



Poplar Council
of Canada
Conseil du Peuplier
du Canada

COMPTES RENDUS DE LA RÉUNION ANNUELLE 1998 DU CONSEIL DU PEUPLIER DU CANADA

PROCEEDINGS OF THE 1998 ANNUAL MEETING OF THE POPLAR COUNCIL OF CANADA

• • • • •
« Se préparer pour le 3^e millénaire »
“*Getting ready for the 3rd millenium*”

Pavillon Desjardins
Université Laval, Sainte-Foy
Du 21 au 24 septembre 1998
September 21-24, 1998

Papiers
DOMTAR
Centre d'affaires Windsor®



C R B F



Gouvernement du Québec
Ministère des Ressources naturelles
Forêt Québec
Direction de la recherche forestière



Ressources naturelles
Canada
Service canadien
des forêts

Natural Resources
Canada
Canadian Forest
Service

Des copies supplémentaires de ce document sont disponibles au :
Additional copies are available at:

Conseil du peuplier du Canada
Poplar Council of Canada
5320 – 122nd Street
Edmonton, Alberta
Canada T6H 3S5

Téléphone/*Phone* : (780) 435-7282
Télécopieur/*Fax* : (780) 435-7356
Courriel/*E-mail* : informat@poplar.ca

Numéro de catalogue : Fo-18-46/1998
ISBN 0-662-64383-6
© Conseil du peuplier du Canada

•
•
•
•
•
•
•
•
•
•

Préface

C'est sous le thème « Se préparer pour le 3^e millénaire » que s'est tenue, du 21 au 24 septembre 1998, la réunion annuelle du Conseil du peuplier du Canada (CPC). Plusieurs éléments ont conditionné le contexte de la tenue de cette réunion et il est utile d'en effectuer un rappel.

À l'aube de l'an 2000, au moment où le monde forestier et le public regardent le rôle économique, social et environnemental de la forêt et se questionnent sur la place du Canada sur l'échiquier mondial, il y a lieu de considérer le pourquoi et le comment du rendement accru des forêts dans la gestion globale du territoire. Dès lors, il est apparu nécessaire pour le CPC et ses collaborateurs, de faire le point sur les réalisations canadiennes dans le domaine de la sylviculture, de la génétique et de la biotechnologie des peupliers et des trembles. Cette réflexion visait à comprendre l'évolution survenue dans ces domaines, à évaluer notre compétitivité au plan mondial et les défis auxquels nous sommes confrontés, de même qu'à préciser les besoins de recherche pour les prochaines années.

C'est donc dans ce contexte qu'a été organisée et tenue, à l'Université Laval, à Sainte-Foy, au Québec, la réunion annuelle 1998 du Conseil du peuplier du Canada. Elle résulte d'une collaboration entre le Centre de recherche en biologie forestière de l'Université Laval, le Centre d'affaires Windsor de Papiers Domtar, le Service canadien des forêts et la Direction de la recherche forestière de Forêt Québec.

Preface

The theme of the 1998 annual meeting of the Poplar Council of Canada (PCC), held on September 21-24, 1998 was "Getting Ready for the 3rd millenium". It is worth recalling several of the elements that formed the context of the meeting.

At the dawn of the year 2000, at a time when the those involved in forestry and the public are looking at the economic, social and environmental role of the forest and asking questions about Canada's place on the world stage, it is appropriate to consider the "how" and "why" of increased forest output in the overall management of land. It therefore seemed necessary for the CPC and its collaborators to take stock of Canadian achievements in the area of poplar and aspen silviculture, genetics and biotechnology. The aim of this exercise was to understand recent changes in these areas, to evaluate our international competitiveness and the challenges we face, as well as to identify research needs for the coming years.

This was the context of the 1998 annual meeting of the Poplar Council of Canada, held at Université Laval, Sainte-Foy, Québec. The meeting was the fruit of collaboration between the Centre de recherche en biologie forestière de l'Université Laval, Papiers Domtar's Centre d'affaires Windsor, the Canadian Forest Service and Forêt Québec's Direction de la recherche forestière.

•
•
•
•
•
•
•
•
•
•

Avertissement au lecteur

Le but du présent document est de fournir un outil de travail aux personnes qui oeuvrent au développement du peuplier. Il contient les textes ou notes des communications présentées lors de la réunion annuelle du Conseil du peuplier du Canada, tenue du 21 au 24 septembre 1998. Il contient également l'essentiel des discussions tenues lors des plénières. Les textes ou notes n'engagent que la responsabilité des auteurs. Toutefois, il est à noter que les comptes rendus des communications ainsi que leurs traductions n'ont pas été soumis aux auteurs pour approbation.

Note to readers

The purpose of this document is to provide a practical tool for those working in the area of poplar development. It contains the texts or speakers' notes for the presentations made at the Annual Meeting of the Poplar Council of Canada, held September 21-24, 1998. It also contains the essential points and arguments made during discussions at the plenary sessions. The texts and notes are the sole responsibility of the authors. However, it should be noted that neither the summaries made of the presentations, nor their translations, were submitted to the authors for approval.

•
•
•
•
•
•
•
•
•
•

Remerciements

La réunion annuelle du Conseil du peuplier du Canada de 1998 a été rendue possible par le travail concerté de plusieurs personnes qui ont prêté leur collaboration au comité organisateur. Il faut tout d'abord souligner la participation des conférenciers et des exposants qui ont permis que cette réunion offre un contenu de qualité.

Il importe également de mentionner les personnes qui ont organisé les visites guidées : Hervé Gagnon et Serge Morin de Forêt Québec; Serge Gendron, David Malo et Régis Saint-Amand du Centre d'affaires Windsor de Papiers Domtar; ainsi que Wayne Young et Adam Zulinski du Cornwall Business Centre de Domtar Papers.

Plusieurs personnes ont fourni au comité organisateur une aide essentielle à l'organisation logistique de l'événement. Le comité organisateur tient donc à exprimer sa gratitude aux personnes suivantes : Roseline Beaudin, Suzanne Doré, Lucie Labrecque et Marie Pothier du Service canadien des forêts; Pierre Bélanger, François Caron et Linda Veilleux de Forêt Québec; Colette Boursier de l'Université Laval; et Carol Mardell du Conseil du peuplier du Canada.

Des remerciements sont aussi adressés à Jim Richardson pour l'excellence des notes prises lors des plénières et ateliers, ce qui a permis d'améliorer significativement le contenu du présent document.

De plus, par la qualité de ses services et le dévouement de son personnel, l'Université Laval a grandement facilité la tenue de cette réunion. Sa contribution mérite d'être soulignée.

Enfin, il importe de signaler la contribution financière du Centre d'affaires Windsor de Papiers Domtar et du Service canadien des forêts.

Le comité organisateur

•
•
•
•
•
•
•
•
•
•

Acknowledgements

The Annual Meeting of the Poplar Council of Canada was made possible by the combined efforts of many people who lent a hand to the organizing committee. First and foremost, we would like to thank the speakers and presenters, whose participation ensured the high quality of the content of the meeting.

We would also like to thank the organizers of the field tours: Hervé Gagnon and Serge Morin of Forêt Québec; Serge Gendron, David Malo and Régis Saint-Amand of Papiers Domtar's Centre d'affaires Windsor; and Wayne Young and Adam Zulinski of Domtar Papers' Cornwall Business Centre.

The organizing committee would like to express its gratitude to the many people who provided it with essential help in the logistical organization of the event: Roseline Beaudin, Suzanne Doré, Lucie Labrecque and Marie Pothier of the Canadian Forest Service; Pierre Bélanger, François Caron and Linda Veilleux of Forêt Québec; Colette Boursier of Université Laval; and Carol Mardell of the Poplar Council of Canada.

We would also like to thank Jim Richardson, whose excellent notes on the plenary sessions and workshops significantly improved the content of these proceedings.

In addition, it would be remiss of us not to mention the services and devotion of the staff at Université Laval, which greatly facilitated the holding of the meeting.

Finally, the financial contributions made by Papiers Domtar's Centre d'affaires Windsor and the Canadian Forest Service should be underlined.

The Organizing Committee

•
•
•
•
•
•
•
•
•
•
•

Contents

Preface	i
Note to readers	ii
Acknowledgements.....	iv
Industrial Potential of Poplars in Canada	13
The Domtar Experience	26
The “Populiculture” Project, Norampac Inc., Cabano Division.....	29
Hybrid Poplar Project 1997-98 to 2001-02 (Panneaux Chambord)	33
Nursery Production and Planting of Aspen	36
Assessment of Progress in Genetics: Canada’s Position	43
Results of Genetics Program (University of Toronto).....	50
Poplar Genetic Improvement Program in Québec.....	54
Western Boreal Aspen Cooperative (WBAC).....	59
Tree biotechnology: where are we?.....	65
Novel Approaches in the Study of Poplar Diseases	72
Transformation Techniques	76
Transgenic Trees: Their place in the World	80
Discussion on Progress, Challenges, Objectives and Priorities.....	86
Wrap-up of workshops	91
Summary of the Poplar Council of Canada Business Meeting.....	94

Potentiel industriel du peuplier au Canada

Plénière

Jim Richardson, directeur technique, Conseil du peuplier du Canada

Les forêts constituent l'une des plus importantes ressources naturelles du Canada, et les forêts canadiennes se classent parmi les plus étendues et les plus précieuses au monde. L'industrie l'a depuis longtemps reconnu et, pendant des centaines d'années, a tenté d'exploiter la ressource plus au profit des étrangers qu'à celui du pays lui-même et dans un but souvent très controversé, mais qui ne touche qu'indirectement le sujet de la présente étude.

Le peuplier, particulièrement dans les tremblais et les peuplements mixtes de la forêt boréale, représente une des plus importantes composantes de la ressource forestière naturelle canadienne. L'industrie en a reconnu le potentiel et exploite présentement cette espèce. Cependant, bien qu'en théorie l'utilisation du peuplier puisse encore se développer, l'industrie commence à sentir les limites économiques de cette espèce à l'état naturel et étudie les améliorations possibles de la productivité qu'offrent la sylviculture, l'amélioration génétique conventionnelle et même la biotechnologie. De plus, la plantation de peupliers hybrides sur des terres agricoles présente également un potentiel intéressant.

La présente étude donne un bref aperçu de cette ressource naturelle, des travaux déjà accomplis en amélioration génétique du peuplier et des développements récents en biotechnologie à cet égard. Elle fait également état du sondage récent effectué par le Conseil du peuplier du Canada auprès de l'industrie canadienne qui exploite la ressource. Ce sondage visait à mesurer l'intérêt de cette industrie envers une éventuelle coopérative canadienne de biotechnologie du peuplier, et ses résultats montrent que l'industrie est actuellement confrontée à des problèmes d'approvisionnement et que, en conséquence, plusieurs entreprises examinent de plus près le potentiel du peuplier hybride. La présente étude tire quelques conclusions sur le potentiel futur de la ressource¹.

La ressource naturelle du peuplier¹ au Canada

Pendant la plus grande partie de l'histoire de ce pays, la foresterie et l'industrie forestière se sont surtout intéressées aux résineux des forêts canadiennes. C'est compréhensible, étant donné l'importance et la valeur du pin blanc, de l'épinette blanche, du Douglas, du cèdre rouge de l'Ouest et d'autres espèces. Ce n'est qu'au cours des 20 à 30 dernières années que les espèces feuillues ont été reconnues pour leur valeur propre. Elles occupent près de 25 % de la superficie des zones forestières productrices de bois et fournissent près de 6 milliards de m³ de bois sur un volume total de 26 milliards (Lowe *et al.*, 1996). Les données d'inventaire démontrent la présence dominante du peuplier parmi les feuillus. En fait, le peuplier occupe 17,8 millions d'ha de la superficie totale de 53,8 millions d'ha peuplés par les espèces feuillues dans les zones forestières productrices de bois. De plus, comme la plupart des arbres formant la catégorie appelée dans les inventaires « espèces feuillues non spécifiées » se trouvent dans la forêt boréale, on peut raisonnablement supposer qu'une partie importante de cette forêt est composée de peuplier (surtout de peuplier faux-tremble). Ainsi, cette espèce pourrait bien occuper une

¹ Dans cette étude, le terme « peuplier » désigne toutes les espèces du genre *Populus*.

superficie totale d'environ 22 millions d'ha. Calculé en volume, le peuplier représente 62 % du volume total des espèces feuillues qui se chiffre à près de 6 milliards de m³. Le peuplier faux-tremble, un des arbres les plus répandus en Amérique du Nord (Farrar, 1995), représente à lui seul une bonne partie de ce volume, soit 2,89 milliards de m³. Le potentiel que le peuplier représente pour l'industrie forestière au Canada est donc très clair lorsqu'on se fonde sur les données d'inventaire.

Il est bien connu que l'intérêt de l'industrie pour le peuplier s'est manifesté au moment de la très grande expansion survenue dans les années 1970 et 1980, particulièrement par l'établissement d'usines de panneaux à copeaux orientés et d'usines de pâte kraft dont la matière première est le peuplier. Cette expansion a touché la plupart des zones forestières boréales, allant du nord du Québec en passant par le nord de l'Ontario, du Manitoba, de la Saskatchewan et de l'Alberta jusqu'au nord-est de la Colombie-Britannique. Presque du jour au lendemain, le peuplier a acquis de la valeur aux yeux des exploitants forestiers. Il est en effet passé d'une espèce nuisible, à éliminer le plus possible, à une espèce à cultiver. C'est à cette époque que le potentiel du peuplier a été reconnu au Canada autant par l'industrie que par les gouvernements, et ces derniers ont alors travaillé à mettre cette ressource à la disposition de la première.

