reduced vigor, it is important that we choose an improvement scheme that avoids crossing closely related trees in the present and subsequent generations. The selections must include a reasonable number of unrelated genotypes to avoid inbreeding and to maintain genetic variability, and yet, we cannot maintain large numbers without reducing immediate genetic gain. A reasonable balance between present improvement and the ability to make future improvements must be achieved.

Forest management practices can, and often do have a genetic affect on our forests. The manager's decisions and actions can have an adverse (disgenic) effect, but the manager also has an opportunity to improve the genetic composition, and in turn the productivity, of our forests. It is up to the forest manager and the tree breeder to assure that our future forests will be even better than our present ones. To accomplish this we must have a good working understanding and appreciation of each others endeavours.

L'Amélioration des Arbres Forestiers au Ministère des Terres et Forêts du Québec

GILLES VALLÉE, ing. f. D. ing.
Service de la Recherche,
Ministère des Terres et Forêts,
Québec, P.Q.

Introduction

C'est en 1969, qu'un programme général pour l'amélioration des arbres forestiers était présenté aux autorités du ministère des Terres et Forêts du Québec (Vallée 1969). Ce programme a comme objectifs de préciser le choix de l'espèce et de la provenance à planter selon les stations et les régions écologiques, d'améliorer la qualité génétique des plants destinés aux reboisements et de diversifier les espèces utilisées dans les reboisements afin d'accroître la production des reboisements et leur rentabilité.

Les moyens suggérés pour atteindre ces objectifs sont:

- a) La sélection et l'aménagement de peuplements semenciers "plus" afin d'obtenir à brève échéance des semences de bonnes qualités et d'origine connue;
- b) L'amélioration des espèces par la sélection d'arbres pour la réalisation de vergers à graines ou de variétés multiclonaux;
- c) L'introduction d'espèces non-autochtones selon les régions afin de diversifier les espèces et choisir les meilleures à utiliser dans les reboisements;
- d) La réalisation de tests de provenances et de descendance pour l'étude de la variation phénologique et génétique des espèces et la détermination des meilleures provenances.
- e) L'établissement d'un réseau d'arboreturns représentatif des grandes régions écologiques du Québec afin de pouvoir interpréter les résultats des plantations comparatives pour l'ensemble du territoire forestier québécois.

Les peuplements semenciers

Le Service de la restauration en collaboration avec les régions administratives du minis-

tère des Terres et Forêts du Québec sont à réaliser l'établissement d'un réseau complet de peuplements semenciers pour les espèces les plus en demande dans les reboisements. Les critères de l'O.C.D.E. sont utilisés pour la sélection des peuplements semenciers dans lesquels des coupes d'éclaircies sélectives et une fertilisation sont pratiquées dans le but d'améliorer leurs qualités phénotypiques.

Les besoins pour le Québec sont estimés à 144 peuplements semenciers dont 51 devraient être d'essences exotiques comme *Larix decidua*, *Larix leptolepis*, *Picea abies* et *Pinus sylvestris* (Fortin et al, 1974). Cependant, compte tenu des peuplements existants et des priorités du Ministère, il est prévu qu'environ 5 peuplements semenciers d'essences exotiques et 50 d'essences indigènes seront établis d'ici quelques années. Les essences indigènes visées sont surtout *Abies balsamea*, *Larix laricina*, *Picea glauca*, *Picea mariana*, *Picea rubens*, *Pinus banksiana*, *Pinus resinosa* et *Pinus strobus*.

A ce jour, 24 peuplements semenciers ont été choisis et sont en voie d'établissement. La répartition des peuplements semenciers tient compte des zones de récolte de semences établies (Fortin et al, 1974) en se basant sur la classification des forêts de Rowe (Rowe, 1972), la température et les précipitations moyennes des mois de juin, juillet et août, en attendant d'avoir des informations plus précises sur les règles de déplacement des semences forestières selon les espèces. Lors de la récolte des semences et de la distribution des plants pour le reboisement, il est tenu compte des zones et du contrôle des provenances.

