d'aménagement de la hêtraie européenne, allant du taillis, taillis sous-futaie, à la jeune futaie et à la futaie. Le hêtre européen ressemble beaucoup à notre hêtre américain, les propriétés de son bois lui ressemblent également beaucoup, cependant il atteint de plus fortes dimensions. Il m'a été donné de voir des tiges d'un mètre et plus de diamètre.

Visite de la Station d'amélioration des conifères C.N.R.F., Bordeaux

(M. Arbez)

Les recherches poursuivies au Centre de recherches de Bordeaux par l'Institut National de la Recherche Agronomique ont un triple objectif:

- Protection de la forêt par l'étude globale des mécanismes de déséquilibre et de leurs agents: insectes ou maladies;
- Etude du rôle de la forêt dans l'environnement régional et l'aménagement du territoire.
- Aménagement du territoire.

Deux laboratoires, 30 personnes dont 8 chercheurs travaillent conjointement et se partagent les domaines de recherches énumérées plus haut: Ce sont:

- Le Laboratoire d'amélioration des conifères,
- Le Laboratoire de sylviculture et d'écologie de la pinède landaise.

Le Laboratoire d'amélioration des conifères dirigé par Michel Arbez conduit des recherches au plan national sur la génétique et l'amélioration

de plusieurs espèces de reboisement importantes. Le pin maritime et le pin noir (sous-espèce Laricio) font l'objet des principaux programmes. Ces espèces représentent plus du tiers des reboisements français et leur intérêt régional est évident dans les Landes et dans la zone périphérique.

L'objectif de la Station d'amélioration est clairement défini; mettre à la disposition de l'utilisateur le matériel végétal le mieux adapté et le plus performant, qu'il s'agisse d'accentuer le choix des espèces ou des races géographiques ou de créer de nouvelles variétés. Les caractères sur lesquelles l'accent est placé sont l'adaptation, la rapidité de croissance, la forme et les qualités du bois.

L'activité du Laboratoire se partage entre l'amélioration génétique proprement dite, les recherches sur la génétique des espèces qui lui sont nécessaires et la collaboration scientifique aux programmes de production en masse des variétés améliorées par la mise sur pied de vergers à graines.

#### - Amélioration du pin maritime (A. Kremer)

L'amélioration du pin maritime est présentement dirigé par A. Kremer. L'espèce est très importante dans la région landaise pour la production de bois à pâte en particulier. L'étendue totale des plantations du pin maritime est de quelque 1,000,000 ha. Le reboisement des Landes a débuté sous un décret de Napoléon III émis en 1860. Plus de 20,000 ha furent reboisés à cette époque. Les premiers essais de provenances mis sur pied de 1926 à 1930 révélèrent que les sources landaises étaient les plus productives.

La population effective de base du programme d'amélioration de l'espèce fut portée à 500 individus sélectionnés entre 1960 et 1973. Les caractéris-

tiques de productivité volumétrique et de forme furent alors considérées. Le rectitude du fût est généralement mauvaise chez le pin maritime par suite de sa croissance rapide et de la nature même du sol sur lequel il croît. Ce sont en effet des sables gorgés d'eau en hiver et très secs en été. Au cours de l'hiver et lors de forts vents, les arbres sont souvent penchés et incapables de reprendre la verticale. Ce n'est que par des accroissements subséquents que l'arbre réussit à replacer son centre de gravité. Il en résulte la formation de tiges courbées et en zig-zag. L'aptitude au redressement le plus rapide possible semble héréditaire et la variabilité de la rectitude des tiges liées à l'enracinement des arbres.

Les tests de descendance maternelles des arbres sélectionnés en milieux naturels furent conduits et permirent de constater que les performances extérieures des arbres sélectionnés pour leur production en volume rendaient difficilement compte de leurs qualités réelles en tant que parents pour la génération suivante. Cela est différent des caractères à forte hérédibilité telle la densité du bois et la branchaison.