Il est intéressant de noter que dès 1967, à un symposium national sur l'état du peuplier au Canada, un conférencier a mentionné que « le peuplier a été utilisé au Canada d'une façon fort restreinte ». À cette époque en effet, il n'y avait que 5,4 % du volume net de la coupe de peupliers annuelle permise qui était commercialement utilisé (Fitzpatrick et Stewart, 1968). Le taux d'utilisation actuel est assez difficile à préciser du fait que les chiffres sur les coupes de peupliers permises sont généralement compris dans l'ensemble des données sur les coupes de feuillus. Cependant, en 1995, environ 50 % de la coupe de feuillus permise était récolté en billes industrielles (Conseil canadien des ministres des forêts, 1997).

Le superlatif s'applique à plusieurs attributs de la forêt canadienne, mais pas à ses taux de croissance. En raison de la saison de croissance plus courte et de la productivité plus faible des régions nordiques du Canada, l'accroissement annuel moyen au pays est de 1,76 m³/ha/année (Lowe *et al.*, 1996). Ce chiffre est fondé sur les forêts productrices de bois présentement exploitées et non réservées par les provinces. Par conséquent, il est presque certain que la moyenne est encore moins élevée lorsqu'on prend en compte la superficie forestière totale du Canada. Toutefois, il n'y a pas un taux croissance uniforme pour toutes les régions forestières et toutes les espèces d'arbres. Les forêts de conifères de la région de la côte sud du Pacifique croissent plus rapidement (2,476 m³/ha/année) que, par exemple, les forêts d'épinettes rabougries de la basse vallée du Mackenzie (0,306 m³/ha/année) (Lowe *et al.*, 1994). La croissance moyenne des espèces feuillues (principalement le tremble) dans la forêt boréale n'est que de 0,545 m³/ha/année, même si dans la partie de cette forêt où le peuplement est mixte et où le tremble prédomine, la croissance annuelle moyenne se situe pour ces espèces à 1,053 m³/ha/année.

Amélioration du peuplier

Il n'est peut-être pas surprenant qu'il y ait eu un intérêt soutenu envers l'amélioration des taux de croissance des arbres cultivés au Canada, et ce, autant au regard du peuplier que des autres espèces, quoique les travaux sur les moyens traditionnels d'amélioration des taux de croissance (sylviculture et amélioration génétique) aient surtout porté sur les conifères. Il y a ici un parallèle

intéressant à établir avec les antécédents de l'utilisation industrielle de la ressource forestière. En effet, l'intérêt envers l'amélioration de la croissance a suivi celui de l'utilisation de la ressource. Cependant, le laps de temps entre l'utilisation et l'amélioration qui est peut-être de 100 ans dans le cas des conifères a été réduit d'environ 10 ans pour le peuplier.

Comme dans chaque domaine expérimental, quelques groupes de visionnaires se sont intéressés à l'amélioration du peuplier depuis de nombreuses années au Canada. Ils étaient surtout motivés par le potentiel d'amélioration de croissance au moyen de l'amélioration génétique et de l'hybridation que présentait le peuplier dans d'autres parties du monde, particulièrement en Europe centrale. Le peuplier se prête en effet relativement bien aux pratiques de l'amélioration génétique, à l'hybridation et à la multiplication végétative par bouturage.

Carl Heimburger, un des pionniers en ce domaine au Canada, s'est particulièrement appliqué à développer des peupliers adaptés aux conditions nordiques et a été le premier à travailler sur l'hybridation du tremble (Heimburger, 1968). Pendant de nombreuses années, des groupes assez peu homogènes, comme celui formé du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, de University of Toronto et de Produits forestiers Domtar dans l'est de l'Ontario, et ceux du ministère des Ressources naturelles du Québec, de Scott Paper Company dans le sud-ouest de la Colombie-Britannique et du Prairie Farm Rehabilitation Administration Shelterbelt Centre en Saskatchewan, ont fait de même avec plus ou moins de succès dans certains cas. Des chercheurs comme Louis Zsuffa et Gilles Vallée ont consacré leur carrière à la sélection soigneuse de clones adaptés aux conditions canadiennes particulières et ont réalisé des progrès considérables sur le plan de la production de bois (Vallée, 1995).

Plus récemment, les efforts ont porté sur la possibilité d'améliorer les taux de croissance du peuplier par la biotechnologie. Le génie génétique pourrait probablement être utilisé pour introduire des gènes capables d'augmenter l'efficacité de la photosynthèse et, par des techniques similaires, modifier les propriétés du bois à l'avantage des applications industrielles. De plus, la résistance aux pathogènes et aux insectes auxquels le peuplier est sujet pourrait être atteinte de la même manière, de même que la tolérance aux herbicides visant à rendre l'établissement de plantations plus simple et moins coûteux. L'hybridation somatique offre des possibilités intéressantes de croisement d'espèces sexuellement incompatibles (Dinus et Tuskan, 1997). Les scientifiques engagés en biotechnologie des arbres se plaisent à travailler sur les diverses espèces de peuplier, car le genre *Populus* se prête facilement à cette technologie.

Plusieurs groupes de scientifiques qui travaillent dans les laboratoires du Service canadien des forêts, de même que d'autres à l'University of British Columbia, à l'University of Alberta et à l'Université Laval, sont présentement engagés en biotechnologie du peuplier et réalisent des percées intéressantes. Aux États-Unis, les activités de recherche étant plus nombreuses, des progrès encore plus grands sont atteints, grâce en grande partie aux coopératives de recherche suivantes qui ont leur siège dans les universités : la Tree Genetic Engineering Research Cooperative (Oregon State University), la Poplar Molecular Genetics Cooperative (University of Washington) et la Minnesota Aspen and Larch Genetics Cooperative (University of Minnesota). Les entreprises américaines de l'industrie forestière sont des partenaires importants de ces coopératives.

Des entreprises canadiennes utilisatrices de peuplier sont également associées à ces coopératives américaines. Dans les provinces des Prairies, certaines ont formé la Western Boreal Aspen Cooperative (WBAC) et se sont associées avec la Minnesota Aspen and Larch Genetics Cooperative. Comme elles exploitent déjà le peuplier, ces entreprises reconnaissent le potentiel d'amélioration de cette espèce, la possibilité d'en augmenter les taux de croissance, l'importance de lutter contre les maladies et les insectes qui l'attaquent et, en bout de course, d'assurer leur approvisionnement futur en matière première. D'autres entreprises canadiennes s'y intéressent également. Quant au Service canadien des forêts, il s'est rendu compte de l'attention de plus en plus grande accordée au peuplier et a décidé de parrainer un sondage auprès de l'industrie canadienne utilisatrice de peuplier pour mesurer plus précisément le degré et la nature de son intérêt envers cette ressource. Le Conseil du peuplier du Canada s'est chargé d'effectuer ce sondage dont la présente étude fait largement état.

Le sondage

Le Service canadien des forêts a été le premier à articuler le besoin de former une coopérative typiquement canadienne de biotechnologie du peuplier. Quant à l'industrie, constatant qu'une superficie de plus en plus grande de forêt naturelle est réservée à la conservation de la ressource et à la protection de l'environnement et que la récolte forestière est de plus en plus éloignée des usines de transformation, elle commence à envisager des plantations cultivées intensivement pour s'approvisionner en bois et en fibres. Les entreprises qui tirent présentement leur matière première des forêts naturelles de trembles et de peupliers aimeraient mettre au point des clones sélectionnés d'hybrides de peuplier et de tremble en vue d'une source d'approvisionnement de rechange. Des travaux ont présentement cours dans plusieurs régions du pays sur l'amélioration génétique et la biotechnologie du peuplier, mais leur coordination fait défaut. En outre, de précieux progrès accomplis en matière de biotechnologie du peuplier sont peu mis à profit.

Aux yeux du Service canadien des forêts, une coopérative canadienne pourrait s'orienter vers les priorités de recherche propres au Canada, notamment l'introduction de gènes qui augmentent la résistance aux maladies cryptogamiques et la tolérance au gel. Elle pourrait également prendre en main les questions spécifiquement scientifiques, environnementales et politiques liées au processus réglementaire canadien d'essai et d'approbation du matériel modifié génétiquement. Son fonctionnement serait différent de celui des coopératives américaines, et ces dernières auraient moins d'intérêt à s'occuper de questions purement canadiennes. De plus, une coopérative canadienne pourrait travailler à promouvoir la biotechnologie et l'amélioration génétique du peuplier auprès de la population et à sensibiliser celle-ci aux avantages que ces technologies présentent.

Des observations préliminaires confirmant la présence d'un réel intérêt à l'égard d'une éventuelle coopérative canadienne ont mené à l'adoption d'une approche plus systématique de la conception et de l'établissement d'une coopérative canadienne de biotechnologie et de génétique avancée du peuplier. Toutefois, il fallait d'abord effectuer un sondage en bonne et due forme auprès des entreprises canadiennes utilisatrices de peuplier pour déterminer avec plus de précision leur degré d'intérêt envers un tel projet. Le sondage visait plus particulièrement les objectifs suivants :

- vérifier l'engagement actuel des entreprises envers la gestion intensive, l'amélioration et la biotechnologie du peuplier ;

- mesurer le degré d'intérêt à l'égard d'une éventuelle coopérative canadienne de biotechnologie du peuplier ;
- déterminer les priorités de recherche perçues pour une coopérative, y compris les sujets et l'objectif de la recherche ;
- vérifier l'intérêt d'avoir une coopérative qui faciliterait le processus réglementaire relatif à l'introduction et à l'utilisation de produits provenant de la recherche ;
- vérifier l'intérêt d'avoir une coopérative qui faciliterait et coordonnerait la promotion de la gestion intensive de plantations de peupliers génétiquement améliorés, ainsi que l'éducation du public envers les produits issus des technologies utilisées ;
- connaître la participation actuelle des entreprises à des coopératives.

Dans le cadre du sondage, le directeur technique du Conseil du peuplier du Canada a personnellement rendu visite aux services de sylviculture et d'amélioration génétique des entreprises canadiennes utilisatrices de peuplier sélectionnées et même rencontré parfois les gestionnaires de ces entreprises. Il s'est efforcé de visiter toutes les entreprises importantes, y compris, dans certains cas, les divisions indépendantes d'une même société et interviewé des personnes aux fonctions très diversifiées, allant des spécialistes en amélioration génétique aux gestionnaires de territoires forestiers.

Cette démarche a permis de prendre le pouls de l'industrie canadienne et de mieux comprendre les problèmes et les préoccupations des entreprises en matière d'approvisionnement. Le plus souvent, les questions posées ont donné lieu à des commentaires plus généraux, mais sur des sujets d'une grande importance. Tout cet apport a été mis à profit et permis d'acquérir une juste idée de la vision qu'entretient l'industrie forestière sur le potentiel du peuplier au Canada.

Au total, 22 visites ont été effectuées pour couvrir le nord, l'est et le sud du Québec, le nord-est, le centre-nord et le nord-ouest de l'Ontario, le centre de la Saskatchewan, le nord de l'Alberta, ainsi que le nord-est et la côte de la Colombie-Britannique. Les exploitations visitées vont de petites entreprises ou de divisions dont les ventes annuelles se chiffrent à moins de 25 millions de dollars et le nombre d'employés, à moins de 200, aux grandes sociétés dont le chiffre d'affaires annuel se situe à plus d'un milliard de dollars et le nombre d'employés, à plus de 1000. Les produits fabriqués par ces grandes et petites entreprises comprennent notamment les pâtes et papier, les panneaux à copeaux orientés, le contreplaqué et le bois d'œuvre. Par conséquent, cet échantillon est suffisamment large pour être représentatif de l'industrie utilisatrice de peuplier. Seules les petites scieries n'ont pas fait partie de l'échantillon du fait qu'elles ne gèrent pas directement de terrains forestiers et que, en conséquence, elles sont moins susceptibles d'être directement intéressées à une coopérative de biotechnologie du peuplier qui produirait des plants améliorés.

Le Conseil du peuplier du Canada a produit un rapport exhaustif du sondage et de ses conclusions pour le Service canadien des forêts (Richardson, 1998).

Résultats du sondage

L'intérêt à l'égard d'une coopérative canadienne de biotechnologie du peuplier

Les résultats du sondage ont vraiment atteint l'objectif principal visé en permettant de conclure que la plupart des entreprises visitées sont vraiment intéressées à une éventuelle coopérative canadienne de biotechnologie du peuplier. Toutes ont exprimé leur intérêt et affirmé qu'elles

envisageraient sérieusement de participer à un niveau ou à un autre à une telle coopérative, ne serait-ce dans certains cas que pour suivre les progrès dans ce domaine plutôt que pour avoir accès à du matériel amélioré dans le plus court laps de temps possible.

Des lignes directrices claires se dégagent de ce sondage au regard de la conception d'une coopérative, au moins d'une coopérative répondant aux vœux de l'industrie. Cette coopérative doit vraiment être orientée vers ce qui importe à l'industrie. Elle ne doit pas viser la science pour la science, mais avoir des objectifs clairs et réalistes. Par ailleurs, toutes les entreprises ne cherchent pas à ce que ces objectifs soient orientés directement vers leurs intérêts immédiats à court terme.

La coopérative doit adopter une visée régionale. Elle doit tenir compte de facteurs importants, comme l'étendue et la diversité géographique des conditions de croissance des arbres au Canada. Il est peu probable qu'une coopérative à sujet d'intérêt unique attirerait l'industrie de toutes les régions du pays. À cet égard, les entreprises de l'Ouest canadien en particulier ont demandé, par exemple, dans quelle mesure une coopérative située au Québec serait capable de répondre à leurs préoccupations.