L'amélioration des espèces

La sélection d'arbres et la réalisation de vergers à graines ou de variétés multiclonaux sont

relativement récentes au Québec. Le Service de la restauration (Fortin *et al.*, 1974; Lamontagne 1972) a en cours de réalisation 5 vergers à graines à partir de semis "plus" sélectionnés en pépinière et se propose de faire la sélection d'arbres "plus".

Au Service de la recherche, l'accent a été placé sur l'amélioration des peupliers, des mélèzes et du pin gris. La priorité a été donnée à ces espèces à cause de leur fort potentiel de production et de leur réponse aux traitements culturaux. En 1968 débutait le projet de sélection de clones et d'amélioration du peuplier. Dès 1969, une première série de tests clonaux comparant des clones connus (généralement exotiques) et des clones développés à partir de sélection d'arbres dans la région de Québec était installée au populetum de Matane et dans les arboretums de la Gaspésie dans les années suivantes. En 1973 et 1974, une deuxième série de tests clonaux comparant les 180 meilleurs clones des 700 clones que possède le Service de la recherche a été mise en route, comparant les meilleurs clones de la première série avec les meilleurs clones nouvellement acquis et jugés d'après leur comportement en pépinière. Grâce aux tests clonaux réalisés depuis 1963 par le Centre de recherches forestières des Laurentides (Comité de Recherche 1971) et à ceux faits par le Service de la recherche, la populiculture québécoise dispose maintenant de 15 clones éprouvés dont plus de 140,000 boutures ont été plantées au printemps 1975. De plus, la réalisation de tests clonaux a permis d'étudier et d'améliorer les techniques de mise en terre des boutures ainsi que les travaux d'entretien de plantation. Dans un test clonal installé au populetum de Matane, une différence de 30% apparaît entre la moyenne de hauteur des 5 meilleurs clones comparés aux 15 meilleurs clones du dispositif qui en comprend 28.

Des croisements contrôlés réalisés en 1971 et 1973 et des récoltes de semences sur des peupliers à feuilles deltoides, baumiers et hybrides *Populus X Jackii* ont permis la réalisation de plantations comparatives de plus de 26,000 plants. L'obtention de graines de peupliers de collaborateurs et du Working Group on Procurement of Seed for Provenance Research, IUFRO, a permis d'augmenter de plus de 15,000 plants notre collection d'espèces et d'hybrides de peupliers.

Parmi les croisements réalisés, ceux qui présentent le plus d'intérêt d'après leur comportement juvénile sont: *P. alba X P. X Jackii*; *P. balsamifera X P. nigra*; *P. deltoides X P. deltoides*; *P. deltoides X P. simonii*.

D'après les tests réalisés à ce jour, les clones de type baumier comme les hybrides *P. deltoides X P. balsamifera (P. X Jackii)* et *P. deltoides X P. trichocarpa (P. X interamericana)* semblent les mieux se comporter dans les conditions du Québec. Les productions annuelles attendues pour les meilleurs clones dans des plantations ayant un espacement de 3 mètres entre les plants varieront de 10 à 20 m³/ha selon les stations et les régions

du Québec. Des estimations de production dans des plantations denses (0.60 m x 1.30m) laissent entrevoir la possibilité d'obtenir annuellement plus de 130 m³/ha sur une période de 4 ans.

En ce qui concerne le tremble, l'amélioration par la voie sexuée plutôt que par la sélection de clones (voie asexuée) apparaît plus intéressante compte tenu de la difficulté de le propager végétativement, de la facilité de faire des croisements contrôlés en serre avec des rameaux de tremble et d'obtenir ainsi une grande production de graines. Il semble possible d'obtenir des gains très importants sur une période de moins de 10 ans.

