

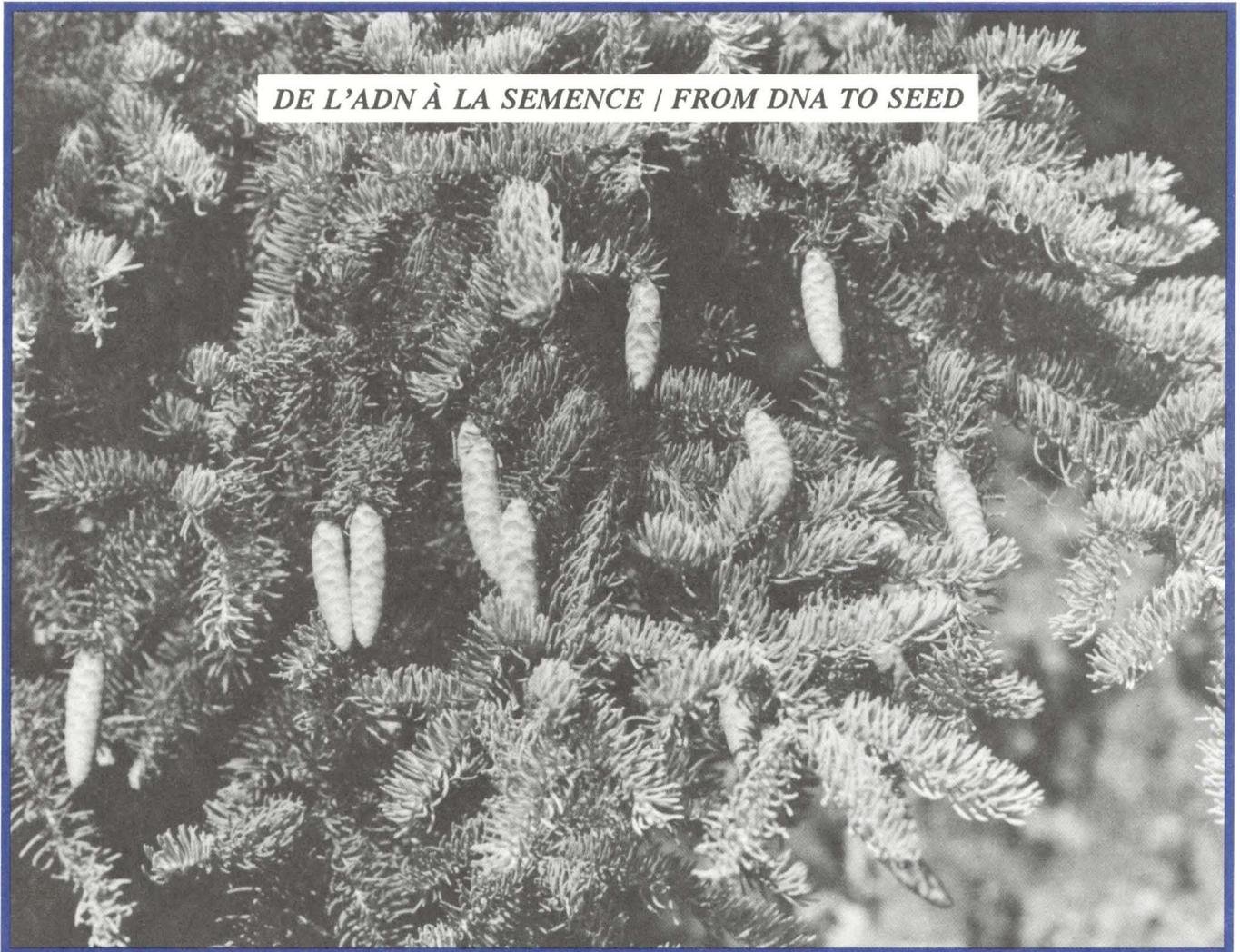
Compte rendu de la journée d'échanges sur la recherche et le développement en génétique de l'épinette blanche au Québec

Gaétan Daoust et Jean Beaulieu, organisateurs
Centre de foresterie des Laurentides • Rapport d'information LAU-X-105B

Proceedings of the one-day symposium on research and development work on the genetics of white spruce in Quebec

Gaétan Daoust and Jean Beaulieu, organizers
Laurentian Forestry Centre • Information Report LAU-X-105B

DE L'ADN À LA SEMENCE / FROM DNA TO SEED



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

LE CENTRE DE FORESTERIE DES LAURENTIDES est un des six établissements régionaux du Service canadien des forêts (Ressources naturelles Canada). Le Centre collabore avec divers organismes gouvernementaux, avec les intervenants de l'industrie forestière et avec les établissements d'enseignement dans le but de promouvoir, par des travaux de recherche et de développement, un aménagement et une utilisation plus rationnels des ressources forestières du Québec.

Au Québec, les activités portent sur la recherche dans les domaines des ressources forestières et de la protection des forêts, et sur le développement forestier. La plupart des travaux sont entrepris pour répondre aux besoins de divers organismes intéressés à l'aménagement forestier. Les résultats de ces travaux sont diffusés sous forme de rapports techniques et scientifiques, de conférences et autres publications.

THE LAURENTIAN FORESTRY CENTRE is one of six regional establishments of the Canadian Forest Service (Natural Resources Canada). The Centre cooperates with other government agencies, educational institutions and the forest industry to promote through research and development the most efficient and rational management and use of Quebec's forests.

In Quebec, the program consists of forest resource and protection research and forest development. Most research is undertaken in response to the needs of the various forest management agencies. The results of this research are distributed in the form of scientific and technical reports, conferences, and other publications.

**COMPTE RENDU DE LA
JOURNÉE D'ÉCHANGES
SUR LA RECHERCHE ET LE
DÉVELOPPEMENT EN
GÉNÉTIQUE DE
L'ÉPINETTE BLANCHE AU
QUÉBEC**

**PROCEEDINGS OF THE
ONE-DAY SYMPOSIUM ON
RESEARCH AND
DEVELOPMENT WORK ON
THE GENETICS OF WHITE
SPRUCE IN QUEBEC**

***DE L'ADN À LA SEMENCE
FROM DNA TO SEED***

Le mardi 23 mars 1993 / Tuesday, March 23, 1993

Gaétan Daoust et / and Jean Beaulieu
organisateurs / organizers

RAPPORT D'INFORMATION - INFORMATION REPORT
LAU-X-105B
1993

RESSOURCES NATURELLES CANADA
SERVICE CANADIEN DES FORÊTS - RÉGION DU QUÉBEC
NATURAL RESOURCES CANADA
CANADIAN FOREST SERVICE - QUEBEC REGION

DONNÉES DE CATALOGAGE AVANT PUBLICATION (CANADA)

Vedette principale au titre :

Compte rendu de la journée d'échanges sur la recherche et le développement en génétique de l'épinette blanche au Québec : de l'ADN à la semence = Proceedings of the one-day symposium on research and development work on the genetics of white spruce in Quebec : from DNA to seed

(Rapport d'information = Information report ; LAU-X-105B)

Texte en français et en anglais.

«Tenue au Centre de foresterie des Laurentides, le 23 mars 1993.» -- Remarque

Publ. par le Centre de foresterie des Laurentides.

ISBN 0-662-60094-0

N° de cat. Fo46-18/106

1. Épinette blanche -- Québec (Province) -- Génétique -- Congrès. 2. Génétique forestière -- Québec (Province) -- Congrès. I. Service canadien des forêts. Région du Québec. II. Centre de foresterie des Laurentides. III. Titre : De l'ADN à la semence. IV. Titre : Proceedings of the one-day symposium on research and development work on the genetics of white spruce in Quebec. V. Titre : From DNA to seed. VI. Coll. : Rapport d'information (Centre de foresterie des Laurentides) ; LAU-X-105B.

SD397.W47C65 1993 634.9'7525'09714 C93-099707-7F

CANADIAN CATALOGUING IN PUBLICATION DATA

Main entry under title:

Compte rendu de la journée d'échanges sur la recherche et le développement en génétique de l'épinette blanche au Québec : de l'ADN à la semence = Proceedings of the one-day symposium on research and development work on the genetics of white spruce in Quebec : from DNA to seed

(Rapport d'information = Information report ; LAU-X-105B)

Text in English and French.

"Held at the Laurentian Forestry Centre on March 23, 1993." -- Note

Issued by the Laurentian Forestry Centre.

ISBN 0-662-60094-0

Cat. no. Fo46-18/106

1. White spruce -- Quebec (Province) -- Genetics -- Congresses. 2. Forest genetics -- Quebec (Province) -- Congresses. I. Canadian Forest Service. Quebec Region. II. Laurentian Forestry Centre. III. Title: de l'ADN à la semence. IV. Title: Proceedings of the one-day symposium on research and development work on the genetics of white spruce in Quebec. V. Title: From DNA to seed. VI. Series: Information report (Laurentian Forestry Centre) ; LAU-X-105B.

SD397.W47C65 1993 634.9'7525'09714 C93-099707-7E

© Ministre des Approvisionnement et Services Canada 1993

N° de catalogue Fo46-18/106

ISBN 0-662-60094-0

ISSN 0835-1589

Il est possible d'obtenir sans frais un nombre restreint d'exemplaires de cette publication auprès de:

Ressources naturelles Canada

Service canadien des forêts - Région du Québec

Centre de foresterie des Laurentides

1055, rue du P.E.P.S.

C. P. 3800

Sainte-Foy (Québec)

G1V 4C7

Des copies ou des microfiches de cette publication sont en vente chez :

Micromédia Ltée

Place du Portage

165, rue Hôtel-de-Ville

Hull (Québec)

J8X 3X2

Photo de la couverture : Claude Moffet

Papier recyclé
Recycled paper



© Minister of Supply and Services Canada 1993

Catalogue No. Fo46-18/106

ISBN 0-662-60094-0

ISSN 0835-1570

Limited additional copies of this publication are available at no charge from:

Natural Resources Canada

Canadian Forest Service - Quebec Region

Laurentian Forestry Centre

1055 du P.E.P.S.

P.O. Box 3800

Sainte-Foy, Quebec

G1V 4C7

Copies or microfiches of this publication may be purchased from:

Micromedia Inc.

Place du Portage

165, Hôtel-de-Ville

Hull, Quebec

J8X 3X2

Cover photo: Claude Moffet

Imprimé au Canada
Printed in Canada



TABLE DES MATIÈRES - TABLE OF CONTENTS

	Page
Résumé - Abstract	v
Remarque - Note	vi
Introduction - Introduction	1
Rapport de la modératrice - Moderator's report	3
L'amélioration génétique de l'épinette blanche au Québec - White spruce breeding in Quebec	9
L'induction florale chez l'épinette blanche - Flower induction in white spruce	16
Effets de l'induction florale sur la qualité génétique des semences d'épinette blanche - Effects of flower induction on genetic quality of white spruce seeds	21
Les marqueurs RAPD : un nouvel outil en génétique des populations clonales - RAPD markers: a new tool in clonal population genetics	25
Élaboration de lignes directrices provisoires pour le déplacement des semences de l'épinette blanche au Québec : les axes de recherche - Developing provisional seed transfer guidelines for white spruce in Quebec: a research outline	27
L'approvisionnement en semences d'épinette blanche - Supply of white spruce seeds	30
La pollinisation de l'épinette blanche - Pollination of white spruce	31

TABLE DES MATIÈRES - TABLE OF CONTENTS
(suite) (cont'd)

	Page
Multiplication de l'épinette blanche par bouturage de jeunes plants-mères forcés en serre - Propagation of white spruce by cuttings from young greenhouse-forced parents	38
Approche biotechnologique, chez <i>Picea glauca</i>, pour la lutte contre les insectes ravageurs - Biotechnology approach to controlling insect pest damage in <i>Picea glauca</i>	41
Annexe 1 - Programme de l'atelier de travail	47
Appendix 1 - Symposium program	47
Annexe 2 - Liste des participants	51
Appendix 2 - List of participants	51
Index - Index	55

RÉSUMÉ

Un atelier de travail portant sur la recherche et le développement en génétique de l'épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] Voss) au Québec a eu lieu le 23 mars 1993 au Centre de foresterie des Laurentides (CFL) à Sainte-Foy (Québec). Au cours de cet atelier, tous les aspects de la recherche menée au Québec ayant trait à l'amélioration génétique de l'épinette blanche ont été présentés et ont fait l'objet de discussions. Ainsi, des résultats de recherche portant sur la génétique, l'induction florale, la pollinisation, l'approvisionnement en semences ainsi que la propagation par bouturage et *in vitro* ont été présentés. Les participants ont également été informés des projets de recherche nouvellement lancés portant sur le déplacement des semences dans l'aire de répartition de l'espèce au Québec, l'utilisation des marqueurs RAPD et la transformation génétique. Les échanges ont permis de faire le point sur les travaux de recherche passés et présents. Les discussions ont porté principalement sur la stratégie d'amélioration, sur l'intégration des biotechnologies au programme d'amélioration, sur les perspectives d'avenir de ces dernières et sur la nature des produits à développer. Une soixantaine de participants représentant les universités québécoises, le ministère des Forêts du Québec et le Service canadien des forêts (SCF) de Ressources naturelles Canada ont assisté à cet atelier. Un résumé de chacune des communications et le rapport de la modératrice sont présentés dans le présent compte rendu. Le programme et la liste des participants figurent en annexe.

ABSTRACT

A symposium on R&D work on the genetics of white spruce (*Picea glauca* [Moench] Voss) in Quebec was held on March 23, 1993 at the Laurentian Forestry Centre (LFC), in Sainte-Foy, Quebec. At the symposium, all aspects of current research in Quebec on genetic improvement of white spruce were presented and discussed. For example, results of research on genetics, flower induction, pollination, seed supply as well as micro-cutting and *in vitro* propagation were outlined. Participants were also informed about new research projects on seed transfer over the range of the species in Quebec, use of RAPD markers and genetic transformation. Updates were given on current and past research. Discussions dealt mainly with breeding strategies, integrating biotechnology into breeding programs, future prospects for this technology and the nature of products to be developed. Some sixty representatives from Quebec universities, the ministère des Forêts du Québec and the Canadian Forest Service of Natural Resources Canada attended the symposium. A summary of each presentation and the moderator's report are presented in these proceedings. The program and list of participants are included in the appendices.