La coopérative doit offrir plus que ne le font celles auxquelles les entreprises sont actuellement associées, même plus que ce que ces coopératives ont la capacité d'offrir. Le sondage a clairement démontré l'insatisfaction croissante des entreprises associées aux coopératives dont le siège social est situé aux États-Unis. Les raisons en sont multiples, mais les principales découlent du fait que les problèmes canadiens sont souvent différents des problèmes américains et que les coopératives dont le siège social est situé aux États-Unis n'accordent pas une grande importance aux préoccupations propres au Canada. L'augmentation constante du coût de participation à ces coopératives suscite aussi de l'inquiétude.

Il ne fait aucun doute qu'une coopérative typiquement canadienne de biotechnologie du peuplier a sa raison d'être. Bien que le degré d'intérêt envers l'amélioration de l'espèce varie considérablement, il y a sans surprise une quasi-unanimité quand il s'agit d'améliorer la croissance de la ressource. Une meilleure résistance aux maladies et aux insectes, une plus grande tolérance aux herbicides ainsi que l'amélioration des caractéristiques de la fibre du bois et l'adaptation aux différentes conditions climatiques constituent également d'autres attributs recherchés.

L'approvisionnement en peuplier et la gestion de la ressource

Dans le contexte de la présente étude et pour respecter les opinions de l'industrie canadienne sur le potentiel du peuplier, il est utile de mettre l'accent sur les résultats du sondage portant sur les questions les plus préoccupantes pour les entreprises utilisatrices de peuplier. En fait, l'approvisionnement en peuplier et la gestion de la ressource sont les deux grands sujets qui ressortent du sondage.

Pour la plupart des entreprises canadiennes utilisatrices de peuplier, l'approvisionnement en fibre constitue la préoccupation majeure, mais les moyens envisagés pour l'assurer varient beaucoup d'une entreprise à l'autre. Certaines entreprises sont déjà confrontées à un approvisionnement restreint. En Alberta, par exemple, même si bon nombre d'entreprises ont accès à des forêts publiques en vertu d'accords à long terme, l'approvisionnement ainsi fourni ne répond qu'à une

partie de la capacité de leurs usines. Elles doivent satisfaire le reste de leur besoin par l'achat de matière première provenant de terrains forestiers privés. Certaines envisagent de faire l'acquisition de terres privées pour y planter du peuplier et ainsi assurer leur approvisionnement. Dans bien des cas, il s'agit de terres agricoles non exploitées. De nouvelles plantations aménagées de façon intensive réduisent la pression exercée sur la ressource naturelle existante. La situation de MacMillan Bloedel, sur la côte de la Colombie-Britannique, représente la situation extrême où aucune ressource naturelle en peuplier n'est accessible et où il faut par conséquent créer sa propre source d'approvisionnement par la culture de la matière première. C'est ce que fait MacMillan, reconnaissant du même coup le potentiel de cette stratégie d'approvisionnement.

D'autres entreprises ont présentement un approvisionnement suffisant, mais elles craignent pour la continuité et la sécurité de leur approvisionnement à long terme. La menace peut venir de contraintes futures découlant de la concurrence exercée par d'autres utilisateurs de la ressource et, par conséquent, de la diminution de la matière première. Des restrictions sur la façon dont les zones forestières publiques doivent être gérées et la réduction graduelle des coupes annuelles permises sont aussi une source constante d'inquiétude. De telles perspectives augmentent l'intérêt des entreprises envers les moyens d'accroître le rendement du peuplier ou, de façon plus générale, à essayer de faire plus avec moins.

Certaines entreprises se sont engagées à aménager de façon extensive d'immenses étendues de forêt publique. Or, il y a de plus en plus de restrictions quant à l'usage d'herbicides et à la plantation d'espèces exotiques dans ces forêts. Par conséquent, il serait impossible d'y cultiver du peuplier hybride ou des espèces non indigènes. De surcroît, le niveau et le coût d'aménagement intensif que requiert la culture du peuplier seraient incompatibles avec les exigences d'aménagement extensif de grandes superficies.

Il peut arriver qu'un problème d'approvisionnement soit provoqué. Par exemple, une entreprise qui a actuellement un approvisionnement suffisant pour alimenter son usine pourrait devenir à court de matière première si ses cadres supérieurs envisageaient d'augmenter la capacité de l'usine. Cette raison a été avancée dans certains cas pour justifier le désir d'améliorer le rendement du peuplier.

La question du coût est inhérente à celle de l'approvisionnement, car non seulement faut-il un volume de peuplier suffisant, mais encore est-il nécessaire que le coût de la ressource à l'entrée de l'usine soit abordable. De nombreuses entreprises doivent transporter la ressource sur de longues distances, car la source d'approvisionnement est de plus en plus éloignée de leurs installations. C'est le cas autant pour de jeunes exploitations de l'Ouest que pour des usines de l'Est établies depuis des années, mais le problème est généralement plus aigu en Ontario et au Québec. Le transport est probablement l'élément variable le plus important du coût de l'approvisionnement. Si le choix était possible, presque toutes les entreprises opteraient pour avoir des arbres à croissance rapide, à bas prix et à deux pas de leurs usines.

La quantité et la qualité constantes de la matière première sont d'autres questions importantes. En général, le personnel des entreprises responsable de l'approvisionnement n'est jamais sûr de la qualité de la fibre des peupliers récoltés, et les caractéristiques de la fibre du matériel non conventionnel que sont les clones de peuplier hybride récemment mis au point ne sont pratiquement pas connues. De plus, la pourriture dans les vieux trembles récoltés dans les

peuplements naturels est une source de problèmes pour les entreprises qui s'approvisionnent à même ces peuplements. Des rotations plus fréquentes et une meilleure productivité pourraient certainement faire diminuer sinon disparaître complètement la pourriture. En effet, les peuplements atteindraient des dimensions commercialisables avant l'âge où la pourriture s'installe.

L'amélioration génétique du peuplier

La plantation et la culture du peuplier hybride posent des questions particulières aux entreprises qui y sont engagées, dont une des plus fondamentales est la sélection des clones de peuplier hybride à planter. Il est en effet essentiel de choisir des clones qui conviennent aux sites des plantations et qu'un mélange de clones approprié soit utilisé pour maintenir la diversité et réduire les risques d'infestations et d'autres désastres pouvant ravager de grandes étendues monoclonales. De façon générale, il n'y a pas de réponse unique à ces questions. Dans les Prairies où l'intérêt envers le peuplier et le tremble hybrides va grandissant, la sélection et le testage des clones viennent tout juste de commencer. Ce sont d'ailleurs ces questions qui sont à l'origine de la mise sur pied de la Western Boreal Aspen Cooperative (WBAC).

La sélection clonale consiste à trouver les clones les plus productifs pour un site donné. Le sondage a révélé qu'une meilleure productivité est une caractéristique presque unanimement visée par l'amélioration génétique, que ce soit en vue d'une croissance plus rapide, de rotations de plus courte durée ou de la diminution de la pourriture liée au vieillissement. Toutefois, une croissance plus rapide n'est pas toujours souhaitable. Un producteur de contreplaqué a en effet mentionné qu'une croissance trop rapide nuisait à la qualité de la fibre recherchée dans la production de billes de déroulage pour la fabrication de contreplaqué.

La résistance aux maladies est une caractéristique importante du peuplier hybride et, dans une moindre mesure, la résistance aux insectes. Diverses maladies du peuplier sévissent dans différentes régions du pays : la brûlure des pousses (*Venturia*) dans le centre-nord de l'Alberta, la rouille du peuplier (*Melampsora*) sur la côte de la Colombie-Britannique, la pourriture du tremble (*Phellinus*) dans le nord-est de la Colombie-Britannique et le chancre septorien dans le sud de l'Ontario et du Québec. Jusqu'à un certain point, l'intérêt manifesté à l'égard de la possibilité d'incorporer la résistance aux maladies dans le peuplier hybride reflète les connaissances acquises par l'expérimentation du peuplier amélioré et de ses maladies.

L'adaptation des plants de peuplier aux conditions de croissance locales intéresse particulièrement les entreprises installées dans les régions plus au nord du pays. Les activités de mise au point et d'essai du peuplier hybride au Canada se sont principalement déroulées au sud où les saisons de croissances sont plus longues, mais c'est dans le nord que les industries utilisatrices de peuplier ont pris de l'expansion et que se trouve le potentiel de développement de plantations de peuplier. D'ailleurs, de la recherche et de l'expérimentation ont été effectuées sur du matériel adapté aux conditions nordiques, au moins en Ontario et au Québec, et les résultats obtenus valent la peine d'être mieux connus, entre autres, ceux ayant trait à la tolérance au gel autre qu'hivernal, en particulier les gels printaniers.

Sans étonnement, le sondage a révélé l'importance que revêtent les caractéristiques de la fibre de bois du peuplier hybride. Certaines entreprises aimeraient trouver dans le matériel amélioré des caractéristiques semblables à celles du tremble ou du peuplier qu'elles utilisent présentement,

évitant ainsi de devoir apporter des changements au traitement industriel du bois. D'autres préféreraient diverses propriétés différentes, notamment plus de bois blanc, des fibres plus longues, moins de taches, une plus grande densité et une meilleure résistance. Les entreprises de produits finis ont chacune leurs attentes envers le peuplier hybride. Un producteur de pulpe aimerait y trouver une plus grande quantité de cellulose. En Alberta, un fabricant de panneaux à copeaux orientés souhaiterait pouvoir déterminer la teneur en eau du peuplier baumier de l'Ouest (*P. trichocarpa*). Pour un autre qui fabrique du contreplaqué, il serait souhaitable que le peuplier hybride possède moins de branches maîtresses afin de produire plus de billes sans noeud.

La tolérance du peuplier aux herbicides pourrait bientôt être améliorée par génie génétique. Cette tolérance constituerait un atout très précieux pour la réussite de l'établissement de plantations de peuplier qui exigent une culture intensive et la lutte contre les mauvaises herbes. Le peuplier tolérant aux herbicides faciliterait en effet la lutte contre les mauvaises herbes, et les gens qui ont expérimenté la difficulté d'établir une plantation de peuplier en reconnaissent toute l'importance. Toutefois, d'autres ne souhaitent pas utiliser d'herbicides de crainte que les règlements gouvernementaux le leur interdisent ou que les pressions du public ne le leur permettent pas.

L'intérêt à l'égard de l'amélioration du peuplier

Le degré d'intérêt mesuré par le sondage démontre l'ampleur du potentiel industriel du peuplier au Canada, plus particulièrement en ce qui a trait à l'amélioration de l'espèce. À une ou deux exceptions près, toutes les entreprises se sont intéressées à des degrés divers à l'amélioration génétique du peuplier et du tremble (hybridation intraspécifique et interspécifique). Même celles qui ont affirmé ne pas avoir d'intérêt particulier à cet égard sont encore engagées dans la culture expérimentale de plants améliorés ou en ont déjà exploré les possibilités. D'autres sont conscientes que leur situation peut changer et qu'elles devront peut-être un jour s'y intéresser.

Le degré d'intérêt relevé dans le sondage varie d'une entreprise à l'autre : certaines n'en ont pratiquement pas, tandis que d'autres ont déjà d'importants programmes d'établissement et d'aménagement de plantations de peuplier hybride. Au nombre de ces dernières, il y a Scott Paper et MacMillan Bloedel Poplar Farms Division en Colombie-Britannique, Abitibi-Consolidated en Ontario ainsi que Papiers Domtar au Québec. Scott Paper a commencé avant tout autre société forestière canadienne à expérimenter sans interruption la culture intensive du peuplier amélioré. Par contre, le programme de MacMillan Bloedel est présentement le plus scientifiquement avancé et intensif. Il s'étend au-delà de la frontière, dans l'État de Washington. La division Kenora (Ontario) d'Abitibi-Consolidated travaille de concert avec University of Toronto depuis plusieurs années à mettre au point des clones améliorés pour le nord-ouest de l'Ontario. Domtar s'est récemment engagé dans un programme d'une assez grande envergure dans le sud du Québec. Ce programme porte en partie sur les travaux que Domtar a accomplis à Cornwall, en Ontario, en collaboration avec le ministère des Richesses naturelles dans l'est de cette province au cours des années 80, comme mentionné précédemment. Les travaux de ces quatre sociétés portent sur le peuplier hybride et le peuplier génétiquement amélioré.

Des entreprises du Québec ont également exprimé des intérêts semblables, bien qu'elles soient peut-être moins intensivement engagées dans l'établissement de plantations. Même des entreprises implantées dans le nord et qui utilisent des peuplements naturels de tremble sont prêtes à faire l'essai du peuplier amélioré. C'est probablement dû au succès remporté par le programme sur le peuplier hybride du ministère des Ressources naturelles du Québec dirigé par

Gilles Vallée. Ce programme a porté sur la mise au point et le testage de clones hybrides adaptés aux saisons de croissance plus courtes et aux climats plus rigoureux auxquels est soumise la forêt boréale.

La plupart des entreprises interviewées en Alberta, dans le nord-est de la Colombie-Britannique et en Saskatchewan sont membres de la WBAC mentionnée précédemment. En joignant la coopérative, elles ont démontré leur intérêt envers l'amélioration du peuplier et leur désir d'y collaborer. Elles cherchent surtout à obtenir un tremble hybride ou un tremble amélioré génétiquement adapté aux conditions des régions où elles sont établies. L'amélioration génétique de l'espèce s'est poursuivie en collaboration avec Aspen Larch Genetics Cooperative (University of Minnesota) dont l'intérêt est moindre envers le peuplier hybride. La WBAC participe aussi à des activités visant l'amélioration génétique conventionnelle, la sélection de plants et l'établissement de plantations expérimentales.