L'amélioration des mélèzes (Stipanovic 1975), en particulier *Larix laricina*, *L. decidua* et *L. leptolepis*, a débuté en 1970, par la réalisation de tests de provenances et par la sélection d'arbres de belle venue dans les plantations et peuplements naturels sur lesquels sont récoltés des semences et des greffons. Une attention particulière a été donnée au mélèze laricin dont la vigueur n'est plus à démontrer. Quelques 230 arbres de *Larix laricina* ont été sélectionnés en fonction de la rectitude du fût et de l'angle d'insertion des branches (90°) dans la partie sud du Québec. Cette sélection en peuplement naturel a comme objectif d'améliorer la forme des arbres obtenus des vergers à graines clonaux, puisque la flexuosité des tiges et le port fastigié du mélèze laricin sont ses défauts majeurs. Le mélèze laricin est distribué au Québec en petits peuplement et bouquets inéquiennes, ce qui laisse présager une certaine consanguinité, d'où le principe de sélectionner un seul arbre par peuplement sans donner trop d'importance au caractère croissance, de façon à avoir aussi une bonne représentation écologique. Le regroupement dans des vergers à graines clonaux des arbres sélectionnés permet d'espérer un accroissement de la vigueur chez les descendants par rapport aux parents, dû aux possibilités d'hétérosis par des croisements interprovenances.

Les travaux d'amélioration sur le pin gris ont débuté en 1974 par la sélection de 140 arbres dans le nord-ouest du Québec. Des vergers à graines de semis provenant de descendance maternelles connues sont envisagés (Comité de Recherche 1974).

L'introduction d'espèces

Depuis 1968, des semences de plus de 90 espèces d'arbres forestiers ont été obtenues et ensemencées en pépinière. Quelque 40 de ces espèces ont survécu en pépinière et ont été plantées dans les arboretums du Québec. Parmi les espèces montrant un comportement juvénile intéressant dans les arboretums, il y a *Larix decidua* et *leptolepis*, *Picea sitchensis*, *Pinus montana*, *Pinus nigra* var. *austriaca* et *calabrica*, *Pseudotsuga menziesii*, *Alnus glutinosa* et *Betula verucosa*, pour en mentionner quelques-unes.

Par exemple, à l'âge de 4 ans, des plantations d'*Alnus glutinosa* ont une hauteur de plus de 4

mètres sur des stations à régime hydrique moyen. *Pseudotsuga menziesii* a un comportement comparable à *Picea abies* dans les arboretums où ces deux espèces ont été plantées. Certaines espèces indigènes au Québec mais peu fréquentes ont été introduites dans les arboretums. Parmi celles-ci, *Prunus serotina*, *Quercus macrocarpa* et *Fraxinus pensylvanica* montrent un très beau développement et une vigueur étonnante.

L'adoption au départ du projet du principe d'introduire massivement des espèces exotiques représentées par 5 à 10 provenances a porté fruit. C'est ainsi que, pour plusieurs espèces, une proportion de la population introduite a résisté aux conditions climatiques de la pépinière et qu'elles ont pu être plantées dans les arboretums.

Malgré que les essais d'introduction aient porté sur un nombre important d'espèces, il reste encore beaucoup à faire en ce qui concerne les espèces feuillues nord-américaines et européennes ainsi que toutes les espèces du nord de l'Asie. Dans l'avenir, moins de temps sera consacré aux introductions afin d'accélérer les travaux d'amélioration sur certaines espèces et réaliser davantage de tests de provenances.

Les tests de provenances et de descendance

L'utilité des tests de provenances et de descendance n'est plus à démontrer. Ils permettent l'étude des variations des caractères et de la structure génétique d'une espèce dans son aire de distribution. Depuis 1969, 42 dispositifs de tests de provenances ou de descendance ont été installés dans les arboretums par le Service de la recherche. Ces tests portent sur les espèces suivantes: *Larix decidua*, *Larix laricina*, *Picea abies*, *Picea pungens*, *Picea engelmannii*, *Picea glauca*, *Picea mariana*, *Pinus nigra*, *Pseudotsuga menziesii* et *Populus deltoides*.