REMARQUE

Nous avons reproduit dans le présent document les textes des communications présentées lors de la journée d'échanges sur la recherche et le développement en génétique de l'épinette blanche au Québec, tenue au Centre de foresterie des Laurentides, le 23 mars 1993.

Nous tenons à informer le lecteur que les textes apparaissent dans la version fournie par les auteurs, avec l'autorisation de publier. Ces derniers demeurent responsables tant de la forme que du fond de leurs écrits. La traduction des textes a été effectuée par le Bureau de traduction du Secrétariat d'État.

NOTE

This document contains the papers presented at the one-day symposium on R&D work on the genetics of white spruce in Quebec held at the Laurentian Forestry Centre on March 23, 1993.

We wish to inform readers that the texts included in these proceedings are the original versions provided by the authors with authorization to publish and that the authors remain responsible for both the form and content of their papers. The translation of the texts was done by the Translation Office of the Secretary of State.

INTRODUCTION

L'épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] Voss) est l'une des principales essences forestières faisant l'objet d'un programme de régénération artificielle au Québec. Afin de maximiser le rendement des sommes investies, ce programme de régénération est accompagné d'un programme d'amélioration génétique, lancé depuis plusieurs années. De nombreux travaux de recherche traitant de divers aspects de l'amélioration génétique sont menés de concert avec plusieurs organismes. C'est dans ce contexte et dans le but de favoriser les échanges entre les divers intervenants qu'un atelier de travail intitulé «**Journée d'échanges portant sur la recherche et le développement en génétique de l'épinette blanche au Québec - De l'ADN à la semence**», tenu à l'occasion d'une réunion du Comité d'amélioration génétique des arbres forestiers du Québec (CAGAFQ), a eu lieu le 23 mars 1993 au Centre de foresterie des Laurentides, situé à Sainte-Foy (Québec). Le programme de cet atelier de travail est présenté à l'annexe 1 du présent compte rendu.

L'atelier a débuté par un bref exposé du Dr Michel Boudoux, directeur de la recherche du Service canadien des forêts (SCF) - Région du Québec, sur les facteurs qui ont motivé l'organisation de cet atelier. Puis, M. Normand Lafrenière, directeur général régional, a présenté les activités du Service canadien des forêts au Québec.

INTRODUCTION

White spruce (*Picea glauca* [Moench] Voss) is one of the main forest species covered by artificial regeneration programs in Quebec. In order to maximize investments, the regeneration program is complemented by a breeding program which was initiated several years ago. Many research projects are conducted on various aspects of genetic improvement in co-operation with a number of organizations. In this context and with a view to promoting exchanges among the key players, a "**One-day symposium on R&D work on the genetics of white spruce in Quebec - From DNA to seed**" was held as part of a meeting of the Comité d'amélioration génétique des arbres forestiers du Québec (CAGAFQ) on March 23, 1993 at the Laurentian Forestry Centre in Sainte-Foy, Quebec. The symposium program is presented in Appendix 1 of these proceedings.

Dr. Michel Boudoux, Director of Research at the Canadian Forest Service (CFS) - Quebec Region, opened the symposium with a brief talk on the factors which prompted the staging of the symposium, and Mr. Normand Lafrenière, Regional Director General, followed with a presentation on the Canadian Forest Service's activities in Quebec.

Au cours de la première partie de cet atelier de travail, une dizaine de communications orales ont été présentées par des chercheurs en génétique et amélioration des arbres. Dans la deuxième partie, ouverte par M. Claude Godbout, doyen de la Faculté de foresterie et de géomatique de l'Université Laval, des discussions portant sur les progrès réalisés et les perspectives d'avenir ont eu lieu et ont fait l'objet d'une synthèse par la D^{re} Ariane Plourde, modératrice de l'atelier. Un résumé de chaque communication et le rapport de la modératrice sont présentés dans le présent compte rendu.

M. Yvon Martin, directeur de la recherche au ministère des Forêts du Québec, a clôturé l'atelier en exprimant son soutien aux collaborations multilatérales développées au cours des années.

Cet atelier de travail a regroupé une soixantaine de personnes travaillant en génétique et amélioration des arbres, représentant les universités québécoises, le ministère des Forêts du Québec et le Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada. Tous ont exprimé le désir que des ateliers portant sur d'autres espèces faisant l'objet d'un programme d'amélioration au Québec soient organisés dans un proche avenir. La liste des participants est présentée à l'annexe 2.

During the first part of the symposium, 10 presentations were given by geneticists and tree breeders. In the second part, opened by Mr. Claude Godbout, Dean of the Forestry and Geomatics Faculty at Université Laval, discussions took place on the progress achieved and future prospects, with a wrap-up by Dr. Ariane Plourde, the symposium moderator. A summary of each presentation and the moderator's report are provided in these proceedings.

Mr. Yvon Martin, Director of Research for the ministère des Forêts du Québec, gave the closing address, in which he expressed his support for the co-operative efforts undertaken over the years.

This symposium brought together some sixty representatives from Quebec universities, the ministère des Forêts du Québec and the Canadian Forest Service of Natural Resources Canada who are involved in work on the genetics and breeding of forest species. They all expressed the desire that further symposia be held in the near future on other species covered by breeding programs in Quebec. The list of participants is included in Appendix 2.

RAPPORT DE LA MODÉRATRICE

D^{re} Ariane Plourde

Chef, projet de génétique et
amélioration des arbres

Ressources naturelles Canada

Service canadien des forêts

Région du Québec

Tous les aspects de la recherche menée au Québec ayant trait à l'amélioration génétique de l'épinette blanche ont été abordés au cours de cette journée d'échanges où étaient présents des représentants du Service d'amélioration des arbres et du Service de production des plants du ministère des Forêts du Québec (MFO) de même que du Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada et de l'Université Laval. Le programme classique d'amélioration sous la responsabilité du Centre de foresterie des Laurentides était au coeur de la discussion. Les résultats de recherche obtenus au cours des dernières années ont été présentés, notamment ceux sur la génétique, l'induction florale, la pollinisation contrôlée et la propagation par microbouturage ou *in vitro*. Les participants ont également été informés des projets de recherche nouvellement entrepris et portant sur le déplacement des semences sur l'aire de distribution de l'espèce au Québec, l'utilisation des marqueurs RAPD et la transformation génétique. Les échanges ont permis de faire le point sur les travaux de recherche passés et présents. Les discussions ont porté principalement sur la stratégie d'amélioration, sur l'intégration des biotechnologies au programme

MODERATOR'S REPORT

Dr. Ariane Plourde

Project leader, Genetics and
Tree Improvement

Natural Resources Canada

Canadian Forest Service

Quebec Region

All aspects of current research in Quebec on genetic improvement of white spruce were presented during this one-day symposium attended by representatives of the Service d'amélioration des arbres, the Service de production des plants of the ministère des Forêts du Québec (MFO), as well as the Canadian Forest Service of Natural Resources Canada and Université Laval. At the centre of the discussion was the classical breeding program operated under the responsibility of the Laurentian Forestry Centre. Results of recent research were presented, including such areas as genetics, floral induction, controlled pollination and micro-cutting and *in vitro* propagation. Participants were also informed about new research projects on seed transfer over the range of the species in Quebec, use of RAPD markers and genetic transformation. Updates were given on current and past research. Discussions dealt mainly with breeding strategies, integrating biotechnology into breeding programs, future prospects for this technology and the nature of products to be developed.

d'amélioration, sur les perspectives d'avenir de ces dernières et sur la nature des produits à développer.

Le programme d'amélioration entreprend son deuxième cycle par la production de la seconde génération selon un plan de croisement révisé. Les stratégies de sélection tiennent compte de facteurs de rendement et d'adaptabilité et sont basées sur les résultats des études génétiques. Le plan de croisements dirigés inclut également la stratégie d'intégration des sélections phénotypiques réalisées en forêt naturelle par le ministère des Forêts du Québec pour constituer les vergers à graines de première génération. L'aptitude générale à la combinaison de ces sélections sera ainsi évaluée et le matériel supérieur au plan génétique sera intégré à la population d'élevage. Ce programme de croisements sera réalisé conjointement par le Service canadien des forêts - Région du Québec et le ministère des Forêts du Québec.

Le potentiel des méthodes d'induction florale est évalué au Centre de foresterie des Laurentides depuis 1987. Les résultats ont démontré la grande utilité de ces méthodes dans la réalisation du programme de croisements. Elles permettent une production abondante de fleurs indépendamment des bonnes années semencières. Cependant, les résultats mitigés obtenus lors de l'induction de greffes en récipient pour la production de fleurs mâles ont amené les responsables à développer une stratégie en fonction des

The second cycle of the breeding program is now beginning with production of the second generation under a revised cross-breeding plan. Selection strategies take into account yield and adaptability factors and are based on the results of genetic studies. The controlled cross-breeding plan also includes strategies to integrate phenotype selections taken from natural forests by the ministère des Forêts du Québec to build up first-generation seed orchards. The general combining ability of these selections will thus be assessed and the genetically superior material included in the breeding population. This cross-breeding program will be carried out jointly by the Canadian Forest Service - Quebec Region, and the ministère des Forêts du Québec.

The potential of flower induction methods has been under study at the Laurentian Forestry Centre since 1987. The results show that these methods are extremely useful in cross-breeding programs, as they provide abundant flower production in both good and bad seed years. However, the conflictive results obtained from induction of potted grafts for the production of male flowers led project managers to develop a strategy that takes into account the constraints and limitations of the technique. Female flower production is thus stimulated

contraintes et limites de la technique. Ainsi, la production de fleurs femelles est stimulée en conditions contrôlées sur des ramets en récipient alors que la production de fleurs mâles est induite chez des ramets cultivés en champs. Le Service de production de plants du MFO est intéressé à utiliser ces méthodes dans leurs vergers à graines et à éventuellement développer la régie de culture requise à la production de semences améliorées dans des vergers à graines sous abri. Le transfert technologique est déjà entamé et sera progressivement complété.

Le succès de la production de semences améliorées par croisements dirigés passe également par la production de pollen et la mise au point de méthodes efficaces et simples de pollinisation. L'envergure du plan de croisements du programme d'amélioration exige la mise sur pied d'une banque de pollen. Le Service d'amélioration des arbres du MFO, en collaboration avec les responsables de l'amélioration de l'épinette blanche, travaille à la création de cette banque tout en évaluant et développant les méthodes d'entreposage et de détermination de la qualité du pollen entreposé à court, moyen et long terme. Les gestionnaires des vergers à graines, responsables de l'approvisionnement en semences de qualité d'arbres forestiers, vont également participer à la réalisation des travaux de recherche et développement.

Les gains escomptés de la création de variétés synthétiques justifient l'utilisation de ces semences améliorées dans les

under controlled conditions on potted ramets, while male flower production is induced on field-grown ramets. The MFO Service de production de plants is interested in using these methods in its seed orchards and in the future development of management techniques required for enhanced seed production in indoor seed orchards. Technology transfer is currently under way and will be completed gradually.

Successful production of improved seed through controlled cross-breeding also depends on production of pollen and development of effective, simple pollination methods. The scope of the tree improvement program cross-breeding plan requires that a pollen bank be set up. The MFO Service d'amélioration des arbres, together with the white spruce breeders, is working to create such a bank, as well as assessing and developing storage methods and ways of determining the quality of pollen in short-, medium- and long-term storage. Seed orchard managers, responsible for supplying high-quality seeds from forest trees, will also be involved in this research and development work.

The expected gains from the creation of synthetic varieties fully justifies the use of these improved seeds in reforestation

programmes de reboisement. Des gains supérieurs pourraient être obtenus de la sélection clonale. Le déploiement de ce matériel requiert toutefois le développement de méthodes de multiplication végétative permettant la production du nombre de plants requis à un coût acceptable. Deux méthodes de propagation des conifères ont fait l'objet de recherches intensives au Québec soit le bouturage sous enceinte (bouturathèque) et la culture *in vitro* (embryogenèse somatique et caulogenèse). L'avenir de ces deux technologies est cependant remis en question dans le contexte forestier actuel en raison principalement du coût prévu de production de ce type de matériel par comparaison à celui des semences issues des vergers à graines. Une analyse coûts-bénéfices reste à faire. Les participants ont également mentionné que l'investissement requis pour la production de matériel clonal pourrait possiblement être rentabilisé par l'application d'une sylviculture intensive dans des zones de reboisement désignées à cette fin. Ainsi, l'évolution des concepts d'«agroforesterie» et de «zonage du territoire» pourrait changer les perspectives d'avenir de ces technologies.

Un outil de travail est actuellement développé afin de guider le déplacement des semences sur le territoire québécois. Le modèle mathématique permettra la délimitation des zones de semences et le choix judicieux des variétés synthétiques lors du reboisement.

programs. Higher genetic gains could be obtained with clonal selection; however, using this material creates a need for plant propagation methods that will produce the required number of plants at an acceptable cost. Intensive research was recently carried out in Quebec on two conifer propagation methods, greenhouse production of cuttings and *in vitro* culture (somatic embryogenesis and caulogenesis). Questions have been raised about the future of these two technologies in the current forestry situation, mainly due to the anticipated unit cost of producing this type of material compared to that of seeds from seed orchards. A cost-benefit analysis has yet to be made. Participants also mentioned that the investment required to produce clonal material might well be offset by the application of intensive forest management in designated reforestation areas. Future prospects for these technologies could change as concepts such as "agroforestry" and "land allocation" continue to evolve.

A tool is currently being developed to guide white spruce seed movement within the province of Quebec. The mathematical model will help to delimitate seed zones and identify the appropriate synthetic variety to be used in reforestation.