Des entreprises ont établi des liens avec d'autres organismes pour fournir de l'expertise et du matériel d'essai sur le peuplier amélioré. Certaines d'entre elles avaient auparavant participé au programme ontarien du ministère des Richesses naturelles dans l'est de l'Ontario, aujourd'hui terminé, et au programme du ministère des Ressources naturelles du Québec toujours en cours. L'University of Toronto, avec l'expertise du professeur aujourd'hui émérite Louis Zsuffa et d'autres, a agi comme conseillère et assumé la direction scientifique du programme ontarien et a fait de même à l'égard d'un certain nombre d'entreprises. Le Prairie Farm Rehabilitation Administration Shelterbelt Centre possède une longue expérience dans la mise au point de plants de peuplier destinés aux régions agricoles des provinces des Prairies. Plus récemment, il a fourni des peupliers améliorés pour les plantations expérimentales de l'industrie forestière.

Comme le sondage le démontre, l'industrie canadienne utilisatrice de peuplier demeure prudente quant au potentiel de l'espèce, malgré le grand intérêt qu'elle lui porte et, dans certains cas, son engagement direct. Peu nombreuses sont les entreprises qui ont exprimé le désir d'obtenir et de planter un peuplier transgénique dans le plus bref délai possible. L'industrie comprend que ce matériel est encore à un stade de développement relativement jeune et qu'il reste du travail de mise au point et d'essai à accomplir, sans mentionner les problèmes de réglementation à résoudre. L'industrie veut contribuer au développement du potentiel que présente le peuplier, mais aimerait en partager le fardeau avec d'autres partenaires.

Conclusions

Le potentiel industriel du peuplier au Canada se présente sous deux formes distinctes et indépendantes. La première réside dans la vaste ressource forestière naturelle, particulièrement les tremblaies et les peuplements mixtes de la région forestière boréale. L'autre est offerte par la possibilité de cultiver des peupliers hybrides en milieu forestier, particulièrement le peuplier amélioré par la biotechnologie ou le génie génétique.

Le potentiel statistique de la ressource naturelle est vraiment impressionnant. Malgré l'augmentation remarquable de l'utilisation industrielle du peuplier au Canada durant les dernières décennies, la récolte des feuillus n'atteint que la moitié de la coupe annuelle permise. Des chiffres portant uniquement sur les coupes annuelles de peupliers ou de trembles permises ne sont pas offerts, mais la prédominance étonnante du tremble parmi les feuillus de la Colombie-Britannique et des provinces des Prairies est éloquent quant à la possibilité d'un développement

considérable de l'industrie utilisatrice de peuplier, du moins dans ces provinces, par des permis de coupe.

Cependant, ce potentiel peut ne pas être aussi grand ou aussi intéressant pour l'industrie qu'il n'en paraît. Le tremble qui reste à récolter est de plus en plus éloigné et difficile d'accès, ce qui entraîne des coûts de transport élevés et peut rendre son exploitation non rentable. De plus, l'utilisation de cette ressource naturelle à des fins autres que la consommation est un facteur qui exerce des pressions. La conservation d'étendues forestières déclarées parcs, réserves naturelles ou régions sauvages, récréatives ou touristiques, et l'utilisation de la forêt pour des activités traditionnelles et spirituelles ne sont pas toujours compatibles avec l'utilisation industrielle de la ressource. De plus, ces fins autres que la consommation sont susceptibles de prendre de l'ampleur dans l'avenir. L'industrie est bien consciente des tendances, des considérations et des limites qui entrent en jeu dans le développement du potentiel de la ressource naturelle de peuplier. C'est un secteur où le rendement industriel va diminuant.

En revanche, le potentiel du peuplier amélioré commence à peine à être reconnu, et l'estimation de son ampleur est en quelque sorte illimitée. Il s'agit en effet d'une ressource cultivée soit sur des terres agricoles non consacrées à d'autres cultures soit sur des terres forestières actuellement moins productrices. Ces terres, agricoles ou forestières, existent dans la plupart des régions du pays. Elles ne sont pas illimitées, mais grâce à des pratiques d'aménagement intensif et à une productivité considérablement améliorée, il est possible de faire beaucoup plus avec moins. Le potentiel n'est limité en quelque sorte que par le talent des scientifiques.

Par ailleurs, il y a des coûts associés à l'atteinte du potentiel du peuplier amélioré et ces coûts ne sont pas négligeables. Il y a d'abord l'investissement financier nécessaire à la recherche et à la mise au point de peupliers transgéniques possédant les caractéristiques désirées, ainsi qu'au processus réglementaire par lequel les produits issus de la recherche pourront être approuvés et reconnus sans risques pour l'environnement. Les organisations coopératives peuvent contribuer à la recherche nécessaire et au partage des coûts d'une manière réciproquement profitable.

L'acquisition et la préparation de terrains, l'établissement de plantations et la culture intensive entraînent des dépenses directes, et on peut supposer que l'industrie les assumera. Ces dépenses sont beaucoup plus élevées que celles requises pour la gestion durable de la forêt naturelle. Toutefois, les avantages que présentent une meilleure productivité, des rotations de plus courte durée, la diminution du transport ainsi qu'un approvisionnement mieux assuré et de meilleure qualité devraient compenser et rentabiliser les investissements.

Enfin, il y a les coûts plus imprévisibles associés aux considérations environnementales. La population aura besoin d'être rassurée sur la nécessité et la sécurité de plantations de peuplier génétiquement amélioré. Des questions se posent quant à l'incidence de telles plantations sur la biodiversité de l'écosystème, et il faudra poursuivre sans cesse la recherche à cet égard et à d'autres. Les travaux ne s'arrêtent pas après la production du matériel issu du premier cycle d'amélioration. Il faudra poursuivre la mise au point et la production de nouveau matériel pour introduire les caractéristiques désirées et garantir la diversité de la base génétique.

En dépit de tous ces coûts, le potentiel que représente le peuplier amélioré semble l'emporter par les avantages qu'il offre. Les résultats du sondage effectué par le Conseil du peuplier du Canada

pour le Service canadien des forêts indiquent que l'industrie en reconnaît les promesses et s'y intéresse suffisamment pour que le projet de mise sur pied d'une coopérative canadienne de biotechnologie du peuplier soit poursuivi. Ces résultats laissent aussi entendre qu'une discussion et un débat plus en profondeur concernant les objectifs, la structure et le fonctionnement d'une telle coopérative sont nécessaires pour un lancement réussi. Toutes les parties intéressées devraient y participer, notamment l'industrie, les organismes scientifiques et les entreprises de biotechnologie. Le potentiel existe et l'intérêt est là. Restent les efforts et l'argent à fournir, et beaucoup de coopération et de prudence.

Références bibliographiques

- Conseil canadien des ministres des forêts, 1997. *Abrégé de statistiques forestières canadiennes 1996*, Programme national de données sur les forêts, Ottawa, 234 p.
- Dinus, R.J. et G.A. Tuskan, 1997. « Integration of molecular and classical genetics: a synergistic approach to tree improvement », in N.B. Klopfenstein, Y.W. Chun, M.-S. Kim et M.R. Ahuja, *Micropropagation, genetic engineering, and molecular biology in Populus*, USDA Forest Service, General Technical Report RM-GTR-297, p. 220-235.
- Fitzpatrick, J.M. et J.V. Stewart, 1968. « The poplar resource and its challenge to Canadian forestry », in J.S. Maini et J.H. Cayford, *Growth and Utilization of poplars in Canada*, Canada Department of Forestry and Rural Development, Forestry branch, departmental publication 1205, p. 214-239.
- Heimbürger, C., 1968. « Poplar breeding in Canada », in J.S. Maini et J.H. Cayford, *Growth and Utilization of poplars in Canada*, ministère des Forêts et du Développement rural du Canada, Direction des forêts, publication ministérielle 1205, p. 88-100.
- Lowe, J.J., K. Power et S.L. Gray, 1994. *Canada's Forest Inventory 1991*, Canadian Forest Service, Information Report PI-X-115, 67 p.
- Lowe, J.J., K. Power et S.L. Gray, 1996. *Canada's Forest Inventory 1991: the 1994 version*, Canadian Forest Service, Information Report BC-X-362, 23 p.
- Richardson, J., 1998. *Canadian poplar biotechnology cooperative industry survey, Final report*, Poplar Council of Canada, 14 p.
- Vallée, G., 1995. « Projet du MRNQ sur l'amélioration génétique des peupliers dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean », in Anon, *Le peuplier au service du développement social et économique des régions rurales, Comptes rendus de la réunion annuelle 1995 du Conseil du peuplier du Canada, 26-29 sept. 1995*, Chicoutimi, Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, Service de l'amélioration des arbres, p. 89-105.

Industrial Potential of Poplars in Canada

Plenary Session

Jim Richardson, Technical Director, Poplar Council of Canada

Forests are one of Canada's most important natural resources. Compared with those of other countries, Canada's forests rank among the most extensive and valuable in the world. Industry has long recognized this and, over hundreds of years, has endeavoured to use the resource for the benefit of others, as well as for questions which have been often hotly debated, but which are only indirectly the subject of the present discussion.

One of the more important components of the natural forest resource is represented by the poplars of Canada, particularly the aspen and mixedwood stands which are found across the boreal forest region of the country. Industry has recognized the potential of Canada's aspens and is currently actively using this resource. Indeed, although theoretically there is still room to further expand poplar utilization, industry is beginning to sense the economic limits to the natural poplar resource, and to look at the potential for improving the productivity of what we have through silviculture, conventional tree breeding and even biotechnology. There is also potential in plantations of improved poplars established on agricultural land.

This paper provides a brief overview of the size of the natural poplar resource, of past efforts at poplar improvement, and of recent developments in poplar biotechnology. A recent survey of Canadian poplar using industries conducted by the Poplar Council of Canada and its results are summarized. This survey, intended to help gauge the interest in a possible Canadian poplar biotechnology cooperative, showed the poplar supply issues currently faced by industry, which are helping to move companies to take a closer look at the potential of improved poplar. Conclusions are drawn about the future potential of the resource.¹

Canada's Natural Poplar¹ Resource

Throughout most of Canada's history, the focus of forestry and of the forest industry has been on the softwood component of the resource. This is understandable, given the importance and value of white pine, white spruce, Douglas-fir, western red cedar and other species. It is only in the last 20 to 30 years that proper recognition has been given to the broad-leaved species, which occupy almost 25% of the country's stocked, timber productive forest area and contribute almost 6 billion m³ to the total volume of 26 billion m³ (Lowe *et al.*, 1996). The inventory data show that, of the broad-leaved species groups, poplars are clearly predominant. Poplars are known to account for 17.8 million ha of the total 53.8 million ha of stocked, timber productive forest area occupied by broad-leaved species. In addition, much of the inventory category of 'unspecified broad-leaved species' occurs in the boreal forest and therefore could reasonably be assumed to represent a significant area of poplars (including aspen). That might bring the total area of poplars to about 22 million ha. In terms of volume, poplars represent 62% of the total broad-leaved volume of almost 6 billion m³. The vast majority of this (2.89 billion m³) is made up of trembling aspen, which is one of the most widely distributed tree species in North America (Farrar, 1995). The potential that poplars represent for the forest industry in Canada is quite clear from the inventory data.

¹ Throughout this paper, the term "poplar" is taken to refer to all species within the genus *Populus*.

It is well known that industry interest in the poplar resource became manifest with the dramatic expansion in the 1970s and 1980s, particularly in the establishment of oriented standboard mills and Kraft pulp mills utilizing aspen. This expansion touched most parts of the boreal forest region, from northern Québec, through northern Ontario, Manitoba, Saskatchewan, Alberta and northeastern British Columbia. It transformed aspen almost overnight, in the minds of foresters, from a weed species to be eliminated wherever possible, to a valuable crop. What happened during that period can be characterized as a recognition by industries, as well as by governments which helped make the resource available, of the potential of poplar in Canada.

It is interesting to note that as recently as 1967, in a national symposium to review and discuss the status of poplar in Canada, one speaker pointed out that “the poplar resource in Canada has only been used to a very limited extent.” Only 5.4% of the allowable annual cut of net merchantable poplar was being commercially used at that time (Fitzpatrick and Stewart, 1968). The present rate of use is somewhat hard to judge because allowable cut figures for poplars are generally included with other hardwood species. However, in 1995, about 50% of the hardwood allowable cut was being harvested as industrial round-wood (Canadian Council of Forest Ministers, 1997).

Although superlatives apply to many attributes of the forests of Canada, growth rates are not in this category. Due to the shorter growing seasons and lower site productivity of Canada’s northern latitudes, the average mean annual increment for the country is 1.76 m³/ha/year (Lowe *et al.*, 1996). This figure is based on stocked, timber productive forest that is accessed and not reserved by provinces, so that the average for all forest areas is almost certainly lower. However, not all forest regions and tree species have the same growth rate. Coniferous forests in the Southern Pacific Coast forest region have a much higher mean annual increment (2.476 m³/ha/year) than, for example, the scrubby spruce forests of the Lower Mackenzie forest region where the increment is 0.306 m³/ha/year (Lowe *et al.*, 1994). Growth rates for broad-leaved species - primarily aspen - in the boreal forest average only 0.545 m³/ha/year, although in the mixed-wood section of the boreal forest region, one of the most significant areas where aspen predominates, the mean annual increment of broad-leaved species is 1.053 m³/ha/year.

Improvement of Poplar

Thus it is perhaps not surprising that there has been a continuing interest in improving growth rates of trees grown in Canada. This applies to poplars as much as to other species, although work on the traditional means of improving growth rates - silviculture and tree breeding - has long focused on coniferous species. There is an interesting parallel here with the history of industrial use of the forest resource. Interest in improving growth has followed interest in using the resource. However, the lag time between use and improvement, perhaps 100 years in the case of coniferous species, has been reduced to about 10 years in the case of poplars.