On a entrepris dans les tests de descendance maternelles la sélection sur indice d'individus supérieurs. L'homogénéisation des conditions du milieu et l'information d'ordre familial permet d'accroître l'efficacité de la sélection. L'indice attribué à chaque individu est une combinaison linéaire des valeurs prises par les différents caractères au niveau individuel et familial. Les caractères considérés sont alors le potentiel de production en volume de l'arbre, la rectitude du tronc, les qualités intrinsèques du bois et la résistance aux insectes et aux maladies.

Pour le seul pin maritime les vergers à graines de semis couvrent quel-

ques 240 hectares. La coordination de l'ensemble des opérations est assurée par le C.T.G.R.E.F., Centre technique du Génie rural des Eaux et des Forêts avec la participation de l'I.N.R.A. et de l'AFOCEL. On estime à 7 tonnes de graines la quantité produite à compter de 1990. Les perspectives de gain génétique relatives aux vergers à graines de semis sont évaluées entre 10 et 16 pourcent pour le volume. Dans les vergers à graines de clones de première génération elles atteindraient 20% sur le volume et 30% sur la rectitude de basale. Ces estimés me semblent personnellement un peu trop optimistes.

- Amélioration du pin noir (M. Charron)

Sous la direction de M. Charron un programme d'amélioration du pin noir, sous-espèce Laricio, est conduit en fonction des sites à déficit hydrique élevé. Le pin noir a une croissance inférieure au pin maritime mais sa rectitude est excellente et il possède une forte résistance à la sécheresse. Les sources les plus intéressantes sont originaires de la Corse et de l'Italie. Jusqu'à présent 100 arbres-plus ont été sélectionnés par groupe. Des sous-groupes d'amélioration seront formés et des recombinaisons entre les variétés synthétiques seront effectuées dans un deuxième temps.

- Introduction d'espèces (M. Arbez)

Au niveau de l'introduction des espèces, le tulipier de Virginie, après les eucalyptus, semble le plus prometteur et un essai de provenances américaines a été initié. Les résultats précoces indiquent que les sources de la Caroline du Nord sont les meilleures. On prévoit utiliser le tulipier

sur les sites à peuplier pour la production d'un bois de qualité et la reconstruction des taillis de hêtres et chênaies appauvris.

- Analyse biométrique (P. Baradat)

Informaticien et statisticien, Baradat a étudié la génétique des terpenes et leur interrelation avec la résistance à la mineuse du bois du pin maritime. Il a également mis sur pied, sur un petit ordinateur de table, tous les modules nécessaires à la conduite des analyses de variance univariée et multivariée, analyses de régression et de la sélection sur indice employée dans les tests de descendance de pin maritime.

Parallèlement à l'amélioration proprement dite on conduit également à la Station de Bordeaux des recherches sur le bouturage visant la multiplication en masse des génotypes exceptionnels et leur utilisation sous forme de variétés multiclonales.

## BIBLIOGRAPHIE

- Arbez et al. 1978. Variabilité et hérédité de l'angle du fil du bois mesuré à l'aide d'un traceur radioactif chez le pin maritime et le pin laricio de Calabre. Journ. Can. Rech. Forest. 8(3):280-289.
- Baradat, P. 1979. Sélection combinée multicaractère chez le pin maritime: Divers modèles d'index de sélection utilisés. 104ième Cong. National des sociétés savantes Bordeaux. Sciences Fasc. II. 299-314.
- Baradat, P. et al. 1972. Les terpènes du pin maritime: Aspects biologiques et génétiques II Hérédité de la teneur en monoterpènes. Ann. Sci. Forest. 29(3):307-334.
- Bernard-Dagan, C. et al. 1971. Les terpènes du pin maritime: Aspects biologiques et génétiques I- Variabilité de la composition monoterpénique dans un individu, entre individus et entre provenances.
- Birot, Y. 1979. Norway spruce breeding program in France. - IUFRO Norway spruce meeting S2.03.11 - S2.02.11, Budapest, 1979.
- Birot, Y. et C. Christophe. Genetic structures and expected genetic gains from multitrait selection in wild populations of Douglas fir and Sitka spruce. I. Genetic variation between and within populations.
- Bonnet-Mazimbert, M. 1982. Effects of growth regulators, girdling and mulching on flowering of young European and Japanese larches under field conditions. Journ. Can. Rech. Forest. 12(2):270-279.
- Boulay, M et al 1979. Micropropagation d'arbres forestiers. Etudes et recherches AFOCEL, no 12- 6/79, 75 p.
- Christophe, C. 1979. Stratégies de sélection sur indices à partir de plusieurs populations. Ann. Amélior. Plantes 29(3):227-246.