Les biotechnologies offrent le potentiel de dépasser les limites rencontrées dans les programmes classiques d'amélioration. L'incorporation dans une variété synthétique par le génie génétique d'un caractère inexistant dans l'espèce peut devenir un objectif réalisable à court terme. Des recherches sont présentement en cours dans plusieurs laboratoires dont un à l'Université Laval afin d'introduire les gènes de la toxine de *Bacillus thuringiensis* dans les cellules d'épinette blanche de façon à rendre celle-ci résistante à la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Cet objectif a soulevé plusieurs questions concernant la stratégie de déploiement de ce matériel sur le terrain. Aucune stratégie n'a pu être définie jusqu'à maintenant, puisqu'elle sera fonction des règlements ou directives à venir sur l'utilisation de ce type de matériel au Canada et au Québec. La question de l'intégration du matériel transformé dans le programme d'amélioration de l'espèce a toutefois été soulevée. Elle doit sérieusement être considérée puisqu'elle permettrait plus de flexibilité dans le choix de la stratégie de déploiement. L'évaluation des conséquences à court, moyen et long terme de l'utilisation de ce matériel doit également être complétée. La réflexion est donc amorcée. Il demeure toutefois important de poursuivre les recherches sur la mise au point des méthodes de transformation comme outil de travail en amélioration des arbres.

La biologie moléculaire trouvera également son utilité en amélioration génétique des arbres. Elle permettra, entre autres, de

Biotechnologies offer the potential to go beyond the limits encountered in classical breeding programs. Using genetic engineering to incorporate into a synthetic variety a character previously not present in the species could become a reasonable short-term objective. Research is currently under way in a number of laboratories, including one at Université Laval, to introduce *Bacillus thuringiensis* toxin genes into white spruce cells to make them resistant to spruce budworm. This objective has raised a number of questions regarding strategies for using this material in the field. No strategy has as yet been defined, since this will depend on regulations or guidelines to be developed on the use of this type of material in both Quebec and Canada. The question of using transformed material in the species improvement program has been raised, and this issue should be given serious consideration since it will result in more flexibility in choosing which strategy to use. The short-, medium- and long-term consequences of using this material must also be assessed. Examination of these aspects has begun; however, it is essential that research be continued on developing transformation methods as a tool for cross-breeding trees.

Molecular biology also has a role to play in the genetic improvement of trees, for instance by developing tools for early

développer des outils de sélection précoce, soit les marqueurs moléculaires, et d'étudier la diversité génétique. Certaines de ces méthodes sont déjà utilisées; d'autres prouveront leur potentiel dans un proche avenir.

Les progrès réalisés à ce jour sont donc très importants et justifient les investissements consentis. L'avenir est très prometteur. Nous avons en main tout le matériel génétique nécessaire à la réalisation des objectifs. Toutes les nouvelles avenues sont envisagées et les résultats escomptés des projets spéciaux nous permettront d'évaluer la faisabilité de leur utilisation dans le programme d'amélioration de l'épinette blanche au Québec. De plus, la concertation qui existe entre les organismes impliqués (le Service canadien des forêts de Ressources naturelles Canada, le ministère des Forêts du Québec et les universités) est garante du succès et permettra de maximiser les investissements consacrés à la recherche et au développement. Tous ont la même préoccupation : développer un produit de qualité offrant le potentiel de rendement attendu ou supérieur aux attentes des utilisateurs dans un objectif global de développement durable.

selection of molecular markers and studying genetic diversity. Some of these methods are already being used, while others will prove their potential in the near future.

Progress to date has thus been substantial and fully justifies the investments being made. The future is most promising. We have on hand all the genetic material needed to achieve our objectives. All new avenues are being envisaged, and the anticipated results of special projects will enable us to assess the feasibility of using them in the white spruce improvement program in Quebec. The co-operation that exists between the organizations involved (the Canadian Forest Service of Natural Resources Canada, the ministère des Forêts du Québec and the universities) is a guarantee of success and will enable us to maximize the investments being made in research and development. All involved have a common concern: development of a quality product with the potential to meet or surpass the yield expectations of users as part of an overall objective of sustainable development.

**L'amélioration génétique
de l'épinette blanche au Québec**

**White spruce breeding
in Quebec**

Jean Beaulieu, Gaétan Daoust et Ariane Plourde

Ressources naturelles Canada

Service canadien des forêts - Région du Québec

1055, rue du P.E.P.S., C.P. 3800, Sainte-Foy (Québec) Canada G1V 4C7

(Texte présenté en français par les auteurs - Paper presented in French by the authors)

La recherche en génétique et amélioration des arbres forestiers est de plus en plus considérée comme essentielle au maintien et à l'accroissement de la compétitivité du secteur forestier dans de nombreux pays. Le contexte général justifiant la mise en place de programmes d'amélioration dépasse toutefois largement le cadre économique. Le développement durable et la conservation de la diversité génétique sont deux principes auxquels souscrivent les Canadiens et qui interpellent particulièrement les généticiens améliorateurs. Ainsi, de vastes programmes de reboisement ont été mis sur pied pour regarnir les superficies mal régénérées, et les pressions s'intensifient pour une utilisation éclairée de l'ensemble du territoire.

Au Québec, l'épinette blanche est une des essences les plus reboisées. Plus de 360 millions de semis ont été mis en terre entre 1972 et 1990, et l'objectif annuel d'ici l'an 2000 est de 33 millions de plants. La mise en place d'un tel programme permet de rentabiliser les montants investis en amélioration génétique, mais aussi d'envisager l'octroi d'une vocation exclusive

Research on genetics and the breeding of forest species is increasingly being seen as essential to the maintenance and upgrading of competitiveness in the forest industry in many countries, but the overall situation which justifies the establishment of breeding programs extends well beyond mere economic considerations. Sustainable development and conservation of genetic diversity are two principles upheld by Canadians and which place particular demands on geneticists. Large reforestation programs have accordingly been implemented to reforest areas where regeneration has been insufficient, and there is growing pressure for enlightened land use in general.

In Quebec, white spruce is one of the most commonly reforested species. Over 360 million seedlings were planted between 1972 and 1990, and the annual objective by the year 2000 is 33 million plants. Setting up a program on this scale will ensure a return on the investment in genetic improvement, but also make it possible to devote certain high-potential areas exclusively to forest production.

de production forestière à certains territoires à fort potentiel.

Les premiers travaux de recherche en génétique de l'épinette blanche au Québec ont été effectués au milieu des années 50 et visaient une meilleure connaissance de la variabilité génétique d'origine géographique des caractères de vigueur. Quelques tests génétiques ont alors été mis en place sous la direction des généticiens de l'Institut forestier national de Petawawa. Au cours des années 60, à la suite d'une régionalisation des efforts de recherche au Centre de foresterie des Laurentides et d'un accord conclu avec le ministère des Forêts du Québec, un programme d'amélioration a été instauré au Québec et il est depuis conduit par des améliorateurs rattachés au Centre de foresterie des Laurentides.

Divers résultats relatifs à la génétique de l'espèce ont ainsi pu être obtenus. Les premiers ont permis de recommander l'utilisation de certaines provenances supérieures pour le reboisement (Comité d'amélioration génétique des arbres forestiers du Québec, 1983). Par la suite, à partir d'études portant sur la variabilité génétique chez la densité du bois, il a été démontré qu'il existait des différences significatives entre les populations naturelles au niveau de ce caractère et que plus de 80 % de cette variabilité se situaient entre les arbres d'une même population (Corriveau et collab., 1987). La densité relative du bois est sous contrôle génétique élevé chez l'épinette blanche ($h^2_{ind.} = 0,46$ et

Early research on the genetics of white spruce in Quebec began in the mid-1950s and was aimed at learning more about genetic variation, due to the geographical origin, in growth traits. Various genetic tests were set up under the direction of geneticists at the Petawawa National Forestry Institute. During the 1960s, following regionalization of research at the Laurentian Forestry Centre and an agreement with the ministère des Forêts du Québec, a local breeding program was set up in Quebec, headed by breeders attached to the Laurentian Forestry Centre.

Many results related to the genetics of this species have been obtained. Early findings yielded recommendations on the use of certain genetically superior sources for reforestation (Comité d'amélioration génétique des arbres forestiers du Québec 1983). Based on studies on genetic variation in wood density, it was then shown that there were significant differences between natural populations, and that over 80% of this variation was found between trees within the population (Corriveau *et al.* 1987). Relative wood density is under high genetic control in white spruce ($h^2_{ind.} = 0.46$ and $h^2_{fam} = 0.60$), and a two-phase selection process has been proposed to take this character into account in the breeding

$h^2_{fam.} = 0,60$), et une sélection en deux phases a été proposée pour tenir compte de ce caractère dans le programme d'amélioration. Ainsi, les populations ou familles les plus productives en terme de volume devraient être sélectionnées dans un premier temps, puis devraient suivre une sélection massale à l'intérieur de celles-ci en tenant compte de la densité relative du bois des individus (Corriveau et collab., 1991). La sélection chez ce dernier caractère ne peut toutefois être effectuée avant l'âge de 20 ans. Le développement de marqueurs moléculaires devrait toutefois permettre dans le futur de diminuer l'âge de la sélection.

D'autre part, des études de croissance juvénile et de phénologie ont permis d'estimer les niveaux d'héritabilité chez divers caractères entre 17 semaines et 8 ans (Li et collab., 1993). Ils varient, au niveau individuel, entre 0,10 pour la hauteur à 8 ans et 0,19 pour celle à 17 semaines. Les héritabilités familiales se situent quant à elles aux environs de 0,40. Celles relatives à la phénologie sont du même ordre de grandeur. Une intensité de sélection de 20 % des familles permettrait d'espérer un gain génétique de l'ordre de 8 % à huit ans.

Une étude de la variabilité alloenzymatique a également permis de démontrer que la proportion d'individus hétérozygotes était plus élevée dans la population d'élevage que dans les provenances d'origine des arbres sélectionnés. De plus, la sélection d'individus supérieurs ne s'est pas traduite par une perte de variabilité par rapport à

program. The most productive populations or families in terms of volume should be selected initially, and then a mass selection should be made of this group based on the relative wood density of individual trees (Corriveau *et al.* 1991). Selection for this latter character cannot be done before trees are 20 years old. Development of molecular markers should result in a lowering of selection age in the future.

Studies of juvenile growth and phenology have also led to estimates of 17 weeks to 8 years for heritability levels of various characters (Li *et al.* 1993). These vary in individual trees from 0.10 for 8-year height to 0.19 for 17-week height. Family heritability is in the 0.40 range, while that related to phenology is in the same order of magnitude. Selection intensity of 20% of families would allow us to expect genetic gains in the order of 8% at 8 years.

A study on alloenzymatic variability demonstrated that the proportion of heterozygous individuals was higher in the breeding population than in the provenance from which trees were selected. Moreover, selection of high-quality individuals did not result in a lower variation compared to that found in trees selected in the same regions to

celle trouvée chez les arbres sélectionnés dans les mêmes régions pour constituer les vergers de première génération (Desponts et collab., sous presse).

La population d'élevage servant à générer la seconde génération est constituée actuellement d'une centaine d'arbres supérieurs sélectionnés dans les tests génétiques établis avant les années 80. Les gains consécutifs au choix des provenances supérieures dans lesquelles ont été effectuées les sélections massales sont de l'ordre de 15 % en hauteur à une vingtaine d'années. Un plan de croisement a été entrepris et plus de 50 % des croisements nécessaires ont été entrepris ou réalisés. Des traitements d'induction florale sont utilisés sur une base régulière pour accélérer le programme d'amélioration. Deux séries de tests génécologiques constitués de descendances québécoises et ontariennes ont été mises en place au début des années 80. Des mesures phénotypiques ont été recueillies en 1992 et l'analyse des données est en voie de réalisation. Les résultats permettront de démontrer s'il serait avantageux de subdiviser le territoire québécois en plus d'une zone d'amélioration. Des sélections basées sur la rusticité et la croissance en hauteur seront réalisées à l'intérieur de ces tests de façon à compléter la population d'élevage de la première génération. La densité du bois des génotypes sélectionnés sera évaluée dans sept ans et seuls ceux permettant de maintenir un niveau acceptable de densité du bois seront retenus. Ces deux étapes de sélection devraient nous

set up the first-generation orchards (Desponts *et al.*, in press).

The breeding population used to generate the second generation is currently made up of about a hundred superior trees selected using genetic tests established prior to the 1980s. Gains in height following the choice of the best provenances, in which the mass selection was done, were in the order of 15% at around 20 years. A cross-breeding plan has been implemented, and over 50% of the necessary crosses have been started and/or completed. Flower induction treatments are used on a regular basis to accelerate the breeding program. Two series of genecological tests using Quebec and Ontario progenies were set up in the early 1980s. Phenotype measurements were taken in 1992, and data are currently being analyzed. The results will show whether there would be any benefit in subdividing the province of Quebec into more than one breeding region. Selection based on hardiness and height growth will be made as part of these tests so as to complete the first-generation breeding population. The wood density of selected genotypes will be assessed in seven years, and only those that allow for maintenance of an acceptable level of wood density will be kept. These two selection stages should enable us to form a breeding population of 300 high-quality individuals.

permettre de constituer une population d'élevage de 300 individus supérieurs.

La stratégie d'amélioration utilisée est basée sur celle proposée par Van Buijtenen et Lowe (1979). La population d'élevage a été subdivisée en groupes à l'intérieur desquels les croisements spécifiques sont réalisés. Chaque arbre est croisé à deux autres pour produire des familles de pleins-frères. Ces descendances serviront à estimer l'aptitude spécifique à la combinaison de chaque parent. Elles seront installées en plantation de sélection et fourniront les géniteurs de la seconde génération. Des croisements sont également effectués sur chacun des arbres sélectionnés en utilisant un mélange de pollen de 20 arbres. Les descendants de ces derniers croisements seront placés dans des tests génécologiques et serviront à estimer l'aptitude générale à la combinaison de chaque arbre de la population d'élevage. Les vergers à graines servant à la production commerciale de semences de la seconde génération ne regrouperont qu'un seul descendant par groupe d'élevage. De cette manière, nous nous assurerons à long terme de la qualité de la semence produite et nous contrôlerons le niveau de consanguinité du matériel produit.