As in every field of endeavour, there have been a few far-sighted groups in Canada which have been interested in poplar improvement for many years. One of the most important drivers for them has always been the potential poplars have shown in other parts of the world, particularly in central Europe, for improvement in growth through tree breeding and hybridization. Poplars are relatively amenable to tree breeding practices and most species can be vegetatively reproduced without difficulty.

One of the pioneers of poplar breeding in Canada, Carl Heimburger, strove particularly to develop poplars suitable for northern conditions and was the first to work on the hybridization of aspen (Heimburger, 1968). Groups as disparate as the Ontario Ministry of Natural Resources working in partnership with the University of Toronto and Domtar Forest Products in eastern Ontario, the ministère des Ressources naturelles in Québec, Scott Paper Company in southwestern British Columbia, and the Prairie Farm Rehabilitation Administration Shelterbelt Centre in Saskatchewan have pursued this route with more or less success, for many years in some cases. Individuals such as Louis Zsuffa and Gilles Vallée have devoted their careers to the careful selection and testing of clones suitable for specific Canadian situations and have been able to achieve very significant gains in wood production (Vallée, 1995).

More recently, increasing attention has been given to the possibility of improving growth rates of poplars through biotechnology. Genetic engineering could possibly be used to introduce genes that might increase the effectiveness of photosynthesis. Similar techniques could modify wood properties for the benefit of industrial applications. Pest tolerance could be achieved through the introduction of genes giving specific resistance to the different pests to which poplars are prone. Herbicide tolerant genes introduced into poplars could make plantation establishment simpler and cheaper. Somatic hybridisation offers interesting possibilities for crossing sexually incompatible species (Dinus and Tuskan, 1997). Among scientists involved in tree biotechnology, Poplars are a preferred group because of the ease of working with the *Populus* genus.

Several groups of Canadian scientists - at Canadian Forest Service laboratories, and at the University of British Columbia, the University of Alberta and Université Laval - are currently active in poplar biotechnology, and advances are being made. Even greater activity and more exciting advances are being made in the United States, largely through several university-based research cooperatives in which forest industry companies are important co-operators - the Tree Genetic Engineering Research Cooperative at Oregon State University, the Poplar Molecular Genetics Cooperative at the University of Washington, and the Minnesota Aspen and Larch Genetics Cooperative at the University of Minnesota.

Some individual Canadian poplar-using companies are participants in the US biotechnology cooperatives. A group of poplar-using companies in the Prairie Provinces formed the Western Boreal Aspen Cooperative (WBAC) and have associated themselves with the Minnesota Aspen and Larch Genetics Cooperative. Already active in utilizing the poplar resource, companies like these recognize the potential to improve it, to enhance growth rates, provide protection against pests and other problems, and ultimately to secure their future supply of raw material. Other Canadian companies are becoming interested. Sensing the developing attention to this field, the Canadian Forest Service decided to sponsor a survey of Canadian poplar-using industries to more accurately gauge the degree and nature of the interest. The survey was carried out by the Poplar Council of Canada and its findings form the major part of this paper.

The Survey

The Canadian Forest Service first articulated the need for a specifically Canadian cooperative in poplar biotechnology. It was recognized that as more and more natural forest is being reserved for conservation and environmental reasons, and as forests available for harvesting are becoming increasingly distant from conversion plants, Canada's forest industry is beginning to look to intensively managed plantations to provide their timber and fibre supply. Companies currently

utilizing natural stands of aspen and poplar would like to develop superior genotypes of hybrid poplar and aspen as an alternative source of supply. Although there is work on poplar genetic improvement and biotechnology in several parts of the country, the effort is not well coordinated. Moreover, little use is being made of important advances in poplar biotechnology.

The thought was that a Canadian cooperative could address particular Canadian research priorities such as the introduction of genes for fungal resistance or frost tolerance. It could also deal with specific scientific, environmental and policy issues relating to the Canadian regulatory process for testing and release of genetically modified material. The process would be different from that in the US and existing US-based cooperatives would have less interest in addressing purely Canadian questions. Another role for a cooperative would be as a means of promotion and public education relative to poplar biotechnology and genetic improvement.

Preliminary soundings showed evidence of significant interest in the possibility of a Canadian cooperative. This led to the adoption of a more systematic approach to the development and establishment of a Canadian poplar biotechnology and advanced genetics cooperative. The first step was to undertake a structured survey of Canadian poplar-using industries to determine more precisely the level of interest in a cooperative. More specifically, the survey was intended to determine:

- existing company involvement, if any, in poplar intensive management, genetic improvement and biotechnology;
- level of interest in a Canadian poplar biotechnology cooperative;
- perceived research priorities for a cooperative, including research topics and the objective of research;
- interest in having a cooperative facilitate the regulatory process for introduction and use of research products;
- interest in having a cooperative co-ordinate or facilitate promotion and public education in relation to intensively managed plantations of genetically improved poplar;
- existing company involvement in cooperatives.

The survey was carried out by means of personal visits made by the Technical Director of the Poplar Council to silviculture, tree improvement and/or planning personnel of woodland departments of selected Canadian poplar-using companies. Efforts were made to visit all significant companies, including, in some cases, geographically separate divisions of the same corporate entity. The level of persons interviewed ranged from tree improvement specialists to woodland managers.

The possibility of making personal visits to a significant number of poplar-using companies provided a rare opportunity to check the pulse of the industry in Canada and to gain some understanding of the current issues and concerns facing the supply side of the industry. The survey questions in most cases elicited comments on such more general, but highly important topics. Full advantage was taken of this opportunity during the visits, and so the survey permitted the Poplar Council to gauge how the forest industry views the potential of poplar in Canada.

A total of 22 visits were made. These visits covered northern, eastern and southern Québec;

north-east, north-central and north-west Ontario; central Saskatchewan; northern Alberta; and north-east and coastal British Columbia. The scale of operations sampled ranged from small companies or divisions with annual sales of less than \$25 million and fewer than 200 employees to large corporations with annual sales of more than \$1 billion and more than 1000 employees. The products manufactured by these companies included pulp and paper, oriented strandboard, plywood and lumber. This can therefore be considered a reasonably large and representative sample of the poplar-using industry. The only type of operation not sampled was smaller saw-milling operations which, in most cases, do not directly manage forest land and are therefore less likely to be directly interested in a poplar biotechnology cooperative producing improved planting material.

A full report on the survey and its findings was prepared by the Poplar Council for the Canadian Forest Service (Richardson, 1998).

The Survey Findings

Interest in a Canadian poplar biotechnology cooperative

In terms of the primary objective of the survey, the outcome was very positive. The most significant finding was that most companies surveyed expressed definite interest in the possibility of a Canadian poplar biotechnology cooperative. No company said they would not be interested in such a cooperative under any circumstance. Almost all said they would seriously consider participating in a cooperative at one level or another, although for some it was more a question of wanting to monitor developments in this field rather than wanting access to improved material at the earliest opportunity.

The survey produced some clear guidance for the development of a cooperative, at least in relation to the wishes of industry. The cooperative must be very clearly focused on issues of relevance to industry. It should not be driven by “science for science’s sake,” but have clear, achievable goals. On the other hand, not all companies were concerned that goals should be narrowly focused on their own immediate short-term interests.

The cooperative must address issues of regional importance. The size and geographic diversity of growing conditions and concerns in Canada are important factors. It is unlikely that a single-issue cooperative would appeal to industry in all parts of the country. Western companies in particular expressed concern about whether a Québec-based cooperative would be best able to address western issues.

The cooperative must offer more than what existing cooperative arrangements in which companies are involved can provide or are providing. It was apparent that, for a variety of reasons, there is a growing sense of dissatisfaction with Canadian involvement in the existing, primarily US-based, cooperatives. This includes a recognition that Canadian problems are often different from US problems, and US-based cooperatives are not likely to place high priority on Canadian issues. There was also some concern with the increasing cost of participation in other cooperatives.

An opportunity clearly exists for a distinctly Canadian poplar biotechnology cooperative. The traits of interest for improvement in poplar vary considerably, but not surprisingly improved growth was almost universally considered important. Other traits of interest included resistance

to insects and disease, herbicide tolerance, wood fibre characteristics and adaptation to different growing conditions.

Poplar supply and management issues

In the context of the present paper and in order to obtain a sense of the opinions within the Canadian industry of the potential of poplar, it is helpful to concentrate on what the survey found on issues of most concern to poplar-using companies in relation to poplar. Specifically the survey looked at issues related to poplar supply and management.

For most Canadian poplar-using companies, fibre supply is the most important single issue. However, the specifics of the issue vary greatly. Some companies are in a limited supply situation already. For a number of Alberta companies the supply issue is related to the fact that, although they have public forest land available under some form of long-term agreement, this is only sufficient to satisfy part of their plant capacity. For the rest, they must rely on wood purchases or supply from private land. Some of these companies are pursuing strategies of acquiring private land with a view to planting poplar and thus guaranteeing supply. The strategy, in many cases, is to acquire farmland, often land which is not in active agricultural production. Thus the pressure is reduced on the existing forest resource as new, intensively managed, plantation forests are created. MacMillan Bloedel in coastal British Columbia represents the extreme situation of having no natural poplar available to them and, therefore, of having to create their own fibre source through poplar farming. They are following this route quite deliberately, evidently recognizing a valuable potential.

Some companies presently have sufficient poplar supply, but are unsure of the long-term continuity or security of their supply. This might result from future constraints brought on by competing users of the resource, of decreasing availability of the kind of trees they require. Restrictions on the way public forest lands must be managed, and gradual reductions in annual allowable cuts, are a continuing concern. Future prospects such as these tend to make industry interested in exploring means of improving poplar productivity, or, more generally, trying to 'do more with less.'

Some companies have made a commitment to the extensive management of large areas of public forest land. More and more these days, there are restrictions on herbicide use or on planting of exotic species on such lands. Both these factors would make it impossible for hybrid or improved poplar to be grown. Moreover, the level and cost of intensive management required for growing poplars would be incompatible with the demands of extensive management of large areas.

Occasionally a supply problem could be self-generated. A particular company might have sufficient poplar to supply its existing mill, but expansion of the plant capacity, contemplated by senior management, could create a supply deficit. In some cases, this was given as a reason for wanting to improve poplar productivity.

Questions of costs are integral to the basic supply issue. Not only must there be sufficient volume of poplar available, it must be available at an affordable cost at the mill gate. Many companies are facing increasingly long transport distances, as the source of supply is located farther and farther from the mill. This is true for young western operations as well as for old,

established eastern mills, but the problem is generally more acute in Ontario and Québec. Transportation is perhaps the most significant variable component in the cost of supply. Given freedom of choice, almost everyone would want to have fast-growing trees available at low cost close to the mill.

Another issue is consistency of supply in terms of both quantity and quality. Company personnel responsible for wood supply are generally unsure of the fibre quality of the poplar being harvested. For unconventional material such as recently developed hybrid poplar clones, fibre characteristics are virtually unknown. Rot in older aspen trees is a concern for those harvesting natural stands. However, shorter rotations and improved productivity would almost certainly resolve this particular problem by permitting stands to reach merchantable dimensions before the age at which rot becomes a significant issue.

Poplar improvement issues

Other concerns become more important for companies which have become involved in growing and planting improved poplar. One basic question is which hybrid poplar clones to plant. It is critical that clones be carefully selected to fit the sites on which they are to be planted, and that appropriate mixtures of clones be used to maintain diversity and reduce the chances of pests or other disasters wiping out large monoclonal blocks. These are questions for which there are often no general answers. For much of the prairie region, where interest in improved aspen and poplar is increasing rapidly, selection and testing of clones has only just begun. This was the primary impetus behind the formation of the Western Boreal Aspen Cooperative.

Clonal selection generally means finding the most productive clones for particular sites. The survey showed that improved productivity was almost universally desired as a trait to introduce into poplar. Sometimes this was expressed as a desire for faster growth, sometimes as the need for shorter rotations. Another facet of this was the possibility of avoiding age-related rot problems. However, faster growth is not always the primary consideration. For example, one plywood producer was concerned that if growth was too fast, the fibre characteristics of peeler logs would be less desirable for plywood.

Resistance to disease, and to a lesser extent, resistance to insect pests, is important for improved poplar. Different diseases are of concern in different parts of the country - *Venturia* shoot blight in north-central Alberta, *Melampsora* rust in coastal British Columbia, *Phellinus* in northeastern British Columbia, and *Septoria* canker in southern Ontario and Québec. To some extent, interest in the possibility of incorporating resistance to disease into improved poplar reflects knowledge of hybrid poplar and its diseases.

Adaptation of poplar planting material to local growing conditions was of particular interest to companies operating in the more northerly regions of the country. Hybrid poplar development and testing in Canada has tended to be primarily in the south where growing seasons are longer, but it is in the north that the major expansions in the poplar-using industries have taken place and that is where there is potential for future poplar planting. However, some research and testing have been conducted with material for northern conditions, at least in Ontario and Québec, and this work deserves to be more widely known. Tolerance for unseasonable frost, particularly spring frost, is a related interest.

The survey revealed, not surprisingly, that wood fibre characteristics of improved poplar are considered very important. Some companies would like the improved material to have similar characteristics to those of the aspen or poplar they are using now, thus obviating any changes in industrial processing. Others would prefer to see a variety of different properties, including more white wood, longer fibres, less stain, greater density, or improved strength characteristics. Different end products bring different concerns. One pulp producer would like to have increased cellulose content. A manufacturer of oriented strandboard in Alberta would like to have control of moisture content in black cottonwood, and one plywood producer would like trees with reduced limbiness, which would provide more knot-free logs.

One trait which genetic engineering could introduce into poplars at an early date is herbicide tolerance. This could be invaluable for the successful establishment of poplars in plantation. Standard practice involves intense cultivation and control of weed competition. Herbicide tolerance in a poplar would make weed control easier and for people who have experienced the struggle to establish a successful poplar plantation, this was recognized as an important asset. However, for company policy reasons, others did not wish to use herbicides or believed that government regulations or public pressure would not allow them to use herbicides.