- Christophe, C. 1980. Variabilité intraspécifique de l'épicéa: stabilité et homogénéité des provenances et régions de provenances allemandes. Ann. Sci. Forest., 37(2):109-123.
- Christophe, C. et Y. Birot. Genetic structure and expected genetic gains from multitrait selection in wild populations of Douglas fir and Sitka spruce. 2. Practical application of index selection on several populations. INRA. Rapp. dactylographié.
- Cormacy, Y. et al. 1979. Production de biomasse et utilisation des rejets thermiques industriels. Ann. AFOCEL, 133-167.
- Cornu, D. 1979. Régénération de plantes entières en cultures in vitro: principes et réalisations chez les plantes ligneuses. Sta. amél. arbr. for. C.N.R.F. Orléans I.N.R.A. Document 79/1 18 p.
- Cornu, D. 1979. Curriculum vitae, mémoire sur les travaux de recherches, liste des publications. Sta. amél. arbr. for. C.R.F. Orléans, INRA.
- Cornu, D. 1980. L'application des méthodes de culture in vitro à la propagation des espèces ligneuses. Hortiforum 80 Hortimat, Domaine de Cornay, Saint Cyr en vol.
- Cornu, D. et C. Chaix 19--. Multiplication par culture in vitro de merisiers adultes (*Prunus avium*): application à un large éventail de clones. C.R.F. Orléans, I.N.R.A.
- Cornu et al 19--. Role of reproductive methods in wild cherry (*Prunus avium*) improvement program, CRF Orleans, INRA.
- Cousson, A. et K. Tran Thanh Van 1981. In vitro control of de novo flower differentiation from tobacco thin cell layers cultured on a liquid medium. Physiol. Plant. 51: 77-84.

- Francllet, A. 1981. La motte de culture "Melfert" Fascicule 165, AFOGEL-A.R.M.E.F, Information-Forêt.
- Francllet, A. et M. Najar. 1978. Conséquences différées des déformations racinaires chez le pin maritime. Ann. AFOCEL. 177-202.
- Guyon, J.-P. 1982. Croissance en hauteur et comportement hydrique de sept provenances de pin maritime (Pinus pinaster Ait.) en plantations comparatives et en milieu contrôlé. Diplôme d'études approfondies. Univ. Bordeaux. INRA.
- Hank, Trinh T. et al 1981. Formation directe de bourgeons à partir des fragments et des couches cellulaires minces de différents organes chez le Prophocarpus tetragonolobus (L) D.C.,Z. P. flanzensphysiol. Bd 102.S. 127-139.
- Hassane, C. et K. Tran Thanh Van. 1981. Analyse des capacités néoformatrices du méristème radiculaire et caulinaire (végétatif et floraux) chez le Torenea fournieri (Lind). C.R. Acad. Sc. Paris (273):356-359.
- Kamate, K. et al. 1981. Influence des facteurs génétique et physiologique chez Nicateana sur la néoformation in vitro de fleurs à partir d'assises cellulaires épidermiques et sous-épidermiques. Journ. Can. Bot. 59(5):775-781.
- Kremer, A. 1981. Déterminisme génétique de la croissance en hauteur du pin maritime (Pinus pinaster Ait.) I-Rôle du polycyclisme. Ann. Sci. Forest., 38(2):199-222.
- Kremer, A. 1981. Déterminisme génétique de la croissance en hauteur du pin maritime (Pinus pinaster Ait.) III-Evolution des composantes de la variance phénotypique et génotypique. Ann. Sci. Forest. 38(3):355-375