Nous pouvons également compter sur une banque clonale regroupant les 3 500 sélections phénotypiques réalisées en forêt naturelle par le MFO pour constituer les vergers à graines de la première génération. Ces arbres serviront de bassin alternatif de diversité génétique. Des

The breeding strategy used is based on that proposed by Van Buijtenen and Lowe (1979). The breeding population was subdivided into breeding groups in which specific crossings were made. Each tree was then crossed with two others to produce full-sib families. These progenia will be used to estimate the specific combining ability of each parent. They will be placed in selection plantations and provide second-generation breeders. Crosses were also made with each selected tree using a mixture of pollen from 20 trees. The progeny of these crosses will be subjected to genecological testing and used to estimate the general combining ability of each tree in the breeding population. Seed orchards producing second-generation seeds commercially will contain only one progeny per breeding group. In this way, we ensure the long-term quality of seeds produced and can control the degree of inbreeding of the material produced.

We can also count on a clone bank of the 3,500 phenotype selections made in the natural forest by the MFO to build up first-generation seed orchards. These trees will form an alternate genetic diversity pool. Crosses will be carried out with pollen mixes on these grafts and their progeny will be

croisements avec mélange de pollen seront effectués sur ces greffes et leurs descendances seront ajoutées à celles des arbres déjà inclus dans la population d'élevage et placés en tests génécologiques. Si l'aptitude générale à la combinaison des arbres sélectionnés par le MFO s'avère supérieure à celle des arbres utilisés dans le plan de croisement, ces derniers pourront alors être remplacés par les premiers.

Depuis la mise en oeuvre du programme d'amélioration génétique de l'épinette blanche au Québec, un certain nombre d'activités de transfert technologique ont pu être réalisées. Ainsi, en plus des recommandations d'utilisation de provenances supérieures, du matériel supérieur a également été transféré aux utilisateurs. Des étudiants et des stagiaires ont appris les nombreuses techniques utilisées pour mener à bien ce type de recherche. De plus, plusieurs communications scientifiques ont été réalisées.

Dans le futur, les efforts devront porter principalement sur une évaluation plus précise de la structure génétique des populations naturelles d'épinettes blanches et sur la conservation de la diversité génétique présente. Des marqueurs biomoléculaires devront être développés de manière à assister les améliorateurs dans la sélection des génotypes supérieurs. Une évaluation du comportement de ces derniers quant aux variations climatiques appréhendées devra aussi être entreprise. La

added to those of trees that are already part of the breeding population and included in genecological tests. If the general combining ability of the trees selected by the MFO proves to be greater than that of the trees used in the cross-breeding plan, these trees could be replaced by those in the first group.

Since the inception of the white spruce breeding program in Quebec, a number of technology transfers have been made. In addition to the recommendations on use of genetically superior sources, better material has also been transferred to users. Students and trainees have been trained in the many techniques used to carry out this type of research. As well, several research papers have been prepared.

In the future, efforts should concentrate mainly on a more accurate assessment of the genetic structure of natural populations of white spruce and on the conservation of current genetic diversity. Biomolecular markers should be developed to assist breeders in selecting better genotypes. An assessment should also be made of the behaviour of these genotypes with respect to anticipated variations in climate. The breeding strategy adopted must be adapted to leave room for material modified by

stratégie d'amélioration retenue devra être adaptée pour faire place aux matériels transformés à l'aide du génie génétique, et une réglementation concernant leur dissémination devra être mise en place. En attendant, la population d'élevage de la première génération devra prioritairement être complétée de même que les croisements nécessaires pour constituer la deuxième génération.

genetic engineering techniques, and regulations should be drawn up on dissemination. In the interim, the priority is completion of the first-generation breeding population, along with the necessary cross-breeding to form the second generation.

OUVRAGES CONSULTÉS / REFERENCES

- Comité d'amélioration génétique des arbres forestiers du Québec. 1983. Amélioration génétique des essences résineuses au Québec : recherche et développement. A. Corriveau et G. Vallée (ed.). Env. Can., Serv. can. for., Gouv. Québec, min. Énerg. et Ress. 70 p.
- Corriveau, A.; Beaulieu, J.; Mothe, F. 1987. Wood density of natural white spruce populations in Quebec. *Can. J. For. Res.* 17:675-682.
- Corriveau, A.; Beaulieu, J.; Daoust, G. 1991. Heritability and genetic correlations of wood characters of Upper Ottawa Valley white spruce populations grown in Quebec. *For. Chron.* 67:698-705.
- Despots, M.; Plourde, A.; Beaulieu, J.; Daoust, G. 1993. Impact de la sélection sur la variabilité génétique de l'épinette blanche au Québec. *Can. J. For. Res.* (sous presse).
- Li, P.; Beaulieu, J.; Corriveau, A.; Bousquet, J. 1993. Genetic Variation in Juvenile Growth and Phenology in a White Spruce Provenance-Progeny Test. *Silvae Genetica* 42:52-60.
- Van Buijtenen, J.P.; Lowe, W.J. 1979. The use of breeding groups in advanced generation breeding. Pages 59-65 *in* Proc. 15th South. For. Tree Improv. Conf., Startville, MS, June 9-21, 1979.
-

L'induction florale chez l'épinette blanche

Flower induction in white spruce

Gaétan Daoust, Ariane Plourde et Jean Beaulieu

Ressources naturelles Canada

Service canadien des forêts - Région du Québec

1055, rue du P.E.P.S., C.P. 3800, Sainte-Foy (Québec) Canada G1V 4C7

(Texte présenté en français par les auteurs - Paper presented in French by the authors)

L'épinette blanche (*Picea glauca* [Moench] Voss) est une espèce à floraison tardive (20-30 ans) et dont l'intervalle entre deux bonnes années semencières peut varier de 4 à 6 ans. Pour contrecarrer ces caractéristiques intrinsèques, les responsables de l'amélioration génétique de cette espèce ont entrepris d'utiliser les techniques d'induction florale pour accélérer la réalisation de leur plan de croisement.

Les premiers essais ont débuté en 1987 sur du matériel clonal propagé par greffage et produit en récipients. Une adaptation de la méthode développée pour des greffes de *Picea engelmannii* (Perry) cultivées en récipients et placées en milieu contrôlé (Ross, 1985) a été utilisée. Cette technique consistait essentiellement à provoquer un stress hydrique par une taille racinaire, à pulvériser en période de croissance active une solution d'acides gibbérelliques (AG_{47}) et à appliquer par la suite un stress thermique. Les plants induits représentaient une centaine de clones dont la hauteur variait entre 1 et 2 m. Le traitement effectué en 1987 a induit la production de strobiles femelles et mâles, chez 63 % et 8 % des

White spruce (*Picea glauca* [Moench] Voss) is a late-flowering species (around 20-30 years), with an interval of 4 to 6 years between two good seed years. To offset these intrinsic characteristics, breeders of this species have used flower induction techniques to speed up the results of their cross-breeding efforts.

Initial tests began in 1987 on clonal material produced by grafting in pots. The method was adapted from that developed for potted *Picea engelmannii* (Perry) grafts in a controlled environment (Ross 1985). This technique basically involves provoking moisture stress by root pruning, spraying with a gibberellic acid solution (GA_{47}) during the active growth period and then applying heat stress. The induced plants represented a hundred or so clones varying in height from 1 to 2 m. The treatment applied in 1987 induced production of female and male strobiles in 63% and 8% of clones respectively compared to the results in a control group (2% and 0%).

clones respectivement comparativement au groupe témoin (2 % et 0 %).

En 1988, nous avons obtenu, pour le groupe traité, une production de strobiles femelles et mâles, de 83 % et 12 % respectivement comparativement à 5 % et 2 % chez le groupe témoin. En moyenne, 134 strobiles femelles ont été observés chez le groupe traité comparativement à 48 chez le groupe témoin. Pour les strobiles mâles, 77 strobiles ont été observés en moyenne pour le groupe traité comparativement à 6 chez le groupe témoin (Corriveau et collab., 1989).

Les principaux avantages qui se dégagent des résultats obtenus de l'induction florale en milieu contrôlé après quelques années d'utilisation sont : 1) une bonne production de strobiles femelles chez la majorité des clones, 2) une plus grande facilité à réaliser les croisements dirigés et 3) une qualité des semences produites comparable à celle obtenue sur des greffes en champ. Quelques désavantages ont également été notés. Il s'agit de la faible production clonale de strobiles mâles, de la régie intensive requise pour la production, de la manipulation et de l'entretien du matériel en récipients.

Afin de résoudre le problème de production de pollen, une expérience a été entreprise en 1990 dans le parc extérieur d'hybridation. Vingt clones âgés de 10 à 13 ans d'une hauteur moyenne de 3,5 m ont reçu divers traitements. Les traitements 1 et 2 consistaient respectivement à injecter

In 1988, we obtained a production of female and male strobiles in 83% and 12% respectively of the treated group compared to 5% and 2% for the control group. On average, 134 female strobiles were observed in the treated group compared to 48 in the control group, while an average of 77 male strobiles were observed in the treated group compared to 6 in the control group (Corriveau *et al.* 1989).

The main benefits demonstrated by the results of flower induction in a controlled environment after several years of testing were: 1) good female strobile production in the majority of clones, 2) greater ease in controlled cross-breeding, and 3) seed quality comparable to that obtained from field grafts. A few disadvantages were also noted, including low clonal production of male strobiles and the intensive management required for the production, handling and maintenance of potted material.

In an attempt to solve the pollen production problem, an experiment was carried out in 1990 in the outdoor breeding orchard. Twenty clones 10 to 13 years old with an average height of 3.5 m high were given various treatments. Treatments 1 and 2 involved injecting 100 mg of GA_{4/7} either

100 mg de $GA_{4/7}$ seul ou avec 10 mg d'acide naphthylacétique (ANA).

Au printemps 1991, les traitements 1 et 2 ont produit en moyenne 228 et 278 strobiles mâles par ramet ainsi que 391 et 396 strobiles femelles. Les témoins ont, pour leur part, produit en moyenne 15 et 6 strobiles mâles et femelles respectivement. Compte tenu de la présence d'une interaction traitement x clone, aucune différence significative entre les traitements n'a pu être démontrée. Toutefois, les traitements 1 et 2, qui sont simples et peu coûteux, ont prouvé leur efficacité dans la stimulation de la floraison d'une majorité de clones. Le traitement avec ANA augmente de 20 % en moyenne la production de strobiles mâles. Le pollen produit en parc d'hybridation pourra répondre aux exigences pour la réalisation des croisements en milieu contrôlé sur le matériel en récipients (Daoust et collab., 1991).

En 1992, notre approche diversifiée, comprenant divers matériels (greffes en récipients, greffes en champs), incluait également une banque clonale où les greffes sont maintenues à une hauteur maximale de 2 m par une taille régulière. Les résultats, obtenus de l'induction florale par l'injection d' $GA_{4/7}$ sur ce matériel, sont comparables aux résultats observés en milieu contrôlé. Ainsi pour la production de strobiles femelles, plus de 97 % des clones ont réagi positivement au traitement contrairement à 34 % chez le groupe témoin. Pour les strobiles mâles, 62 % des clones traités ont réagi

alone or with 10 mg of naphthyleneacetic acid (NAA).

In the spring of 1991, treatments 1 and 2 produced an average of 228 and 278 male strobiles per ramet along with 391 and 396 female strobiles. Control plants produced an average of 15 and 6 male and female strobiles respectively. Given the presence of a treatment x clone interaction, no significant difference between the treatments could be shown. Nevertheless, treatments 1 and 2, which are simple and fairly inexpensive, proved their effectiveness in stimulating flowering in the majority of clones. Treatment with NAA increased male strobile production by an average of 20%. The pollen produced in the breeding orchard might meet requirements for controlled cross-breeding on potted material (Daoust *et al.* 1991).

In 1992, our diversified approach included various types of material (potted grafts, field grafts), as well as a clone bank where grafts are maintained at a maximum height of 2 m by regular pruning. The results obtained from this material using floral induction by injection of $GA_{4/7}$ were comparable to the results observed in a controlled environment. For production of female strobiles, over 97% of clones reacted positively to treatment compared to 34% in the control group, while for male strobiles, 62% of treated clones reacted compared to only 7% in the controls. The quantity of pollen produced was,

comparativement à 7 % chez les témoins. Toutefois la quantité de pollen produit était très faible (31 strobiles par greffe en moyenne) (Daoust et collab., 1992).

En conclusion, compte tenu des essais et expériences réalisés depuis 1987, nous pouvons affirmer, malgré une variation clonale importante dans la production de strobiles femelles, que la majorité des clones réagit aux traitements d'induction florale. Le nombre de strobiles produits n'est pas corrélé avec la hauteur ou le volume de la cime. Même lors d'une bonne année semencière, la majorité des greffes élevées en récipients ou en banque clonale taillée ne produisent pas si elles ne sont pas induites. Pour la production de strobiles mâles, une variation clonale importante est également observée et une faible proportion des clones semble ne pas réagir au traitement d'induction. De plus, le nombre de strobiles produits est corrélé positivement avec la hauteur et le volume de la cime. La majorité des greffes induites, élevées en récipients ou en banque clonale taillée ne produisent pas, même lors d'une bonne année semencière.

however, quite small (average 31 strobiles per graft) (Daoust *et al.* 1992).

In conclusion, in light of the tests and experiments carried out since 1987, we can now confirm that, despite some major clonal variation in the production of female strobiles, the majority of clones react to flower induction treatments. The number of strobiles produced is not correlated with height or crown volume. Even in a good seed year, the majority of grafts in pots or pruned clone banks fail to produce without induction. With respect to production of male strobiles, significant clonal variation was also observed, and a small proportion of clones do not appear to react to induction treatment. Moreover, the number of strobiles produced is positively correlated with height and crown volume. The majority of induced grafts, whether raised in pots or in a pruned clone bank, failed to produce, even in a good seed year.

OUVRAGES CONSULTÉS / REFERENCES

- Corriveau, A.; Beaulieu, J.; Daoust, G. 1989. L'induction florale : possible et indispensable en génétique et amélioration des arbres. *Annales de l'ACFAS*. Vol. 57, p. 314.
- Daoust, G.; Plourde, A.; Beaulieu, J. 1991. Induction florale chez *Picea glauca*. Affiche présentée à la 23^e Conf. ACAA-CTIA, Ottawa, Ontario, 19-23 août 1991.
- Daoust, G.; Beaulieu, J.; Plourde, A.; Paquet, R. 1992. White spruce control-pollinated clonal seed orchard: a Québec case study. Fifth Annual Maritime Seed Orchard Managers Workshop. Fredericton, N.B, October 20-22.