Plusieurs de ces dispositifs sont âgés de plus de cinq ans et peuvent fournir dès maintenant des informations pour les reboisements. Même si ces tests déjà réalisés présentent beaucoup d'intérêt, il faudrait dans l'avenir systématiser la réalisation de tests de provenances-descendance sur les espèces indigènes au Québec en commençant par celles qui sont les plus utilisées dans les reboisements. Cette tâche présente un travail considérable, tant pour l'échantillonnage que pour la réalisation des dispositifs. Les récoltes annuelles de semences pour les reboisements ont permis d'échantillonner une partie de l'aire de distribution de certaines espèces résineuses en particulier, mais cet échantillonnage n'est pas toujours représentatif, de sorte qu'il sera nécessaire de le compléter.

Par l'intermédiaire du Working Group of Procurement of Seed for Provenance Research, le Service obtient des collections de lots de semences des espèces les plus importantes de la côte ouest de l'Amérique du Nord. D'ailleurs, des tests de provenances sont en cours sur *Pseudotsuga menziesii* et *Populus trichocarpa*.

Le réseau d'arboretums

Le réseau d'arboretums est la pierre angulaire de l'infrastructure de l'amélioration des arbres forestiers au Québec. Les emplacements des arboretums ont été choisis en fonction des régions forestières, des sols les plus représentatif et de l'accessibilité. Il était prévu l'établissement de 21 arboretums pour l'ensemble du Québec; ce nombre a été ramené à 19 dont 16 sont déjà en place. A ce nombre: il faut ajouter trois arboretums spécialisés, qui sont les populets de Matane et de Villeroy et l'arboretum de Sainte-Brigitte, installé à une sortie de l'autoroute Trans-Canada, dans le but de sélectionner des espèces résistantes au sel pour l'ornementation des routes et autoroutes du Québec.

L'un des objectifs du réseau d'arboretum est de regrouper les plantations comparatives des recherches en amélioration des arbres forestiers. Depuis sa création en 1969, cet objectif a été atteint puisque l'on y retrouve plus de 350 dispositifs comprenant plus de 400,000 plants et occupant une superficie de 500 hectares. Parmi les dispositifs installés dans les arboretums, il y en a 10 qui ont été réalisés par le Centre de recherches forestières des Laurentides et deux par l'université Laval.

La concentration dans des arboretums des tests sur l'amélioration des arbres forestiers a eu pour effet de susciter un intérêt grandissant chez les administrateurs et le personnel régional du ministère des Terres et Forêts. Ainsi les coûts de préparation des terrains, de réalisation et d'entretien des plantations ont été pris en charge par les régions administratives. Dans certaines régions, un personnel technique a été affecté aux arboretums pour s'occuper des différents travaux qui y sont effectués. Dans le futur, il serait nécessaire que chaque arboretum soit sous la responsabilité d'un technicien forestier régional pour participer aux travaux de recherche et d'aménagement, ce qui favoriserait aussi une utilisation plus rapide des résultats des recherches qui y sont effectuées.

Les développements futurs

Une accélération de l'établissement du réseau de peuplements semenciers serait nécessaire, en augmentant autant que possible le nombre de peuplements pour chacune des espèces à l'intérieur de chaque zone de récolte de semences, afin de diversifier les sources de graines.

Dans le but d'améliorer la production des peuplements semenciers, il y aurait lieu de sélectionner les meilleurs progéniteurs d'après leur production en graines viables et la vigueur de leurs descendants. Pour ce faire, un test de descendance effectué sur environ 400 arbres-mères les plus productifs en cônes, uniformément distribués dans les peuplements semenciers et espacés de 30 à 40 mètres, devrait être réalisé. Dès le début des tests, des informations permettraient de réaliser une certaine sélection des arbres-mères qui serait parachovée sur une période de 10 ans.