- Kremer, A. et G. Roussel. 1982. Composantes de la croissance en hauteur chez le pin maritime (Pinus pinaster Ait.). Ann. Sci. Forest. 39(1): 77-98.
- Lacaze, J.F. 1974. Amélioration des arbres forestiers en France, organisation et programmes en cours. Forest tree breeding in the world 46-56.
- Marpeau, A. et al. 1975. Les terpènes du pin maritime: Aspects biologiques et génétiques, IV Hérité de la teneur en deux sesquiterpènes: le longifolène et le caryophyllène. Ann. Sci. Forest. 32(4):185-203.
- Martin, B. 19--. L'enjeu de la ligniculture. E.N.C.R.E.F. Nancy
- Martin, B. 1977. Le bouturage des arbres forestiers; progrès récents-perspectives de développement. Rev. for. française XXIX-4:245-262.
- Martin, B. 1980. Symposium IUFRO en amélioration génétique et productivité des espèces forestières à croissance rapide, E.N.G.R.E.F. Nancy, 100p.
- Martin, B. 1981. Création de variétés d'aulnes; objectifs, programme et stratégie. E.N.G.R.E.F. Nancy, 95p.
- Martin, B. 1982. Penser éclaircie dès le reboisement. Mém. dacty. E.N.G.R.E.F. Nancy, Rapport de mission. 17 p.
- Muller, C. 1980. Conservation à long terme des graines de sapin et son incidence sur le comportement des semis en pépinière. Seed. Sci. et Technol.
- Muller, C. et al. 1982. Conservation pendant 5 ans de graines de peupliers noirs (Populus nigra L.). Ann. Sci. Forest. 39(2):179-185.

Muller, C. 1982. Fiches techniques sur le traitement des graines

1. *Fagus sylvatica*
2. *Prunus avium*
3. *Acer pseudoplatanus*
4. *Fraxinus excelsior*
5. *Cedrus atlantica*
6. *Quercus sessiliflora* et *pedunculata*

I.N.R.A. Station d'Amél. Arbres Forestiers Champenoux.

Nepveu, G. 1980. Seuil de signification des coefficients de corrélation génotypique, phénotypique et environnemental. Etude du cas d'un test clonal. *Ann. Sci. Forest.* 37(1):1-18.

Perrin, R. et al. 1978. Essai d'amélioration de la méthode de conservation des frênes. *Symp. régén. et trait. des forêts feuillues de qualité en zone tempérée.* I.U.F.R.O. - S1.05.00. Nancy, Sept. 1978.

Polge, H. 1964. Le bois juvénile des conifères. *Revue Forest. Française*, Extrait n° 6.

Riffaud, J.L. et D. Cornu 1981. Utilisation de la culture in vitro pour la multiplication de merisiers adultes (*Prunus avium* L.) sélectionnés en forêt. *Agronomie* 1(8), 633-640.

Tran Than Van, N, 1973. In vitro control de novo flower, bud, root, and callus differentiation from excised épidermal tissues. *Nature* 246(5427) 44-45.

Tran Than Van, K. 1977. Regulation of morphogenesis In: Plant tissue culture and its bio-technological application. 368-385.

Tran Than Van, K. 1980. Control of morphogenesis by inherent and exogenously applied factors in thin cell layers. *Intern. Review Cytol. Suppl.* 11A, 175-194.

Vallance, M. 1980. Variabilité intraspécifique de l'épicéa (Picea abies Karst) D.E.A. de génétique quantitative. Ecole Normale Supérieure et Univ. de Paris VI.

Wlerick, L. 1981. Concurrence intergénotypique chez le pin maritime: Analyse des résultats d'un dispositif de confrontation diallèle. Mém. de fin d'études à l'E.N.I.T.E.F., I.N.R.A. Sta. Amél. des arbres forestiers de Bordeaux, 182 p.