Ross, S.D. 1985. Promotion of flowering in potted *Picea engelmannii* (Perry) grafts: effects of heat, drought, gibberellin GA_{4/7}, and their timing. Can. J. For. Res. 15:618-624.

**Effets de l'induction florale
sur la qualité génétique
des semences d'épinette blanche**

**Effects of flower induction
on genetic quality
of white spruce seeds**

Marie Deslauriers, Jean Beaulieu, Gaétan Daoust et Ariane Plourde

Ressources naturelles Canada

Service canadien des forêts - Région du Québec

1055, rue du P.E.P.S., C.P. 3800, Sainte-Foy (Québec) Canada G1V 4C7

(Texte présenté en français par les auteurs - Paper presented in French by the authors)

L'utilisation de la culture intensive et des traitements d'induction florale permet la réalisation des étapes d'un programme d'amélioration indépendamment des bonnes années semencières. L'injection d'hormones végétales et l'application de stress physiologiques se sont montrées très efficaces pour induire la floraison chez l'épinette blanche. Toutefois, certains indices nous permettent de croire que la composition génétique des descendants d'arbres induits pourrait ne pas être la même que celle obtenue en conditions normales. Une étude d'Ellstrand et Delvin (1989) démontre que l'environnement dans lequel se trouvent les parents influence les patrons de transmissibilité chez le radis. Une ségrégation non mendélienne était trois fois plus fréquente chez des plants soumis à des stress de chaleur et de lumière que chez les plants non stressés. D'autres effets de l'induction sont aussi à craindre. En effet, il est bien connu que chez la drosophile, le taux de «crossing over» peut être influencé de façon externe par les radiations, la température et les éléments nutritifs et de

Use of intensive cultivation and flower induction treatments make it possible to proceed with the stages of a breeding program in both good and bad seed years. Injection of plant hormones and application of physiological stress have proved highly effective in inducing flowering in white spruce. There are, however, some indications that the genetic composition of the progeny of induced trees might not be the same as that obtained under normal conditions. A study by Ellstrand and Delvin (1989) showed that the environment in which parents grow influences transmission patterns in radishes. Non-mendelian segregation was three times more common in plants subjected to heat and light stress than in unstressed plants. There may also be other undesirable effects of induction. It is recognized that in fruit flies, the crossing-over rate may be influenced externally by radiation, temperature and nutrients and internally by hormones (Rothwell 1988).

façon interne par les hormones (Rothwell, 1988).

Le but de cette étude est de vérifier si ces effets sont observables chez les épinettes blanches intégrées dans la population d'amélioration et induites à la floraison. Les résultats obtenus de l'analyse de ségrégation et des mesures de linkage effectuées chez des gènes codant des enzymes chez les arbres traités et non traités (témoins) ont été comparés. Les génotypes ont été sélectionnés au printemps 1992 d'après leur niveau d'hétérozygotie. Les arbres étaient soumis à deux conditions de culture, soit en champ (Cap Tourmente) et en milieu contrôlé (Valcartier). Les arbres ont été induits à la floraison à l'été 1991. À Cap Tourmente, le traitement consistait en une injection d'acide gibbérellique ($AG_{4/7}$) dans le tronc. À Valcartier, les plants avaient subi une taille racinaire, une injection d'acide gibbérellique dans le tronc et un stress thermique. Lorsque le nombre de graines était suffisant, 50 mégagamétophytes d'arbres induits et témoins ont été analysés, pour chacun des sites. Le tissu a été broyé dans un tampon Ferret additionné de NADP et de métabisulfite de sodium. Le tout a été centrifugé à 10 000 rpm, 5 min. Les extraits ont migré sur une plaque d'acétate de cellulose pour une durée moyenne de 30 min à 200 V. Des solutions de tris-glycine à pH 8,5 et de tris-citrate à pH 7 ont été utilisées comme tampon d'électrophorèse. Neuf systèmes polymorphes, codé par un total de 13 loci, ont été retenus pour analyse.

The purpose of this study was to determine whether these effects were observable in white spruce included in the breeding population and induced at flowering. The results of segregation analysis and linkage measurements in enzyme-encoding genes in treated and untreated (control) trees were compared. Genotypes were selected in the spring of 1992 on the basis of heterozygosity levels. Trees were subjected to two different cultivation methods, in the field (Cap Tourmente) and in a controlled environment (Valcartier). Flowering was induced in the summer of 1991. At Cap Tourmente, treatment consisted of injecting gibberellic acid ($GA_{4/7}$) into the trunk, while at Valcartier, plants were subjected to root pruning, trunk injections of gibberellic acid and heat stress. When the number of seeds was sufficient, 50 megagametophytes of induced and control trees were analyzed at each site. Tissue was ground in a Ferret buffer to which were added NADP and sodium metabisulfite. The mixture was centrifuged at 10,000 rpm for 5 min. The extract migrated on a cellulose acetate plate for an average of 30 min at 200 V. Solutions of pH 8.5 tris-glycine and pH 7 tris-citrate were used as electrophoresis buffers. Nine polymorphic systems, coded by a total of 13 loci, were analyzed.

L'homogénéité inter-arbres des fréquences alléliques a été évaluée à l'aide d'un test de vraisemblance. Lorsque les fréquences inter-arbres étaient homogènes, la statistique G_p , calculée à partir des données regroupées, permettait de vérifier si le rapport observé correspondait au rapport théorique de 1:1. Cette analyse était ensuite effectuée au niveau individuel, afin de connaître la répartition de la distorsion. Le linkage entre les paires de loci a été examiné lorsque chaque membre de la paire était hétérozygote. Trois statistiques du χ^2 ont été calculées pour évaluer : 1) l'homogénéité inter-arbres des fréquences gamétiques, 2) la ségrégation mendélienne à chacun des locus et 3) le linkage. L'évaluation des χ^2 de ségrégation et de linkage a été faite sur les données regroupées ou individuelles selon qu'il y avait homogénéité ou non entre les arbres. Le taux de recombinaison a été calculé en divisant le nombre de recombinants par le nombre de gamétophytes analysés.

Trois mentions de déviation par rapport à la ségrégation mendélienne ont été observées chez les données des arbres regroupés. Toutefois, cette distorsion n'était pas présente chez les arbres individuels. L'analyse de la répartition de la distorsion chez les arbres individuels nous indique que la distorsion est de 3 % chez les arbres induits et de 5 % chez les arbres témoins cultivés en champ à Cap Tourmente. À Valcartier, elle est de 4 % chez les arbres induits et de 8 % chez les témoins. L'étude effectuée chez le radis par Ellstrand et

Homogeneity of allelic frequencies among trees was assessed using a likelihood test. Where among-tree frequencies were homogeneous, the G_p parameter, calculated from pooled data, was used to check whether the observed ratio corresponded to the theoretical 1:1 ratio. The same analysis was then carried out individually to determine the distribution of distortion. Linkage between pairs of loci was examined when each member of the pair was heterozygous. Three χ^2 statistics were calculated to determine: 1) inter-tree gametic frequency homogeneity, 2) the mendelian segregation of each locus, 3) linkage. The χ^2 assessment of segregation and linkage was carried out on pooled or individual data depending on whether there was homogeneity between trees. The recombination rate was calculated by dividing the number of recombinants by the number of gametophytes analyzed.

Three occurrences of departure from mendelian segregation ratio were observed in pooled data, while this distortion was absent from results on individual trees. Analysis of the distribution of bias in individual trees indicates that the degree of bias was 3% in induced trees and 5% in control trees grown in the field at Cap Tourmente. At Valcartier, the figures were 4% for induced trees and 8% for controls. The radish study by Ellstrand and Delvin (1989) showed a distortion of 6% in control plants and 18% in induced. Contrary to these results, no

Delvin (1989) démontrait un déviation de 6 % chez les plants témoins et de 18 % chez les induits. Contrairement à ces résultats, aucune déviation n'a été observée à la suite du traitement d'induction florale chez l'épinette blanche. La distorsion était plutôt répartie aléatoirement entre les génotypes, les conditions et les sites.

Les analyses de linkage ont montré que les gènes de l'IDH et de la GDH étaient fortement liés. Aucune recombinaison n'a été observée entre ces gènes chez les arbres étudiés. Parmi les autres paires de gènes analysés, les taux de recombinaison les plus faibles ont été répertoriés chez des arbres individuels. Parmi les autres paires de gènes dont les fréquences gamétiques étaient homogènes, l'analyse des données regroupées chez les arbres induits et témoins nous donne des taux de recombinaison qui sont élevés et équivalents. Ceci nous amène à croire que les traitements d'induction florale n'ont aucun effet observable sur le niveau de linkage. Nous ne pouvons toutefois pas être affirmatifs compte tenu que nous ne connaissons pas la position des loci sur les chromosomes. L'utilisation d'une carte génétique pourrait nous permettre de pousser un peu plus loin l'interprétation de nos résultats.

distortion was observed as a result of flower induction in white spruce. Bias was instead distributed randomly among genotypes, conditions and sites.

Linkage analyses showed a strong linkage between IDH and GDH genes. No recombination was noted between these genes in the trees studied. In the other pairs of genes analyzed, the lowest recombination rates were found in individual trees. In the other pairs of genes with homogeneous gamete frequencies, analysis of pooled data for induced and control trees yielded high, equivalent recombination rates, leading us to believe that flower induction treatment had no observable effect on linkage levels. We cannot, however, state this categorically, since we do not know where loci are located on chromosomes. Use of genetic mapping might enable us to further interpret our results.

OUVRAGES CONSULTÉS / REFERENCES

- Ellstrand, N.; Delvin, B. 1989. Transmission genetics of isozyme loci in *Raphanus sativus* (Brassicaceae): stress-dependent non-mendelian segregation. *Amer. J. Bot.* 76(1):40-46
- Rothwell, N.V. 1988. *Understanding Genetics*, 4th edition, Oxford University Press, New York.
-

**Les marqueurs RAPD :
un nouvel outil en génétique
des populations clonales**

**RAPD markers:
a new tool
in clonal population genetics**

Nathalie Isabel, Francine M. Tremblay¹ et Jean Bousquet

Centre de recherche en biologie forestière, Faculté de foresterie et géomatique,
Université Laval, Sainte-Foy (Québec) Canada G1K 7P4

¹ Chercheuse du Centre de foresterie des Laurentides participant au programme Échange-Canada

(Texte présenté en français par les auteurs - Paper presented in French by the authors)

Chez les conifères, peu de travaux portent sur la quantification de la variation somaclonale à la suite d'une embryogenèse somatique. Pour vérifier la stabilité génétique en culture *in vitro*, il est important de considérer toutes les étapes de la culture *in vitro*, depuis l'induction de tissus embryogènes jusqu'aux plantes qui en sont obtenues. Diverses méthodes issues de la génétique des populations et de la génétique moléculaire peuvent être utilisées afin de détecter la variation génétique au sein de populations clonales. Cependant, pour être efficace dans ce contexte, une telle méthode doit (1) accommoder un grand nombre d'individus et de lignées cellulaires, (2) pouvoir échantillonner le génome de la façon la plus aléatoire possible et dans son entité, (3) pouvoir utiliser des micro-quantités de matériel, à savoir moins de 1 mg de tissu et, idéalement, quelques cellules ou amas cellulaires, et (4) obtenir une empreinte génétique non sujette aux variations d'expression d'ordre ontogénétique. Nous croyons qu'une nouvelle stratégie moléculaire appelée amplification aléatoire d'ADN polymorphe (RAPD), qui est

Little research work has been done on quantifying somaclonal variation following somatic embryogenesis in conifers. In verifying genetic stability in *in vitro* cultures, it is important to consider all the stages of *in vitro* culture, from the induction of embryogenic tissues to the end product, the plant. Various methods developed in population genetics and molecular genetics may be used to detect genetic variation in clonal populations, but to be effective in these situations, such a method must: (1) accommodate a large number of individuals and cell lines, (2) sample a genome as randomly as possible and in its entirety, (3) use micro-quantities of material, i.e. less than 1 mg of tissue and ideally only a few cells or groups of cells, and (4) obtain a genetic imprint that is not subject to ontogenetic variations in expression. We believe that a new molecular strategy known as random amplification of polymorphic DNA (RAPD), which is based on a polymerase chain reaction, may adequately satisfy the four criteria noted above. The potential and the advantages and disadvantages of this

basée sur la réaction en chaîne par polymérase, pourrait répondre adéquatement aux quatre critères mentionnés ci-haut. Le potentiel de même que les avantages et désavantages de cette technique seront démontrés à l'aide de cas pratiques.

technique will be demonstrated using practical examples.