Interest in poplar improvement

The magnitude of the industrial potential for poplar in Canada, and specifically for improved poplar or aspen, is shown by the degree of interest identified by the survey. With only one or two exceptions, all companies had some level of interest in hybrid poplar, hybrid aspen or genetically improved poplar or aspen. Even companies which said they had no particular interest still had some limited involvement in test plantations with improved planting stock, or had otherwise explored the possibilities. Where there was no current interest, there was still an awareness that the situation might change in the future and an active interest emerge.

The degree of interest was found to range all the way from virtually none to substantial company programs of establishing and managing plantations of improved poplar. At the latter end of the scale are companies like Scott Paper and MacMillan Bloedel Poplar Farms Division in British Columbia, Abitibi-Consolidated in Ontario and Domtar Papers in Québec. Scott Paper has the longest continuous experience with growing improved poplars of any company in Canada. MacMillan Bloedel's program is presently the most scientifically advanced and intensive. It also extends across the border into the State of Washington. The Kenora (Ontario) Division of Abitibi-Consolidated has been working with the University of Toronto for several years to develop improved poplar for northwestern Ontario. Domtar has made a recent significant corporate commitment to working with improved poplar in southern Québec. Its program represents in part a review of the effort that Domtar (in Cornwall, Ontario) pursued with the Ontario Ministry of Natural Resources in eastern Ontario in the 1980s, as mentioned earlier. The focus for these four companies is hybrid poplar and genetically improved poplar.

Other Québec companies also expressed similar interests, though they are perhaps less intensively involved in plantation establishments at present. Even companies in the north, using stands of aspen, were ready to try improved poplars. This probably reflects the success of the hybrid poplar program of the ministère des Ressources naturelles of Québec under Gilles Vallée. This program has made particular efforts to develop and test hybrid clones adapted to the shorter growing seasons and more rigorous climate of boreal forest locations.

Most of the companies surveyed in Alberta, northeastern British Columbia and Saskatchewan are members of the Western Boreal Aspen Cooperative (WBAC), mentioned previously. By joining the cooperative they have demonstrated their interest in and commitment to improved poplar. The focus for WBAC members is in obtaining hybrid aspen or other genetically improved aspen suitable for their conditions. This aim has been pursued through an association with the University of Minnesota Aspen and Larch Genetics Cooperative. Recently, this group seems to have less interest in hybrid poplar. WBAC is also involved in conventional tree improvement activities, selecting material and establishing test plantations.

Other companies have developed links with other organizations to provide expertise and test material in relation to improved poplar. Some of those were alluded to earlier, including the now-defunct program of the Ontario Ministry of Natural Resources in eastern Ontario, and the current program of the ministère des Ressources naturelles of Québec. The University of Toronto, with the expertise of Emeritus Professor Louis Zsuffa and others, provided advice and scientific direction to the Ontario program as well as to a number of companies. The Prairie Farm Rehabilitation Administration Shelterbelt Centre has a long history of developing poplars for the agriculture sector in the Prairie Provinces. More recently, it has helped provide improved poplars for forest industry test plantations.

Despite the strong level of interest, and in some cases direct involvement, the survey showed that the Canadian poplar-using industry is also still cautious about its potential. Few of those surveyed expressed a desire to obtain and plant transgenic poplar at the earliest possible opportunity. The industry understands that such material is still at a relatively early stage of development. Much testing and development work remains to be done, not to mention the regulatory matters which have to be resolved. The industry is willing to help realize the potential, but would like to share the burden of development with others.

Conclusions

The industrial potential of poplar in Canada exists in two separate and distinct forms. One is the unrealized potential that still exists in the vast natural forest resource, particularly the aspen and mixed-wood stands of the boreal forest region. The other is the potential offered by the possibility of planting improved poplars on forest land or farmland, particularly poplars improved through the medium of biotechnology or genetic engineering.

The statistical potential of the natural resource is indeed great. Despite the dramatic increases in industrial use of poplar in Canada in the last few decades, harvesting of hardwoods still amounts to no more than half of the annual allowable cut. Although separate annual allowable cut figures are not available for poplar or aspen, the overwhelming predominance of aspen among the hardwood species of British Columbia and the Prairie Provinces makes it clear that the remaining allowable cut, for those provinces at least, could sustain a significant increase in the poplar-using industry.

However, this potential may not be as significant or as interesting for industry as it might seem. The as yet unharvested aspen is increasingly remote and inaccessible, making for high transportation costs to mills and, perhaps, unprofitable operations. Another factor is the pressure from other non-consumptive uses of this natural resource. Conservation of forest lands in parks and natural reserves or wilderness areas, recreation and tourism, and traditional and spiritual uses

of the forest are not always compatible with industrial use of the resource, and such non-consumptive use is likely to continue to increase in the future. Industry is well aware of these trends and considerations, as well as the limitations they place on realizing the full statistical potential of the poplar natural resource. This is an area of diminishing returns.

In contrast, the potential of improved poplars is only beginning to be recognized and estimates of its magnitude are somewhat open-ended. We are dealing with the creation of a plantation resource on either agricultural land that is not required for other crops, or forest land that is currently less productive. Such lands are available in most parts of the country. The areas available are not limitless, but by virtue of intensive management practices and very significantly improved productivity of the tree crop, much more can be done with less. In some ways, the potential is limited only by the skill of the scientist.

On the other hand, there are costs associated with realizing the potential of improved poplar, and these costs are not trivial. First, there are the financial costs of the research and development necessary to create transgenic poplars with desired characteristics and of the regulatory processes that will ensure that they can be and are used safely without risk to other aspects of the environment. Cooperative organizations can benefit mutually by sharing the burden of such costs and of the research involved.

Then there are the direct costs of acquiring land, cultivation, plantation establishment and intensive management. These are likely to be born by the industry. They are much higher than the costs of sustainable management of natural forest, but the potential of improved productivity, shorter rotations, reduced transportation and enhanced security and quality of supply are expected to make the expense worthwhile.

Finally, there are the more nebulous costs associated with environmental considerations. The public will need to be reassured of the need for and the safety of plantations of genetically improved poplar. Questions are raised about the impact of such plantations on ecosystem biodiversity, and on-going research will be required on this and other questions. The work does not stop with the development of the first material to be planted out. There will need to be on-going development and production of new material to ensure the diversity of the genetic base.

However, despite all the costs, the balance seems to be favourable for the potential of improved poplar in Canada. The results of the recent survey conducted by the Poplar Council of Canada for the Canadian Forest Service show that the industry recognizes the possibilities. The survey concluded that there is clearly sufficient potential industrial support to justify further pursuit of the establishment of a Canadian poplar biotechnology cooperative. It also suggested that more in-depth discussion and debate on the objectives, structure and operation of such an organization would be required with all parties, including industry, science organizations, and biotechnology companies, before a cooperative could be successfully launched. The potential exists. The interest exists. All that is required is some effort and money, and a great deal of co-operation and foresight.

References

- Canadian Council of Forest Ministers 1997. Compendium of Canadian forestry statistics 1996. National Forestry Database Program, Ottawa. 234p.
- Dinus, R.J. and G.A. Tuskan 1997. Integration of molecular and classical genetics: a synergistic approach to tree improvement. pp. 220-235 *In* Klopfenstein, N.B., Y.W. Chun, M.-S. Kim and M.R. Ahuja (Eds). Micropropagation, genetic engineering, and molecular biology in *Populus*. USDA forest Service, General Technical Report RM-GTR-297. 326p.
- Fitzpatrick, J.M. and J.V. Stewart 1968. The poplar resource and its challenge to Canadian forestry. pp.214-239 *In* Maini, J.S. and J.H. Cayford (Eds). Growth and Utilisation of poplars in Canada. Canada Department of Forestry and Rural Development, Forestry branch, departmental publication 1205. 257p.
- Heimbürger, C. 1968. Poplar breeding in Canada. pp.88-100 *In* Maini, J.S. and J.H. Cayford 1968. Growth and Utilisation of poplars in Canada. Canada Department of Forestry and Rural Development, Forestry branch, departmental publication 1205. 257p.
- Lowe, J.J., K. Power and S.L. Gray. 1994. Canada's Forest Inventory 1991. Canadian Forest Service, Information Report PI-X-115. 67p.
- Lowe, J.J., K. Power and S.L. Gray. 1996. Canada's Forest Inventory 1991: the 1994 version. Canadian Forest Service, Information Report BC-X-362. 23p.
- Richardson, J. 1998. Canadian poplar biotechnology cooperative industry survey, final report. Poplar Council of Canada. 14p.
- Vallée, G., 1995. « Projet du MRNQ sur l'amélioration génétique des peupliers dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean », *in* Anon, *Le peuplier au service du développement social et économique des régions rurales, Comptes rendus de la réunion annuelle 1995 du Conseil du peuplier du Canada, 26-29 sept. 1995*, Chicoutimi, Québec, Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière, Service de l'amélioration des arbres. 89-105p.

L'expérience de Domtar

Atelier sur la régie des plantations de peuplier et de tremble
Wayne Young, gestionnaire forestier, Domtar

L'entreprise Domtar à Cornwall s'est d'abord engagée dans la plantation de peupliers hybrides dans l'est de l'Ontario en 1974. Plusieurs facteurs l'y ont poussée, notamment la crise de l'énergie et le besoin de trouver du bois moins cher et plus près de l'usine, la présence de terres non propices à l'agriculture près de l'usine et l'aide offerte par des pionniers de la recherche sur le peuplier comme Louis Zsuffa et par des organismes comme le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario (MRNO).

Domtar possède aujourd'hui 1000 ha plantés de peuplier, que le MRNO a cessé de gérer il y a trois ans par manque de ressources. De plus, 1000 ha de plantations de peuplier occupent des terres privées gérées en vertu d'entente entre les agriculteurs et Domtar. Cent hectares de ces plantations sont récoltés annuellement et un nouvel établissement suit immédiatement. La rotation est de 12 ans et le rendement, de 40 à 60 tonnes anhydres/ha. On y utilise principalement les hybrides NM et DN et particulièrement les clones NM6 et DN74. On a récemment commencé à épandre des biosolides de l'usine dans les plantations pour servir à la fois, de fertilisant et de paillis. Le programme est encore à ses débuts, mais les résultats sont prometteurs.

Domtar a tiré plusieurs leçons de son expérience sur le peuplier. On peut les résumer ainsi :
« *Utiliser les meilleurs clones sur les meilleurs sites en se servant de la meilleure technologie* ».

Il faut continuer le travail pour trouver les meilleurs clones possibles.

Voici quelques faits saillants et leçons tirées de l'expérience de Domtar :

- La tempête de verglas de janvier 1998 a causé des dommages considérables aux plantations. Domtar est encore en train d'essayer d'obtenir de l'aide du MRNO pour atténuer les pertes.
- Vision et prévoyance sont absolument requises, de même qu'un regard très réaliste sur l'économie.
- Le chancre septorien ne cesse de faire des ravages, mais la biotechnologie est prometteuse à cet égard.
- Il n'y a pas encore de programme continu d'amélioration du peuplier, mais il faut l'établir.
- Il ne faut pas entretenir d'espairs irréalistes et croire, par exemple, que le peuplier hybride fournit ou arrivera à fournir 100 % de l'approvisionnement en bois du moulin de Cornwall.
- Des possibilités de valeur ajoutée doivent être considérées, notamment la fabrication d'autres produits à partir du peuplier hybride.
- La deuxième rotation présente des difficultés liées, entre autres, à la présence des souches, la préparation des sites, la destruction des vieux clones et l'utilisation des biosolides.

The Domtar Experience

Workshop on Silviculture of Poplar and Aspen Plantations
Wayne Young, Woodland Manager, Domtar

Domtar Cornwall first became involved with hybrid poplar plantations in eastern Ontario in 1974. There were several factors which prompted Domtar to plant poplar. One was the energy crisis and the need to find cheaper wood, closer to the mill. The second was the existence of marginal agricultural land close to the mill. The third factor was the help available from poplar pioneers like Louis Zsuffa and from organizations like the Ontario Ministry of Natural Resources (OMNR).

There are now 1000 ha of poplar plantations on lands owned by Domtar. These plantations were managed by OMNR until three years ago, but the Province no longer has the resources to manage them. In addition, there are 1000 ha on poplar plantations on private land, managed under tree-farm agreements. Of these, 100 ha are now being harvested annually with subsequent re-establishment. The rotation length is 12 years and the yield at harvest is 40-60 oven-dry tonnes/ha. Clones used are primarily NM and DN, with the so-called “production clones” being NM6 and DN74. Recently, a program of applying mill bio-solids to the plantations has been started, with the objectives of applying nutrients and mulching the trees. The program is still in its early stages, but the results so far look good.

Domtar has learned a number of lessons from its experience with poplar. These can be summarized as:

“Use the best clones on the best sites using the best technology.”

Continued work is needed to find the best clones. The following observations relate to Domtar’s work with hybrid poplar:

- The ice storm of January 1998 caused considerable damage to the plantations. Domtar is still trying to get help from OMNR to make good the losses.
- Vision and foresight are definitely required, and a good hard look at the economics.
- Septoria canker is a continuing problem, although biotechnology offers some prospects for improvement.
- A continued breeding program for poplar is required, but none exists presently.
- There are many misperceptions about the program. For example, hybrid poplar does not and will not provide 100% of the Cornwall mill’s wood supply.
- Opportunities to add value must be considered, including other products that could be made from hybrid poplar.
- The second rotation presents new challenges, including dealing with stumps, site preparation, destroying old clones and the use of bio-solids.