Cette procédure permettrait sur une période relativement courte (10 ans) d'obtenir des gains intéressants en ne récoltant les semences que sur les meilleurs progéniteurs (25 à 50% des 400 arbres-mères) du peuplement semencier en attendant que les verges à graines de descendance, installés près du peuplement semencier, entrent en pleine production vers l'âge de 20 à 25 ans. Ces meilleurs progéniteurs pourraient être favorisés par un dégagement plus important et par l'application de fertilisants et d'hormones agissant sur la floraison de manière à accroître leur production en cones.

En ce qui concerne l'amélioration des espèces, ce champ d'action sera accentué dans les prochaines années. En plus d'accélérer les travaux sur les espèces à croissance rapide, il faudra s'occuper des espèces feuillues à bois précieux, des pins blanc et rouge, des épicéas et de certaines espèces introduites dans les arborescences qui montrent un beau développement.

Le projet d'introduction d'espèces exotiques se poursuivra au ralenti en essayant d'obtenir des graines d'espèces du nord de l'Asie et d'espèces feuillues de l'Amérique du Nord. Un effort particulier devrait être fait sur la récolte de graines des espèces feuillues dont la limite d'aire de distribution se situe dans le sud-ouest du Québec ou qui se retrouvent dans des niches écologiques particulières.

Une récolte intensive de semences de différentes provenances de l'aire de distribution des espèces les plus utilisées dans les reboisements devrait être entreprise afin de réaliser des tests de provenances dont le but serait de déterminer les règles de transport des plants entre les zones de récolte de semences et d'étudier la variabilité intraspécifique. Dans ces tests, il faudra porter

une attention particulière aux peuplements semenciers puisqu'une forte proportion des plants pour le reboisement en origineront dans les années futures. En plus des tests de descendance réalisés dans le but de connaître les meilleurs progéniteurs dans les peuplements semenciers, d'autres tests devraient être faits pour l'étude des lois de l'héritabilité des différents caractères phénotypiques et autres des espèces que l'on prévoit améliorer.

Références

- Comité de Recherche en Génétique Forestière. 1971.** La popiculture au Québec I — Amélioration des peupliers II — Développement de la popiculture. Conseil de la recherche et du développement forestiers, ministère des Terres et Forêts, Gouvernement du Québec. Rapport no. 1.
- Comité de Recherche en Génétique Forestière. 1974.** Amélioration du pin gris au Québec. Conseil de la recherche et du développement forestiers, ministère des Terres et Forêts, Gouvernement du Québec. Rapport no. 2.
- Fortin, J.M., G. Gauthier et Y. Lamontagne. 1974.** Critères d'amélioration des arbres forestiers pratiqués au Québec. Ministère des Terres et Forêts (rapport en voie de publication).
- Lamontagne, Y., 1972.** Norme provisoire relative à l'établissement de vergers à graine de semis. Ministère des Terres et Forêts, Direction générale des bois et forêts, Service de la restauration, Division des pépinières.
- Lamontagne, Y. 1973.** Tree Improvement at the Berthierville, Québec, Forest Tree Nursery. Proceedings of the fourteenth meeting of the Canadian Tree Improvement Association; Part I, page 35. Canadian Forestry Service, Department of Environment.
- Rowe, J.S., 1972.** Les régions forestières du Canada. Serv. Can. des Forêts. Publ. 1300 F.
- Stipanivic, A. 1975.** L'Amélioration du genre mélèze au Québec. Service de la Recherche, Direction générale des forêts, ministère des Terres et Forêts du Québec (mémoire sous presse).
- Vallée, G. 1969.** Suggestion d'un programme général pour l'amélioration des arbres forestiers au Québec. Rapport interne, Service de la recherche, ministère des Terres et Forêts.