Élaboration de lignes directrices provisoires pour le déplacement des semences de l'épinette blanche au Québec : les axes de recherche

Developing provisional seed transfer guidelines for white spruce in Quebec: a research outline

Peng Li¹, Jean Beaulieu² et Jean Bousquet¹

¹ Centre de recherche en biologie forestière, Faculté de foresterie et de géomatique
Université Laval, Sainte-Foy (Québec) Canada, G1K 7P4

² Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts - Région du Québec
Sainte-Foy (Québec) Canada G1V 4C7

(Texte présenté en anglais par les auteurs - Paper presented in English by the authors)

RÉSUMÉ

Les zones semencières sont délimitées de façon à réduire le risque qu'entraînent les transferts de semences d'une zone à l'autre pour les besoins du reboisement. Actuellement, on se base sur les régions écologiques, pour le déplacement de semences d'une zone à l'autre au Québec, faute de renseignements sur la variabilité génétique et les liens entre cette variabilité et les variations dues au milieu. Les objectifs de notre étude sont les suivants : (1) déterminer la variabilité génétique entre les provenances ainsi que les liens entre cette variabilité et les variations dues au milieu, chez l'épinette blanche du Québec et de l'Ontario, et (2) délimiter de façon provisoire des zones semencières, pour servir de guide au déplacement des semences de l'épinette blanche au Québec. Le matériel génétique que nous avons utilisé est constitué de 79 provenances de l'épinette blanche du Québec et de l'Ontario, chaque

ABSTRACT

Seed zones are delineated to reduce risk associated with seed transfer in reforestation. Currently, ecological regions are used to guide seed transfer in Quebec because no information is available on patterns of genetic variation and the degree of their relationships with the patterns of environmental variation. Our objectives in this study are: 1) to determine the patterns of genetic variation among seed sources and their relationships with environmental variation for white spruce in Quebec and Ontario, and 2) to develop provisional seed zones to guide seed transfer for white spruce in Quebec. Genetic materials used in this study are 79 seed sources of white spruce from Quebec and Ontario, with each source having one to five separate families (a total of 342 families). Data are available on total seedling heights (1-, 2- and 3-year) and 3-year budburst and budset in greenhouses and nurseries as well as 8- and 13-year

provenance étant constituée d'une à cinq familles (pour un total de 342 familles). On possède des données sur la hauteur totale des semis (à un, deux et trois ans) ainsi que sur le débourrement et la formation des bourgeons à trois ans, en pépinière et en serre, de même que sur la hauteur à 8 et 13 ans, dans trois tests génécologiques. Afin de déterminer les patrons de variabilité génétique de l'essence au Québec et en Ontario, nous passerons par les étapes suivantes : (1) analyse de variance pour déterminer s'il existe des différences significatives au niveau de chaque caractère entre les provenances et entre les familles à l'intérieur des provenances, (2) estimation de la matrice de corrélation génétique de tous les caractères, au niveau de la provenance et de la famille, (3) analyse en composantes principales afin de résumer la variabilité génétique de tous les caractères présent entre les provenances en quelques composantes principales, puis calcul d'une valeur moyenne pour chaque famille, et (4) construction de modèles de régression pour décrire les liens entre les moyennes obtenues par analyse des composantes principales pour chaque caractère et les coordonnées géographiques des provenances. En outre, nous vérifierons la validité des modèles en examinant la signification statistique du manque d'ajustement pour des familles non utilisées dans la construction des modèles et pour des provenances testées ailleurs. Des zones semencières seront provisoirement délimitées, grâce aux modèles décrivant la variabilité génétique entre les sources de semences.

heights in three field test sites. To determine the patterns of genetic variation for white spruce in Quebec and Ontario, the following steps will be used. First, analysis of variance will be performed to determine whether significant differences exist in each trait among seed sources and among families within seed sources. Second, the genetic correlation matrix for all traits will be estimated at both seed source and family levels. Third, principal component analyses will be conducted to summarize genetic variation in all traits among seed sources into a few principal components, and principal component scores will be calculated for each family. Fourth, regression models will be built to describe relationships between principal component scores or means for individual traits and geographical locations of seed sources. In addition, the validity of the models will be tested by examining the significance of lack of fit to the models by using families as repeats as well as by using different seed sources in other field tests. Provisional seed zones will be developed from the models describing the patterns of genetic variation among seed sources.

REMERCIEMENTS

Cette étude bénéficie de l'aide financière de la Direction du développement, en vertu du programme *Essais, Expérimentation et transfert technologique*.

ACKNOWLEDGMENTS

This study is financially supported by the Development Directorate under the *Testing, Experimenting and Technological Transfer* program.

**L'approvisionnement en semences
d'épinette blanche**

Supply of white spruce seeds

Luc Masse, ing. f., et Régis April, tech. f.

Service de la production de plants, ministère des Forêts du Québec
930, chemin Sainte-Foy, 6^e étage, Québec (Québec) G1S 4X5

(Texte présenté en français par les auteurs - Paper presented in French by the authors)

RÉSUMÉ

Pour produire annuellement 33 millions de plants d'épinette blanche, le ministère des Forêts du Québec (MFO) a besoin de 320 hL de cônes en moyenne par année. En 1992, 7 % de la récolte de cônes d'épinette blanche ont été faits dans les vergers à graines du MFO dont le réseau comprend 17 vergers clonaux d'épinettes blanches répartis dans les 10 régions administratives. Le verger moyen a 7 ha de superficie et contient 219 clones pour un total de 2 100 ramets. Les 17 vergers de la province sont composés de clones de provenances locales sauf pour 6 d'entre eux qui ont en moyenne 88 clones de provenances extérieures recommandées par les améliorateurs du Centre de foresterie des Laurentides (CFL).

ABSTRACT

The ministère des Forêts du Québec (MFO) needs an average of 320 hL of cones a year to produce 33 million white spruce plants annually. In 1992, 7% of the white spruce cone harvest came from MFO seed orchards, which are part of a network of 17 white spruce clonal seed orchards distributed over the 10 administrative regions. The average orchard covers an area of 7 ha and contains 219 clones, for a total of 2,100 ramets. The 17 orchards in the province contain clones of local origin with the exception of 6, which have an average of 88 clones from outside sources recommended by the tree breeders of the Laurentian Forestry Centre (LFC).

La pollinisation de l'épinette blanche**Pollination of white spruce****Stéphan Mercier**

Ministère des Forêts du Québec, Direction de la recherche, Service de l'amélioration des arbres
2700, rue Einstein, Sainte-Foy (Québec) Canada G1P 3W8

(Texte présenté en français par l'auteur - Paper presented in French by the author)

INTRODUCTION

Cet exposé vise à présenter les travaux de R-D qui sont actuellement réalisés sur la production et l'utilisation du pollen de l'épinette blanche au sein du Service de l'amélioration des arbres du ministère des Forêts du Québec. La présentation se terminera par une brève description des travaux reliés à la production, à l'utilisation et à la protection des graines de cette espèce.

Travaux de R-D sur le pollen

Les améliorateurs ainsi que les utilisateurs de vergers à graines rencontrent certains problèmes liés à la récolte, la manipulation et à la conservation du pollen. En fait, la biologie du pollen et de la fécondation des fleurs de l'épinette blanche, ainsi que celle des espèces résineuses en général, demeure encore mal connue et plusieurs aspects morphologiques et physiologiques méritent d'être précisés pour répondre aux interrogations des utilisateurs actuels et potentiels.

INTRODUCTION

This paper presents R&D work currently being carried out on the use of white spruce pollen at the Service de l'amélioration des arbres of the ministère des Forêts du Québec. The presentation ends with a brief description of work related to the production, use and protection of seeds of this species.

R&D work on pollen

Both breeders and seed orchard managers encounter problems related to the harvesting, handling and storage of pollen. The biology of pollen and the fertilization of white spruce female strobili, as of conifer species in general, is as yet unclear, and more remains to be learned about many of the morphological and physiological aspects if we are to answer questions raised by current and potential users.

- L'évaluation et le maintien de la viabilité du pollen

L'évaluation et le maintien de la viabilité du pollen représentent les deux éléments de base de tout travail de recherche et de développement dans le domaine de la pollinisation. Nos premiers travaux sur l'évaluation de la viabilité du pollen de l'épinette blanche ont débuté en 1992. Toutefois, des travaux en ce sens sont en cours depuis 1988 avec l'épinette noire et l'épinette de Norvège. L'expérience démontre jusqu'à présent que, d'un point de vue morpho-physiologique, le pollen de l'épinette blanche réagit au test de germination *in vitro* de manière semblable à celui des pollens des autres épinettes. Les taux moyens de germination enregistrés en 1992 avec cette espèce étaient de l'ordre de $76,4 \pm 11,5 \%$.

Nos travaux de conservation du pollen de l'épinette blanche sont également récents. Il n'est donc pas possible à l'heure actuelle de déterminer avec précision l'efficacité de la technique utilisée. Toutefois, il est raisonnable de croire que le pollen de cette espèce pourra se conserver aussi facilement que celui des autres épinettes et des pins, ce qui représente une espérance de vie comprise entre 3 et 5 ans. Toutefois, la conservation sur plusieurs années ne peut être efficace que si le lot de pollen est séché adéquatement, c'est-à-dire avec une teneur en eau évaluée à 10 %. Pour ce faire, une série de trois séchages est nécessaire pour éliminer l'eau libre contenue dans les

- Assessment and maintenance of pollen viability

The assessment and maintenance of pollen viability are the two basic elements of any research and development work on pollination. Our early work on assessing the viability of white spruce pollen began in 1992, although research on this aspect has been under way on black spruce and Norway spruce since 1988. To date, however, experience has shown that, from a morpho-physiological standpoint, white spruce pollen reacts to *in vitro* germination testing in much the same way as other spruce pollens. The average germination rate achieved with this species in 1992 was in the range of $76.4 \pm 11.5\%$.

Research on the conservation of white spruce pollen is also quite recent, and at this point in time it is not possible to determine accurately the effectiveness of the technique used. It is reasonable to assume, however, that the pollen of this species should be just as easy to conserve as that of other spruces and pines, which have a life expectancy of 3 to 5 years. Conservation over several years is only effective to the extent that the pollen has been properly dried, i.e. with a water content of 10%. This requires a series of three drying operations to remove the free water contained in both microspores and the periphery at the time of bottling. The first drying operation (16 h at 30°C), carried out

microspores ainsi qu'en périphérie lors de sa mise en bouteille. Le premier séchage (30 °C; 16 h) qui a lieu dès la récolte des cônes mâles provoque l'éclatement du sac pollinique pour libérer les grains de pollen. Un deuxième séchage (40 °C; 4 h) est généralement suffisant pour abaisser la teneur en eau des microspores à environ 10 %. Enfin, la lyophilisation (trempage durant 2 min à -196 °C suivi d'une lyophilisation -65 °C; 15 min) est nécessaire pour éliminer l'humidité contenue en périphérie des microspores et sceller sous vide les flacons de 10 mL qui seront conservés à -30 °C.

- La mise au point d'une technique de pollinisation de masse

La pollinisation de masse vise à respecter deux objectifs : obtenir un meilleur rendement en graines à la suite d'une pollinisation dirigée et réduire la quantité de pollen utilisée lors de cette dernière opération. Une première expérience a été réalisée au cours de l'hiver 1992-1993 avec la technique de la pollinisation dite «liquide» développée par les Néo-Zélandais. Cette approche consiste à pulvériser du pollen en suspension dans l'eau sur les inflorescences femelles. L'expérimentation réalisée en laboratoire a montré i) qu'une concentration de 1/100 (m/v) est suffisante pour répandre adéquatement le pollen dans un sac de pollinisation, ii) que le pollen de l'épinette blanche peut demeurer viable dans l'eau durant au moins 28 h à 25 °C (à l'obscurité) et durant 4 jours à 4 °C (à l'obscurité), iii)

when male cones are harvested, causes the pollen sac to burst, releasing the pollen grains. The second (4 h at 40°C) is normally sufficient to lower the water content of microspores to about 10%. The last operation, freeze-drying (2 min soaking at -196°C followed by 15 min freeze-drying at -65°C), is necessary to remove the moisture in the periphery of the microspores and vacuum-seal the 10 mL flasks which will be stored at -30°C.

- Development of a mass pollination technique

The aim of mass pollination is twofold: to obtain better seed yield from controlled pollination and to reduce the amount of pollen used in this operation. An initial experiment was conducted during the winter of 1992-93 using a "liquid" pollination technique developed in New Zealand. In this approach, a water suspension of pollen was sprayed on female flowers. The laboratory test showed that (i) a 1/100 (m/v) concentration is sufficient to deposit pollen adequately throughout the pollination bag, (ii) white spruce pollen will remain viable in water (if kept in a dark place) for at least 28 h at 25°C and 4 days at 4°C, (iii) there is no significant growth of pathogens under the conditions described in (ii) with the exception of lots already contaminated before conservation, and (iv) it is not necessary to

que les pathogènes ne se développent pas de façon significative dans les conditions décrites au point précédent à l'exception des lots qui étaient déjà contaminés avant leur conservation, et iv) qu'il n'est pas nécessaire de solubiliser le pollen dans une solution nutritive. Toutefois, une expérimentation réalisée sur du matériel induit et forcé en serre semble démontrer que cette technique de pollinisation est peu efficace avec l'épinette blanche. Le nombre de grains de pollen par bractée est apparu semblable dans la pollinisation liquide et la pollinisation traditionnelle ($13,5 \pm 6,4$ grains/bractée) malgré que la quantité de pollen utilisé soit moindre avec la première technique. Par contre, la pollinisation traditionnelle s'est avérée nettement supérieure en ce qui concerne le nombre de grains par micropyle ($13,7 \pm 4,5$ grains/micropyle pour la pollinisation traditionnelle contre $1,1 \pm 0,7$ grain/micropyle pour la pollinisation liquide). En somme, ces résultats montrent que le pollen est bien distribué à l'intérieur des sacs, mais que les microspores ne réussissent pas à se rendre jusqu'au micropyle. L'évaluation prochaine du rendement en graines pleines permettra sans doute d'appuyer cette observation. Par ailleurs, d'autres approches pourront éventuellement être essayées pour polliniser une grande quantité de pollen dans les vergers, comme par exemple la pollinisation à l'aide d'un pistolet électrostatique.

solubilize pollen in a nutrient solution. Tests carried out using material induced and forced in greenhouse appear to indicate that this pollination technique is not particularly effective with white spruce. The number of pollen grains per bract appeared similar in both liquid pollination and traditional pollination (13.5 ± 6.4 grains/bract), despite the fact that the quantity of pollen used in the first technique was smaller. Conversely, traditional pollination yielded much higher results for the number of grains per micropyle (13.7 ± 4.5 grains/micropyle for traditional pollination compared to 1.1 ± 0.7 grain/micropyle for liquid pollination). All in all, these results show that pollen is well distributed within pollination bags, but that microspores fail to reach the micropyle. A planned assessment of full-seed yield will no doubt support this observation. Other approaches might also be tested with a view to applying large amounts of pollen in orchards, for instance using an electrostatic spraygun.