Projet populiculture, Norampac Inc., Division Cabano

Atelier sur la régie des plantations de peuplier et de tremble
Clarence Dubé, directeur de l'approvisionnement

Norampac division Cabano

- Né de la fusion DOMTAR-CASCADES secteurs d'emballage, de papiers doublure et cannelure.
- Production 170 000 TM papier cannelure.
- Consommation bois 150 000 TMA feuillus.
- Source d'approvisionnement :
 - forêt privée 53 %
 - forêt publique 25 %
 - copeaux scierie 22 %

Projet populiculture

Norampac division Cabano

- Objectif : 100 ha/année de plantation.
- Stations : terrains agricoles, friches et terrains forestiers.
- Emplacement : plus ou moins à 50 km de l'usine.
- Type de plantation : faite avec des plants 0-1 en contenant 1 000 cc de \pm 1 m de hauteur et espacés de 2.5 x 3.0 m.
- Besoin en plants : 133 300 faits avec boutures de 8-10 cm.
- Besoin en pieds-mères : 6 000.

Scénario de mise en place du projet 1996

- Établissement du quartier de pieds-mères avec 6 000 boutures fournies par le MRNQ.
- Production de 10 000 plants à partir de boutures fournies par le MRNQ.
- Plantation de 2 ha avec des plants fournis par le MRNQ.
- Production de 23 000 boutures.
- Préparation de 7 ha.

Scénario de mise en place du projet 1997

- Plantation de 7 ha.
- Production de 52 000 boutures.
- Production de 23 000 plants.
- Préparation de 15 ha.

Scénario de mise en place du projet 1998

- Plantation de 15 ha.
- Production de 45 000 plants.
- Production de 55 000 boutures (le q.p.m. peut produire plus de 100 000 boutures).
- Préparation de 35 ha.

Scénario de mise en place du projet 1999

- Plantation de 35 ha.
- Production de 55 000 plants.
- Production de 55 000 boutures.
- Préparation de 40 ha.

Établissement des plantations

- Application d'un herbicide avant labourage.
- Épandage de boue secondaire de l'usine.
- Labour et hersage pour les terrains agricoles et friches récentes.
- Hersage à l'aide de la herse Crabe pour les vieilles friches et terrains forestiers après la coupe des arbres marchands.
- Mise en terre des plants \pm 30 cm de profondeur.
- Désherbage à l'aide d'herbicide pendant les trois premières années.

Points à corriger

- Revoir le choix des clones en fonction des résultats du test clonal du Service de l'amélioration des arbres de Forêt Québec à Saint-Eusèbe (près de Cabano) établi en 1996. Les clones *P. x jackii* sont à éliminer à cause de la rouille.
- Ajuster le programme de fertilisation pour la production de plants en contenant.
- Appliquer l'herbicide au moment le plus propice pour maximiser l'impact sur la croissance des arbres.

Conclusion

- 1996, 1997 et 1998 ont été des années d'acquisitions et d'ajustements technologiques.
- Un bilan des opérations et des coûts sera effectué.
- La conception de nouvelles approches pour réduire les coûts est en cours.
- La croissance des arbres est bonne malgré des applications trop tardives des herbicides.
- 59 ha de plantation auront été faits au printemps 1999.
- L'objectif de 100 ha/année est toujours visé.

1999 project establishment scenario

- Plantation of 35 ha.
- Production of 55,000 plants.
- Production of 55,000 cuttings.
- Preparation of 40 ha.

Establishment of plantations

- Application of herbicide before ploughing.
- Spreading of secondary sludge (biosolids) from the factory.
- Ploughing and discing for farmland and recently abandoned lands.
- Harrowing with the Crabe scarifier for the old abandoned lands and forest lands after cutting of merchantable trees.
- Planting of plants \pm 30 cm in depth.
- Weeding with a herbicide during the first three years.

Points to be corrected

- Review of choice of clones based on the results of the clonal test by MRN at Saint-Eusèbe (near Cabano), established in 1996. *P. x jackii* clones should be eliminated because of rust problems.
- Adjust the fertilization program for container-grown plants.
- Apply herbicides at the best time for maximal growth impact on trees.

Conclusion

- Technological acquisitions and adjustments were made in 1996, 1997 and 1998.
- A progress report on costs and operations will be made.
- New approaches to reduce costs are currently being developed.
- Tree growth is good in spite of late application of herbicide.
- There will be 59 ha of plantations by spring 1999.
- The objective is still 100 ha/year.

Projet peuplier hybride 1997-1998 à 2001-2002 (Panneaux Chambord)

Atelier sur la régie des plantations de peuplier et de tremble
Denis Descombes, chef forestier, Panneaux Chambord Inc.

J'aimerais tout d'abord remercier les organisateurs de ce congrès qui nous ont offert l'occasion de vous présenter notre vision sur l'aménagement de la ressource peuplier, et ce, à l'aube du 3^e millénaire. Nous vous décrirons dans quelques instants le profil de notre entreprise qui oeuvre principalement dans le secteur des panneaux à lamelles orientées (O.S.B.). Auparavant, nous souhaiterions parler un peu des motifs qui nous ont poussés à développer notre programme de populiculture.

Les problématiques d'approvisionnement que nous vivons en forêts publique et privée nous ont amenés à explorer de nouvelles avenues concernant l'aménagement de notre matière première pour les raisons suivantes notamment :

- l'augmentation sans cesse grandissante des distances de transport ;
- le peu de contrôle sur la qualité de la matière première naturelle (déroulage, sciage, pâte) ;
- les pressions de plus en plus nombreuses qui s'exercent à l'égard de l'utilisation du territoire (forêts habitées, création de parcs, autres usages).

C'est ainsi qu'en plus des travaux que Panneaux Chambord accomplit dans les tremblais naturelles en vue d'en augmenter la qualité (± 650 ha/an), nous avons entrepris depuis 1995 un ambitieux programme de reboisement par des essences à croissance rapide (ECR), principalement le peuplier hybride (Peh), mais également le mélèze hybride (Meh).

Panneaux Chambord a plongé dans le concept de populiculture pour les raisons que nous venons de mentionner : le rapprochement de la matière première, la création d'un parc de fibre à proximité des usines et l'augmentation de la productivité ($m^3/ha/an$), et cela a eu des retombées immédiates (création d'emploi dans un nouveau champ d'activité, développement d'une expertise régionale). Cependant, même si l'avenir est prometteur, nous sommes conscients que beaucoup de travail reste à faire et que plusieurs questions demeurent en suspens, à savoir :

- Après la coupe, doit-on reboiser les meilleurs sites en peupliers hybrides (Pe B2 90) ou augmenter la productivité des sites où la régénération est peu abondante ?
- Doit-on reboiser avec une seule variété ultraperformante ou diversifier les plantations ?
- Doit-on concentrer les plantations en périphérie des usines ou les répartir dans la région (concept d'aménagement forestier durable AFD) ?

Autant de questions qui permettront, je l'espère, d'alimenter les débats de la journée.

En terminant, nous voudrions remercier le bureau régional à Jonquière et le Service de l'amélioration des arbres de Forêt Québec qui soutiennent l'ensemble de nos activités.

Présentation

Historique du projet sur le peuplier hybride

Hiver 1996

- ⇒ Cueillette de bourgeons d'arbres plus.

Été 1996

- ⇒ Préparation de terrain à la herse
Crabe : 60 ha.

Printemps 1997

- ⇒ Implantation de deux tests clonaux :
 - Arboretum de Dablon
 - Lots intra-municipaux de Lac-Bouchette.
- ⇒ Plantation opérationnelle :
 - 13 ha Peh
 - 6 ha Meh.

Automne 1997

- ⇒ Plantation opérationnelle :
 - 6 ha Peh.

Printemps 1998

- ⇒ Implantation d'un test de descendance de peuplier hybride au lac aux Pins.
- ⇒ Plantation opérationnelle :
 - 6 ha Peh.

Été 1998

- ⇒ Préparation de terrain à la herse
Crabe : 400 ha.
- ⇒ Dégagement de plantation pour les deux tests clonaux.

Automne 1998

- ⇒ Plantation opérationnelle :
 - 28 ha Peh.

Prévisions 1999

- ⇒ Préparation de terrain : ± 200 ha.
- ⇒ Plantation : ± 170 000 Peh.
- ⇒ Plantation : ± 140 000 Meh.
- ⇒ Préparation de terrain : ± 400 ha/an.

Prévisions à moyen terme

- ⇒ Plantation : ± 357 000 Peh/an.
- ⇒ Plantation : ± 140 000 Meh/an.

Entreprise

- ⇒ Usine de fabrication de panneaux à lamelles orientées (OSB).
- ⇒ Usine en opération depuis mars 1993.
- ⇒ Production division panneaux :
430 000 m³/an.
- ⇒ Production division sciage :
23 360 000 pmp/an.
- ⇒ Approvisionnement annuel en matière première :
 - provenant de 21 aires communes sur forêt publique :
Division panneaux : 375 350 m³ Peu
184 650 m³ Bop
Division sciage : 139 400 m³ Peu
 - provenant de forêt privée :
± 150 000 m³ Peu et Bop.
- ⇒ Plus de 210 emplois directs (2 divisions).

Presentation Overview of the Hybrid Poplar Project

Winter 1996

- ⇒ Harvest of plus tree buds

Summer 1996

- ⇒ Preparation of land (60 ha) with Crabe scarifier

Spring 1997

- ⇒ Establishment of two clonal tests:
 - Dablon Aboretum
 - Lots within Lac Bouchette area
- ⇒ Operational plantation:
 - 13 ha of hybrid poplar
 - 6 ha hybrid poplar

Fall 1997

- ⇒ Operational plantation:
 - 6 ha hybrid poplar

Spring 1998

- ⇒ Establishment of a progeny test of hybrid poplar at Lac aux pins
- ⇒ Operational plantation:
 - 6 ha hybrid poplar

Summer 1998

- ⇒ Preparation of land with the Crabe scarifier: 400 ha
- ⇒ Clearing of plantation for two clonal tests

Fall 1998

- ⇒ Operational plantation:
 - 28 ha hybrid poplar

1999 Projections

- ⇒ Preparation of land: ± 200 ha.
- ⇒ Plantation: ± 170 000 hybrid poplar
- ⇒ Plantation: ± 140 000 hybrid larch
- ⇒ Preparation of land: ± 400 ha/yr.

Middle Term Projections

- ⇒ Plantation : ± 357 000 hybrid poplar/yr.
- ⇒ Plantation : ± 140 000 hybrid larch/yr.

Company

- ⇒ Factory to manufacture oriented strandboards
- ⇒ Factory in operation since March 1993
- ⇒ Boards division production: 430 000 m³/yr.
- ⇒ Sawing division production: 23 360 000 fbm/yr.
- ⇒ Annual supply in raw material:
 - From 21 public forest common areas:
 - Boards division: 375 350 m³ poplar
 - 184 650 m³ birch
 - Sawing division: 139 400 m³ poplar
 - From private forests:
 - ± 150000 m³ poplar and birch.
- ⇒ More than 210 direct jobs (2 divisions)

Production en pépinière et plantation de tremble

Atelier sur la régie des plantations de peuplier et de tremble

Al Nanka, spécialiste en pépinière forestière et en amélioration des arbres, Service canadien des forêts, Edmonton

Le Service canadien des forêts (SCF) a établi un programme d'amélioration du peuplier faux-tremble en 1968, puis y a mis fin et en a transféré les ressources au travail en pépinière, aux vergers à graines et aux tests clonaux du pin gris. En général, il est beaucoup plus difficile d'établir des plantations de tremble que de peuplier hybride. Il faut quantifier et caractériser le matériel qui réussit dans les plantations de tremble, particulièrement quant aux différences clonales. Il faut également comprendre les processus physiologiques en cause. Par exemple, les tiges doivent être bien lignifiées et les bourgeons, suffisamment développés au moment de la mise en terre.

Dans le cadre de ce programme, les stratégies de multiplication ont été orientées vers des plantules possédant une grande capacité d'adaptation. Les techniques de multiplication ont notamment compris le semis en contenant, la plantation à racines nues, le bouturage de tiges ou de racines et la culture de tissus. Les caractéristiques d'adaptation se traduisent par de petites feuilles, une exposition réduite et une cutine xéromorphique. Des feuilles lisses et brillantes indiquent un mécanisme de tolérance. Les profils anatomiques complets des éléments structuraux des semis ont été élaborés, entre autres, les séquences des méristèmes apicaux et de l'élongation des pousses, la formation de la cuticule des feuilles, la maturation des tissus de la tige, la caractérisation cambiale, la lignification de la tige, la formation de la structure de la tige et le pourcentage de vacuoles cellulaires de la tige et des racines. Des protocoles de culture ont été chiffrés d'après ces profils anatomiques et des prévisions modèles ont été testées. Les paramètres d'essai ont notamment porté sur les facteurs environnementaux, les conséquences sur la régie de culture, la multiplication, les effets culturaux, le régime nutritif, les proportions des éléments nutritifs, la gestion de l'irrigation, ainsi que les limites d'adaptation des plants.

•
•
•
•
•
•
•
•
•
•

Nursery Production and Planting of Aspen

Workshop on Silviculture of Poplar and Aspen Plantations

Al Nanka, Forest Nursery & Tree Improvement Specialist, Canadian Forest Service, Edmonton

The Canadian Forest Service (CFS) started a program of aspen improvement in 1968 but subsequently terminated it and transferred the resources to nursery work, seed orchards and clonal tests with jack pine. In general, it is much more difficult to establish aspen in plantations than hybrid poplar. There is a need to quantify and characterize the material that is successful in aspen plantations, particularly in respect to clonal differences. There is also a need to understand the physiological processes involved. For example, stems need to be well-lignified and buds properly developed.