- L'évaluation du taux de contamination pollinique dans des vergers clonaux

Les vergers à graines de première génération vont représenter d'ici peu la seule source de graines forestières au Québec. La qualité génétique de ces graines sera évidemment supérieure à celle obtenue actuellement. Toutefois, cette qualité risque d'être diminuée par les contaminations de pollen exogènes provenant des peuplements adjacents aux vergers. Il devient donc important d'évaluer les taux de contamination de ces vergers afin de contrer cet effet. Des pièges à pollen disposés en périphérie des vergers d'Estcourt (région 01) et du Lac-des-Marais (région 03) ont permis d'identifier les peuplements contaminants. Les observations ont en effet démontré, dans le premier cas, qu'il y avait une contamination de 28 % par du pollen exogène au verger, dont plus de 90 % provenaient des peuplements situés au nord-est et au nord-ouest du site. Une coupe forestière de ces peuplements réalisée en 1992 permettra de vérifier s'il est possible de réduire le taux de contamination en deçà du seuil recherché, c'est-à-dire 20 %. L'étude de la contamination au verger du Lac-des-Marais présente un intérêt particulier puisque les peuplements entourant le verger ont été décimés par un feu de forêt en 1991. Le feu a éliminé les sources de contamination sur une périphérie d'environ un kilomètre, épargnant heureusement les semenciers du verger. Ce verger présente donc l'avantage de produire des cônes femelles, alors que la production de pollen par les peuplements

- Assessing the pollen contamination rate in clonal seed orchards

First-generation seed orchards will soon become the only source of forest seeds in Quebec. The genetic quality of these seeds will obviously be higher than those currently available. There is, however, a risk that this quality may be jeopardized by contamination from foreign pollen coming from trees growing adjacent to the orchards. It thus becomes important to be able to assess the degree of contamination of these orchards so as to take action for avoiding this problem. Sources of contamination have been identified using pollen traps placed around orchards at Estcourt (Region 01) and Lac-des-Marais (Region 03). Observations showed that, in the first site, the degree of contamination from foreign pollen was 28%, of which over 90% came from stands located to the northeast and northwest of the site. Logging operations in these stands in 1992 will enable us to determine whether it is possible to reduce the contamination rate below the desired level of 20%. The study of orchard contamination at Lac-des-Marais is of particular interest since the stands around the orchard were destroyed by a forest fire in 1991. The fire eliminated sources of contamination over a radius of about a kilometre, although fortunately the seed trees in the orchard itself were untouched. The advantage of this orchard, then, is that it produces female strobili, while pollen production from surrounding stands has been sharply reduced due to the distance separating them from the orchard. These

environnants est fortement diminuée par l'effet de la distance qui les sépare du verger. Dans ces circonstances, il devient donc possible d'évaluer la distance qui peut être parcourue par le pollen étranger de manière à féconder de façon significative les fleurs femelles du verger.

Travaux de R-D sur les graines

Cette section décrit brièvement les travaux de R-D sur les graines de l'épinette blanche qui sont actuellement en cours au Service de l'amélioration des arbres;

- Mettre au point une technique d'étêtage (étêtage, éducation et rabattage) qui permettrait de réduire les coûts de récolte sans diminuer la qualité et la quantité de graines produites dans les vergers à graines.
- Mettre au point une technique de lutte contre la pyrale des cônes afin de réduire les pertes en cônes dans les vergers à graines.
- Déterminer l'effet de la fertilisation des vergers après la période de réceptivité afin d'augmenter la dimension des graines produites, de réduire leur taux d'avortement et d'augmenter le taux de survie des semenciers lors des années de forte production.
- Évaluer la variation de la période d'ouverture des cônes et de maturité des graines entre les clones d'un verger à

circumstances make it possible to assess the distance that foreign pollen must cover in order to significantly pollinate female flowers in the orchard.

R&D work on seeds

This section provides a brief description of research and development work on white spruce seeds currently being conducted at the Service de l'amélioration des arbres :

- Development of a topping technique (topping, training and pruning) to reduce harvesting costs without diminishing the quality and quantity of seeds produced in seed orchards.
- Development of a technique to control coneworm occurrence to reduce cone losses in seed orchards.
- Determining the effect of fertilization in orchards after the period of receptiveness in order to increase the size of seeds produced, reduce the abortion rate and increase the survival rate of seed trees during high-production years.
- Assess variations in cone opening and seed maturity periods among the clones of a

graines afin de déterminer la stratégie de récolte optimale.

- Mettre au point une technique qui permette d'ensemencer une graine par cavité (ou d'obtenir un taux de germination supérieur à 95 %) afin de réduire les coûts de l'opération éclaircie-repiquage.
- Vérifier l'impact de la dimension des graines (masse et volume) sur la qualité des plants produits en récipient afin d'obtenir une meilleure homogénéité de la production et une meilleure qualité des plants produits.

REMERCIEMENTS

Nous remercions pour leur collaboration le Centre de foresterie des Laurentides, l'Université de Moncton, la pépinière de Saint-Modeste, le Service de la production de plants et l'unité de gestion 33.

seed orchard to determine the optimum harvesting strategy.

- Development of a technique to plant one seed per cavity (or obtain a germination rate higher than 95%) to reduce the costs of thinning and transplanting.
- Checking the impact of seed size (mass and volume) on the quality of potted material to obtain more uniform production and better quality plants.

ACKNOWLEDGEMENTS

We express our appreciation to the following: Laurentian Forestry Centre, University of Moncton, Pépinière de Saint-Modeste, the Service de la production des plants and Management Unit 33.

**Multiplication de l'épinette blanche
par bouturage de jeunes plants-
mères forcés en serre**

**Propagation of white spruce
by cuttings from
young greenhouse-forced parents**

Pierre Périnet

Ministère des Forêts du Québec, Service de l'amélioration des arbres
2700, rue Einstein, Sainte-Foy (Québec) Canada G1P 3W8

(Texte présenté en français par l'auteur - Paper presented in French by the author)

Dans le but de multiplier commercialement par bouturage les meilleures familles de l'épinette blanche, on évalue l'aptitude à l'enracinement de boutures récoltées sur de jeunes plants-mères forcés en serre. Les plants-mères, issus de semis ou de boutures en cascade, sont maintenus en croissance pendant plus de deux ans. Au total, les plants-mères sont cultivés pendant quatre années entrecoupées de traitement au froid pour lever la dormance. Des boutures en croissance de 5 cm, récoltées à tous les trois mois, sont mises à raciner en bouturathèque, à l'étouffée, pour une période de deux mois. L'enracinement des boutures est étudié en fonction de l'origine et l'âge des plants-mères, du stade de développement des boutures, d'un pré-traitement au froid, d'un traitement avec un champignon mycorhizien, de traitements à l'auxine (AIB) et du substrat d'enracinement.

Au cours des deux premières années de culture des plants-mères, les boutures s'enracinent avec succès (75-85 %) à différents stades de lignification et sans utiliser d'auxine. Le nombre moyen de racines par bouture racinée est d'environ

Rooting ability of cuttings taken from young greenhouse-forced parent plants was assessed with a view to commercial propagation of good-quality white spruce families from cuttings. The stock, obtained from seedlings or serial cuttings, was kept growing for over two years. In all, the parent plants were cultivated for four years, interrupted by cold treatment to break dormancy. Every three months, 5 cm growing cuttings were harvested and rooted in a cutting centre, under glass, for a period of two months. Rooting of cuttings was studied in terms of source and age of stock, development stage of cuttings, cold pre-treatment, treatment with mycorrhizial fungus, auxin (AIB) treatment and rooting medium.

During the first two years of stock culture, cuttings were rooted successfully (75-85%) at various stages of lignification without the use of auxin. The average number of roots per steckling was about three. AIB, in commercial powder form (0.4% AIB),

trois racines. L'AIB, utilisé sous forme de poudre commerciale (0,4 % AIB), de solution concentrée (5 000 ppm) ou en pulvérisation (K-AIB), entraîne une diminution du taux d'enracinement des boutures. L'incorporation d'un champignon mycorrhizien dans le substrat est sans effet sur le taux d'enracinement et le nombre de racines, mais la biomasse racinaire obtenue est supérieure pour le traitement champignon. Un pré-traitement au froid diminue l'enracinement de boutures aoûtées. Parmi les facteurs étudiés, la porosité du substrat est celle qui a le plus d'effet sur l'enracinement. On obtient des taux de 90 % en utilisant de 10 à 50 % de perlite fine dans le mélange.

Pendant les deux premières années de culture des plants-mères (1989 et 1990), l'aptitude au bouturage ne diminue pas avec l'âge et les boutures prélevées sur des plants-mères issus de bouturage en cascade s'enracinent bien. Par la suite, les plants-mères deviennent dormants plus facilement et les taux d'enracinement diminuent. Un passage au froid assure une reprise de croissance rapide et un retour à des taux d'enracinement plus élevés. De façon générale, les plants-mères issus de semis sont plus productifs, du moins à court terme, que ceux obtenus par bouturage en cascade et les taux d'enracinement des boutures produites sont supérieurs.

On peut multiplier avec succès l'épinette blanche en utilisant le système bouturathèque. Pour l'instant, la production

concentrated solution (5000 ppm) or spray (K-AIB) causes a decline in rooting rate. Adding a mycorrhizial fungus to the rooting medium has no effect on rooting rate or number of roots, but the root biomass obtained is higher with the fungal treatment. Cold pre-treatment decreases rooting of ligneous cuttings. Among the factors studied, rooting medium porosity had the greatest influence on rooting. Success rates of 90% were obtained by adding 10-50% fine perlite to the mixture.

During the first two years of stock culture (1989 and 1990), rooting ability did not decrease with age, and cuttings taken from stock produced by serial cuttings rooted well. The stock plants subsequently become dormant more easily, and rooting rates decrease. Cold treatment results in recovery of rapid growth and a return to higher rooting rates. In general, stock from seedlings was more productive, at least in the short term, than that obtained by cascade cuttings, and the rooting rates of stecklings produced were higher.

White spruce may be successfully multiplied using the "bouturathèque" system. For the moment, production of stecklings of these

de boutures chez cette espèce est limitée par des caractéristiques morphologiques intrinsèques, par exemple le buissonnement obtenu après la taille des plants-mères comparativement à l'épinette noire. De nouveaux scénarios de production de plants-mères seront évalués au Centre de bouturage de Saint-Modeste.

species is limited by intrinsic morphological characteristics, such as bushiness after stock pruning compared to black spruce. New stock production scenarios will be examined at the Saint-Modeste "bouturathèque".

**Approche biotechnologique, chez
Picea glauca, pour la lutte contre
les insectes ravageurs**

**Biotechnology approach to
controlling insect pest damage
in *Picea glauca***

Armand Séguin, Ying-Hong Li et Sylvie Richard

Centre de recherche en biologie forestière, Département des sciences forestières
Faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval,
Sainte-Foy (Québec) Canada G1K 7P4

(Texte présenté en français par les auteurs - Paper presented in French by the authors)

La dernière épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) (*Choristoneura fumiferana*) a causé, à elle seule, la perte d'une grande superficie de nos forêts. Jusqu'à présent, les programmes de lutte contre la TBE ont fait appel à l'utilisation d'insecticides chimiques et plus récemment, à l'arrosage d'insecticides biologiques. Cette dernière méthode est basée sur la production d'une protéine, par la bactérie *Bacillus thuringiensis*, qui est toxique pour certains insectes. Cette méthode biologique, par rapport aux méthodes chimiques, est très peu dommageable pour l'environnement puisque la toxine est biodégradable. Toutefois, le coût des arrosages périodiques de cet insecticide biologique est relativement élevé. Cependant, les progrès récents en biotechnologie végétale permettent de proposer de nouvelles solutions de rechange à l'utilisation d'insecticide. L'approche que nous avons entreprise consiste à introduire, par transformation génétique, un gène spécifique au sein du génome de l'arbre conférant à la plante une résistance systémique à un ou plusieurs phytopathogènes tels que la TBE (1). Ainsi,

The most recent spruce budworm (*Choristoneura fumiferana*) outbreak was almost entirely responsible for the destruction of a large area of Quebec forest. To date, programs to control spruce budworm have called for the use of chemical insecticides and, more recently, spraying with biological insecticides. The latter method is based on the production of a protein by the bacteria *Bacillus thuringiensis* which is toxic for certain insects. Compared to chemical methods, this biological method causes little environmental damage since the toxin is biodegradable; however, the cost of periodic spraying with this biological insecticide is fairly high. Recent progress in plant biotechnology does, however, make it possible to propose new alternatives to the use of insecticides. The approach we have chosen involves making a transformation by introducing a specific gene into the genome of the tree, giving the plant systemic resistance to one or more phytopathogens such as spruce budworm (1). It may thus be possible to eliminate periodic spraying with insecticides. The main objective of this project thus involved introducing the gene

il serait possible d'éliminer le recours aux arrosages périodiques d'insecticides. L'objectif principal de ce projet consiste donc à introduire le gène codant pour la toxine de *Bacillus thuringiensis* (*B. t.*) dans des cellules embryogènes (2) d'épinette blanche (*Picea glauca*) afin d'en régénérer des plantules résistantes à la TBE.

Au cours des dernières années, plusieurs méthodes de transformation génétique ont été développées afin d'introduire différents gènes spécifiques chez certaines espèces végétales. Après avoir évalué le potentiel de diverses méthodes, tel l'électroporation et la microinjection, nous avons arrêté notre choix sur la technique de transformation génétique par accélération de particules (3). Cette technique a été utilisée avec succès chez certaines plantes réfractaires à d'autres méthodes de transformation génétique (4, 5). La méthode de transformation génétique par accélération de particules consiste à bombarder les cellules d'un tissu à transformer avec des microparticules d'or enrobées d'une construction génétique d'ADN. Nous utilisons un appareil commercialisé par la compagnie Bio-Rad dont l'accélération des particules s'effectue avec l'aide d'hélium comprimé.

Dans un premier temps nous avons déterminé les conditions d'utilisation avec cet appareil à l'aide d'une construction génétique (pBI221) portant le gène rapporteur de la β -glucuronidase (GUS, 6) sous le contrôle de promoteur 35S de CaMV ("Califlower Mosaic Virus"). Nous avons aussi déterminé les

encoding *Bacillus thuringiensis* (*B.t.*) toxin into the embryonic cells (2) of white spruce (*Picea glauca*) in order to regenerate plantlets resistant to spruce budworm.

In recent years, a number of transformation techniques have been developed to introduce various specific genes into certain plant species. After assessing the potential of a number of methods, such as electroporation and microinjection, we settled on transformation by particle acceleration (3). This technique has been used successfully in plants that were resistant to other transformation methods (4, 5). Transformation by particle acceleration involves bombarding the cells of the tissue to be transformed with micro particles of gold coated with a genetic construction of DNA. We used an apparatus sold by Bio-Rad, which accelerates the particles using compressed helium.

We initially determined the conditions under which the device would be operated using a genetic construction (pBI221) bearing the gene carrying β -glucuronidase (GUS, 6) under the control of CaMV (Califlower Mosaic Virus) promoter 35S. We also determined the optimum conditions for

conditions optimales de préculture des suspensions embryogènes de *Picea glauca* afin d'obtenir les meilleurs niveaux d'expression transitoire du gène GUS.

Les expériences visant la transformation stable avec le gène de la toxine de *B.t.* sont actuellement en cours. La construction génétique que nous utilisons porte le gène codant pour l'endotoxine *cryIA(b)*, qui agit spécifiquement chez les lépidoptères (7), et le gène de sélection *NPTII*, qui confère la résistance à la kanamycine. Après la transformation, les cellules sont cultivées *in vitro* sur un milieu sélectif contenant de la kanamycine afin de sélectionner les transformants positifs. Différentes méthodes de biologie moléculaire ont été développées afin de détecter l'expression du gène de la toxine de *B.t.* à partir de microquantités de matériel végétal transformé. Par la suite, les lignées transformées seront soumises à un test biologique impliquant l'insecte afin de déterminer leur résistance à la TBE.

À plus long terme, nous voudrions porter une attention particulière à la régulation du gène du *B.t.* chez la plante. Dans cette optique, il serait souhaitable que l'expression de la toxine du *B.t.* soit induite de façon spécifique au niveau des aiguilles de l'arbre et ce, uniquement lors de l'attaque de l'insecte. De cette façon, les coûts énergétiques de la plante, associés à la production de la toxine de *B.t.*, seront réduits. Les développements de tels types de construction génétiques, avec des promoteurs spécifiques, sont actuellement à l'étude dans notre laboratoire.

preculturing embryonic suspensions of *Picea glauca* to obtain the best levels of transient expression of the GUS gene.

Experiments to obtain stable transformation of the *B.t.* toxin gene are now under way. The genetic construction we are using carries the gene encoding endotoxin *cryIA(b)*, which acts specifically on lepidoptera (7) and the selection gene *NPTII*, which provides resistance to kanamycin. Following transformation, the cells are cultivated *in vitro* on a selective medium containing kanamycin to select positive transformants. Various molecular biology techniques have been developed to detect *B.t.* toxin gene expression from microquantities of transformed plant material. Transformed lines will subsequently be subjected to a biological test using the actual insect to assess resistance to spruce budworm.

In the longer term, we hope to concentrate particularly on regulation of the *B.t.* gene in the plant. In this perspective, it would be desirable to induce expression of *B.t.* toxin specifically in the needles of the tree only during attack by the insect. In this way, the energy burden on the plant related to production of *B.t.* toxin would be reduced. Development of this type of genetic construction using specific promoters is currently under study in our laboratory. Although use of biopesticides such as *B.t.* toxin is highly effective against insect pests,

Bien que l'utilisation de biopesticides tels que la toxine de *B.t.* soit très efficace contre les insectes ravageurs, il est essentiel de développer de nouveaux moyens de lutte pour pallier à d'éventuels changements écologiques. Chez les plantes supérieures, certaines protéines endogènes ont aussi des effets toxiques pour les insectes, particulièrement les inhibiteurs de protéases. Ces protéines font partie des mécanismes de défense des végétaux (8). Jusqu'à présent, l'identification des gènes codant pour ces inhibiteurs de protéases a été faite seulement chez certaines plantes annuelles et chez le peuplier (*Populus L.*). La mise en évidence de ces inhibiteurs de protéases et l'identification des gènes respectifs chez *Picea glauca* pourrait être utile comme outil complémentaire de lutte contre la TBE. Au même titre que le gène de la toxine de *B.t.*, un gène d'inhibiteur de protéase pourrait faire l'objet d'une nouvelle construction génétique et être incorporé à un programme de transformation génétique comme celui que nous venons de décrire.

development of new means of control is essential to mitigate eventual ecological changes. In higher plants, endogenous proteins may also be toxic to insects, in particular proteinase inhibitors. These proteins are part of the normal defence mechanisms of plants (8). To date, the genes encoding these proteinase inhibitors have been identified only in some annual plants and in poplar (*Populus L.*). Detecting these proteinase inhibitors and identifying the respective genes in *Picea glauca* might be useful as a complementary tool to control spruce budworm. Like the *B.t.* toxin gene, a proteinase inhibiting gene could be used in a new genetic construction and then be incorporated into a transformation program like the one described above.

OUVRAGES CONSULTÉS / REFERENCES

- (1) Vaeck, M. et collab. (1987) *Nature* **328**, 33-37.
- (2) Tremblay, F.M. (1990) *Can. J. Bot.* **68**, 236-242.
- (3) Klein, T.M. et collab. (1987) *Nature* **327**, 70-73.
- (4) McCabe, D.E. et collab. (1988) *Bio/Technology* **6**, 923-926.
- (5) Christou P. et collab. (1991) *Bio/Technology* **9**, 957-962.
- (6) Jefferson, R.A. et collab. (1987) *EMBO J.* **6**, 3901-3907.

(7) Gill, S.S. et collab. (1992) *Annu. Rev. Entomol.* **37**, 615-636.

(8) Ryan, C.A. et collab. (1990) *Jour. Iowa Acad. Sci.* **97**, 9-14.

ANNEXE 1 - APPENDIX 1

PROGRAMME DE L'ATELIER DE TRAVAIL - SYMPOSIUM PROGRAM

C A G A F Q

*Le mardi 23 mars 1993 au Centre de foresterie des Laurentides
Tuesday, March 23, 1993 at the Laurentian Forestry Centre*

**DE L'ADN À LA SEMENCE
FROM DNA TO SEED**

Modératrice / Moderator : Dre Ariane Plourde

Chef, projet de génétique et amélioration des arbres
Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts - Région du Québec

8 h 30 **Introduction aux objectifs de la rencontre - Introduction to the symposium objectives**

Dr Michel Boudoux, Directeur de la recherche
Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts - Région du Québec

Présentation de Ressources naturelles Canada - Presentation on Natural Resources Canada

M. Normand Lafrenière, Directeur général
Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts - Région du Québec

8 h 45 **L'amélioration génétique de l'épinette blanche au Québec - White spruce breeding in Quebec**

Dr Jean Beaulieu
Projet de génétique et amélioration des arbres
Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts - Région du Québec

9 h 15 **Élaboration de lignes directrices provisoires pour le déplacement des semences de l'épinette blanche au Québec : les axes de recherche - Developing provisional seed transfer guidelines for white spruce in Quebec: a research outline**

Dr Peng Li
FFG - CRBF
Université Laval

-
- 9 h 35 **L'approvisionnement en semences d'épinette blanche - Supply of white spruce seeds**
M. Luc Masse
Service de production de plants
Ministère des Forêts du Québec
- 9 h 55 **L'induction florale chez l'épinette blanche - Flower induction in white spruce**
M. Gaétan Daoust
Projet de génétique et amélioration des arbres
Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts - Région du Québec
- 10 h 15 **Pause - Break**
- 10 h 30 **La pollinisation de l'épinette blanche - Pollination of white spruce**
M. Stéphan Mercier
Div. de la recherche sur les semences, boutures et plants
Ministère des Forêts du Québec
- 10 h 50 **Effets de l'induction florale sur la qualité génétique des semences d'épinette blanche - Effects of flower induction on genetic quality of white spruce seeds**
Mme Marie Deslauriers
Projet de génétique et amélioration des arbres
Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts - Région du Québec
- 11 h 10 **Multiplication de l'épinette blanche par bouturage de jeunes plants-mères forcés en serre - Propagation of white spruce by cuttings from young greenhouse-forced parents**
M. Pierre Périnet
Div. de la recherche sur les semences, boutures et plants
Ministère des Forêts du Québec
- 11 h 30 **Dîner - Lunch (offert par le Centre de foresterie des Laurentides - provided by the Laurentian Forestry Centre)**
- 12 h 45 **Allocution du doyen - Dean's speech**
M. Claude Godbout
Doyen de la Faculté de foresterie et de géomatique
Université Laval
- 13 h 00 **La production de plants clonaux d'épinette blanche par embryogenèse somatique - Production of white spruce clonal plants by somatic embryogenesis**
Dre Francine M. Tremblay
FFG - CRBF
Université Laval
Chercheure du Centre de foresterie des Laurentides (programme Échange-Canada)
-

-
- 13 h 20 **Les marqueurs RAPD : un nouvel outil en génétique des populations clonales -
RAPD markers: a new tool in clonal population genetics**
Mme Nathalie Isabel
FFG - CRBF
Université Laval
- 13 h 40 **Approche biotechnologique, chez *Picea glauca*, pour la lutte contre les insectes
ravageurs - Biotechnology approach to controlling insect pest damage in *Picea
glauca***
Dr Armand Séguin
FFG - CRBF
Université Laval
- 14 h 00 **Discussion - Discussion**
- 15 h 00 **Pause - Break**
- 15 h 15 **Discussion (suite) - Discussion (continuation)**
- 16 h 15 **Rapport de la modératrice - Moderator's report**
- 16 h 30 **Mot de la fin - Closing words**
M. Yvon Martin
Directeur de la recherche
Ministère des Forêts du Québec
-

ANNEXE 2 - APPENDIX 2

LISTE DES PARTICIPANTS - LIST OF PARTICIPANTS

M. Régis April
Ministère des Forêts du Québec
Service de production de plants
930, chemin Sainte-Foy
Québec (Québec)
G1S 4X5

M. Donald Blouin
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

Mme Johanne Claveau
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

M. Simon Barrette
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

Dr. Michel Boudoux
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

Mme Danielle De Montigny
CRBF
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
G1K 7P4

M. Roger Beaudoin
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

Dr. Jean Bousquet
FFG - Sciences forestières
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
G1K 7P4

M. Gaétan Daoust
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

Mme Carmelle Beaulieu
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

M. Jean-Guy Brouillette
Ministère des Forêts du Québec
Service de production de plants
930, chemin Sainte-Foy
Québec (Québec)
G1S 4X5

Mme Marie Deslauriers
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

Dr. Jean Beaulieu
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy, Québec
G1V 4C7

Dr. Pierre Charest
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Institut forestier national de
Petawawa
C.P. 2000
Chalk River (Ontario)
J0J 1J0

M. Luc Desrosiers
Ministère des Forêts du Québec
Service de production de plants
930, chemin Sainte-Foy
Québec (Québec)
G1S 4X5

Mme Julie Dubé
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

M. Roger Gagné
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

M. Guildo Gagnon
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

M. Fernand Germain
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

M. Claude Godbout
Doyen
Faculté de foresterie et
géomatique
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
G1K 7P4

M. Jacques Grenier
Ministère des Forêts du Québec
Service de production de plants
930, chemin Sainte-Foy
Québec (Québec)
G1S 4X5

Dr. Richard Hamelin
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

Mme Nathalie Isabel
FFG - Sciences forestières
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
G1K 7P4

M. Normand Lafrenière
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

M. Yves Lamontagne
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

M. Fabrice Lantheaume
CRBF
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
G1K 7P4

M. Gaston Lapointe
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

M. François Larochelle
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

M. Robert Lavallée
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

M. Serge Légaré
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

M. Patrick Lemay
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

M. Luc Masse
Ministère des Forêts du Québec
Service de production de plants
930, chemin Sainte-Foy
Québec (Québec)
G1S 4X5

M. Pierre Périnet
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

Mme Caroline Levasseur
CRBF
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
G1K 7P4

M. Stéphan Mercier
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

Dr. Khasa Phambu
CRBF
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
G1K 7P4

Dr. Peng Li
FFG - Sciences forestières
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
G1K 7P4

M. Serge Morin
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

Dre Ariane Plourde
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

Mme Ying-Hong Li
FFG - Sciences forestières
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
G1K 7P4

M. René Pâquet
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

Mme Esther Pouliot
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des
Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7

M. Yvon Martin
Ministère des Forêts du Québec
Direction de la recherche
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

M. Carol Parent
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

Mme Sylvie Richard
FFG - Sciences forestières
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
G1K 7P4

M. Michel Rioux
Ministère des Forêts du Québec
Pépinière de Saint-Modeste
410, rue Principale
Saint-Modeste (Québec)
G0L 3W0

Dre Francine M. Tremblay
FFG - Sciences forestières
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
G1K 7P4

Mme Alice Roy
CRBF
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
G1K 7P4

Mme Laurence Tremblay
CRBF
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
G1K 7P4

Dr. Armand Séguin
FFG - Sciences forestières
Université Laval
Sainte-Foy (Québec)
G1K 7P4

Dr. Gilles Vallée
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

M. Ante Stipanovic
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

M. Michel Villeneuve
Ministère des Forêts du Québec
Service d'amélioration des
arbres
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec)
G1P 3W8

Mme Denise Tousignant
Ministère des Forêts du Québec
Pépinière de Saint-Modeste
410, rue Principale
Saint-Modeste (Québec)
G0L 3W0

INDEX

- APRIL, R., 30
- BEAULIEU, J., 9, 16, 21, 27
- BOUSQUET, J., 25, 27
- DAOUST, G., 9, 16, 21
- DESLAURIERS, M., 21
- ISABEL, N., 25
- LI, P., 27
- LI, Y.H., 41
- MASSE, L., 30
- MERCIER, S., 31
- PÉRINET, P., 38
- PLOURDE, A., 3, 9, 16, 21
- RICHARD, S., 41
- SÉGUIN, A., 41
- TREMBLAY, F.M., 25