The aspen program selected strategies to propagate aspen plantlets with highly adaptive traits. Propagation options included seeding in containers or planting bare root, stem or root cuttings and tissue culture. Adaptive features include small leaves, less exposure, and xeromorphic cutin. Smooth, reflective leaves indicate a tolerance mechanism. Comprehensive anatomical profiles of seedling structures were developed. These included apical meristem sequences, shoot elongation sequences, leaf cuticle formation, stem tissue maturation, cambial characterization, stem lignification, stem structure formation, and shoot and root cell vacuole percentages. Cultural protocols were quantified based on these anatomical profiles and model predictions were tested. Test parameters included environmental factors, crop management implications, propagation, cultural effects, nutrient regimes and ratios, irrigation management, periodicity and sequencing and limits of conditioning.

Évaluation du progrès en génétique : la position du Canada

Plénière

Gilles Vallée, doc.-ing.

Importance mondiale du peuplier

PAYS	SUPERFICIE (ha)
• Allemagne	102 600
• Argentine	55 000
• Belgique	45 000
• Canada	19 633 000
• Chili	5 000
• Chine	1 340 000
• Croatie	23 800
• Egypte	40 000
• Espagne	97 980
• France	245 000
• Hongrie	162 000
• Inde	26 400
• Iran	150 000
• Maroc	3 000
• Nouvelle-Zélande	3 300
• Pakistan	19 000
• Pays-Bas	31 000
• Portugal	3 985
• Roumanie	163 000
• Suisse	1 710
• Turquie	150 000
• Royaume-Uni	869

- 35 pays membres de la Commission internationale du peuplier.
- Autres pays ayant une ressource peuplier :
 - ⇒ Bulgarie
 - ⇒ États-Unis
 - ⇒ Pologne
 - ⇒ Russie.

Constatations - Canada

- Canada = plus grande ressource peuplier.
- Surtout peuplements naturels purs ou mixtes.
- Surtout *Populus tremuloides*.
- Peuplements transitoires, donc superficie tend à diminuer.
- Rendement des peuplements naturels est inférieur à celui de plantations de peupliers hybrides.
- Donc, à volume d'approvisionnement égal, il faut de plus grandes superficies de peuplements naturels.
- Aussi biodiversité, aménagement durable, multi-ressources = évolution naturelle des peuplements.
- Territoire pour production ligneuse intensive pour répondre aux besoins en fibre et conserver la forêt naturelle.
- Utilisation des espèces à croissance rapide – peupliers.
- Rentabilité économique - matériel génétique amélioré - clones performants – ligniculture.

Amélioration génétique du peuplier

Objectifs

- √ Rusticité
- √ Résistance aux maladies
- √ Résistance aux insectes
- √ Production ligneuse maximale
- √ Phénotype vs climat
- √ Caractéristiques du bois.

Sélection et amélioration

Mondiale

- A. Sélection de clones hybrides exotiques et indigènes
 - Tous les pays faisant des plantations font cette étape pour obtenir rapidement des gains.
- B. Hybridation pour la sélection de clones
 - Asie : Chine, Corée, Inde, Japon, Pakistan.
 - Amérique du Nord : Canada, États-Unis.
 - Amérique du Sud : Argentine.
 - Europe : Allemagne, Belgique, Espagne, France, Italie, Hollande, Hongrie, Croatie, Suède, Royaume-Uni.
 - Océanie : Australie, Nouvelle-Zélande.
- C. Amélioration génétique intraspécifique selon les stratégies modernes
 - Asie : Chine, Inde, Japon.
 - Amérique du Nord : États-Unis, Canada (début).
 - Europe : Allemagne, Belgique, France, Italie, Hollande, Suède.
- D. Programme structuré en génétique moléculaire et génie génétique

- Amérique du Nord : États-Unis.
- Europe : projet conjoint de la Communauté économique européenne (Allemagne, Belgique, France, Italie, etc.).

Amélioration génétique intraspécifique

- États-Unis
 - *P. deltoides* : États du sud-est et du centre-nord.
 - *P. tremuloides* : États du centre-nord et de l'est.
 - *P. trichocarpa* : Oregon et Washington.
 - *P. balsamifera* : États du centre-nord.
- Canada
 - *P. deltoides* : début en Ontario et Québec.
 - *P. tremuloides* : Colombie-Britannique, Alberta, Saskatchewan et Manitoba.
 - *P. trichocarpa* : Colombie-Britannique.
 - *P. balsamifera* : début en Ontario et Québec.
 - Québec : provenances-descendances de *P. deltoides*, *P. nigra*, *P. trichocarpa*, *P. maximowiczii*.

Cheminement pour l'obtention de clones

- 1^{re} étape : testage de clones exotiques comparés aux arbres-plus d'espèces et d'hybrides indigènes.
- 2^e étape : réalisation d'hybrides avec
 - espèces et hybrides naturels indigènes ;
 - espèces/hybrides exotiques déjà introduits ;
 - pollen exotique obtenu de collaborateurs étrangers.
- 3^e étape : amélioration génétique d'une ou des espèces indigènes et exotiques ayant le plus de potentiel pour la production ligneuse.
- 4^e étape : réalisation d'hybrides entre les lignées améliorées des espèces et sélection de clones.

Pourquoi ?

- Hybrides sont supérieurs aux espèces pures.
- Gains obtenus des hybrides sont supérieurs à ceux obtenus par l'amélioration intraspécifique pour une même période.
- Hybrides peuvent combiner qualités de plusieurs espèces.
- Hybrides = gains de résistance aux ravageurs.

Exemples de gains.

- Clones d'hybrides interspécifiques produits par croisements entre des lignées améliorées - Belgique
 - *P. x euramericana*, cv. "Ghoy"
9 ans = 140 à 170 % plus que cv. "Robusta" ;
 - clones de *P. x interamericana*
volume 8 ans = 270 % plus que cv. "Robusta".

Exemples de gains au Québec

- 1^{re} génération test clonal - 7 ans :

N° clone	Hybride	Haut.	DHP	Volume/ha *
Q 3374	B x M	9,3	12,6	35,8 (335 %)
Q 3375	B x M	9,2	10,2	14,6 (136 %)
Q 1063	D x B	7,7	10,2	12,3 (115 %)
Q 4817	B x B	7,7	8,9	10,7 (100 %)

* 1312 tiges/ha, espacement 2m x 3m, taux de survie 78,8 %.

- 2^e génération test clonal hybride - 5 ans :

N° clone	Résistant	Haut. (m)	DHP (cm)	Volume tige (cm ³)
Q750315	G, I	7,6	8,0	38,2 (986 %)
Q915321	G, I, S	5,9	6,0	16,7 (429 %)
Q3374	G, I	4,6	3,9	5,5 (140 %)
Q1063*	G, I	4,3	3,4	3,9 (100 %)

* ancien clone recommandé

L'amélioration intraspécifique

Une nécessité malgré tout pour obtenir des gains supplémentaires et éviter un cul-de-sac.

Matériel amélioré - bilan

- Colombie-Britannique
 - clones provenant des É.-U. (Washington) et d'Europe.
- Alberta, Saskatchewan, Manitoba
 - zone prairies et zone forestière sud : clones recommandés disponibles et développés par PFRA Tree Nursery, AgCan.
- Ontario
 - clones recommandés pour sud et sud-est : tests en cours.
- Québec
 - clones recommandés pour toutes les régions;
 - programmes d'hybridation pour 3 régions (sud, Saguenay-Lac-St-Jean, Bas-St-Laurent).
- Maritimes
 - aucun clone recommandé, mais tests clonaux en cours.

Organisations participantes - É.-U.

Gouvernementales

- Oak Ridge National Laboratory, USDE,
- Forestry Science Lab., Rhinelander,
- Itasca County, Minnesota,
- Michigan Dept. of Natural Resources,
- St. Louis County, Minnesota,
- Wisconsin Dept. of Natural Resources.

Industrielles

- Blandin Paper Company,
- Boise Cascade Corporation,
- Champion International Corporation,
- Consolidated Paper Incorporated,
- Daishowa-Marubeni International Ltd,
- The Mead Corporation,
- Potlatch Corporation,
- S.D. Warren Company,
- Georgia-Pacific Corporation,
- Institute of Paper Science and Technology,
- Union Camp Corporation,
- International Paper Company,
- Crown Vantage Corporation,
- Westvaco Corporation,
- Fort James Corporation.

Coopératives

- Biomass Feedstock Development Program, South-eastern Populus Breeding Project.
- Genetics Improvement Plan for SRIC, Populus in the north central region.
- Aspen/Larch Genetics Coop, Minnesota.
- Poplar Molecular Genetics Coop, Washington.
- Tree Genetics Engineering Research Coop, Oregon.

Organisations participantes - Canada

Gouvernementales

- Ministère des Ressources naturelles du Québec
- Forest Service, B.C., Ministry of Forest
- Service canadien des forêts
- Prairie Farm Rehabilitation Administration Tree Nursery, Ag Canada.

Universitaire

- University of Toronto.

Coopérative

- Western Boreal Aspen Coop.

Industrielles

- Pacifica Papers Inc.
- Alberta Pacific Forest Industries Ltd
- Consolidated Packing Ltd
- Mistik Management Ltd
- Slave Lake Pulp Corp.
- Weyerhaeuser Canada Ltd
- Scott Paper Inc.
- Tolko Industries Ltd

- Toutes les compagnies du Québec participent au Fonds forestier (redevance par m³ récolté en forêt publique).

Conclusion

- Que devrait-on faire en amélioration génétique des peupliers au Canada?
- Qui devrait participer aux travaux d'amélioration génétique des peupliers au Canada?

Que devrait-on faire ?

- Objectifs à court terme :
 - a) Inventorier, évaluer, sécuriser.
 - b) Favoriser les échanges.
 - c) Tester sur une base régionale.
 - d) Réaliser des plans d'hybridation régionaux.
- Objectifs à long terme :
 - a) Introduction d'espèces (Chine, Sibérie, Est de l'Europe).
 - b) Entreprendre l'amélioration intraspécifique.
 - c) Entreprendre des recherches en génie génétique pour la résistance aux maladies.

Qui devrait participer ?

- Les industriels qui veulent sécuriser l'approvisionnement en bois de leur usine.
- Les gouvernements par l'intermédiaire des ministères responsables des forêts et les organismes subventionnaires gouvernementaux.

Assessment of Progress in Genetics: Canada's Position

Plenary Session

Gilles Vallée, doc.-ing.

World-wide importance of poplar

COUNTRY	SURFACE (ha)
• Argentina	55 000
• Belgium	45 000
• Canada	19 633 000
• Chile	5 000
• China	1 340 000
• Croatia	23 800
• Egypt	40 000
• France	245 000
• Germany	102 600
• Hungary	162 000
• India	26 400
• Iran	150 000
• Morocco	3 000
• Netherlands	31 000
• New Zealand	3 300
• Pakistan	19 000
• Portugal	3 985
• Roumania	163 000
• Spain	97 980
• Switzerland	1 710
• Turkey	150 000
• United Kingdom	869

- The Poplar International Commission has 35 member-countries.
- Other countries with poplar resources include:
 - ↳ Bulgaria
 - ↳ United States
 - ↳ Poland
 - ↳ Russia

Observations - Canada

- Canada = largest poplar resource
- Mostly natural populations, pure or mixed
- Mostly *Populus tremuloides*
- Transitory populations, so surfaces tend to decrease
- Yield of natural populations is inferior to that of hybrid poplar plantations
- Thus, at an equal supply volume, larger natural population surfaces are needed
- Also, bio-diversity, sustainable development and multi-resources result in the natural evolution of populations
- Land for intensive woody species production should meet needs in fibres and natural forest conservation requirements
- Use of fast growth species - poplar
- Cost effectiveness, improved genetic material, performing clones, intensive silviculture

Genetic improvement of poplar

Objectives

- √ Hardiness
- √ Disease resistance
- √ Insect resistance
- √ Maximal woody production
- √ Phenotype vs. climate
- √ Wood characteristics

Selection and improvement

World-wide

- A. Selection of exotic and native hybrid clones
 - Every country having plantations goes through this step in order to achieve genetic gains rapidly.
- B. Hybridization for the selection of clones
 - Asia: China, Korea, India, Japan, Pakistan
 - North America: Canada, United States
 - South America: Argentina
 - Europe: Germany, Belgium, Spain, France, Italy, Holland, Hungary, Croatia, Sweden, United Kingdom
 - Oceania: Australia, New Zealand
- C. Intra-specific genetic improvement according to modern strategies
 - Asia: China, India, Japan
 - North America: United States, Canada (beginning)
 - Europe: Germany, Belgium, France, Italy, Holland, Sweden

D. Structured program in molecular genetics and genetic engineering

- North America: United States
- Europe: joint project from the European Economic Community (including, among others, Germany, Belgium, France, Italy)

Intra-specific genetic improvement.

- United States
 - *P. deltooides*: northeastern and central north states
 - *P. tremuloides*: central north and eastern states
 - *P. trichocarpa*: Oregon and Washington
 - *P. balsamifera*: Central north states
- Canada
 - *P. deltooides*: beginning in Ontario and Québec
 - *P. tremuloides*: British Colombia, Alberta, Saskatchewan and Manitoba
 - *P. trichocarpa*: British Colombia
 - *P. balsamifera*: beginning in Ontario and Québec
 - Québec: provenance-progeny tests of *P. deltooides*, *P. nigra*, *P. trichocarpa*, *P. maximowiczii*

Methodology to obtain clones

- Step 1: Exotic clone testing compared to plus- trees of native species and hybrids
- Step 2: Hybrid production with
 - natural and native species and hybrids
 - exotic species/hybrids already introduced
 - exotic pollen obtained from collaborators in other countries
- Step 3: Genetic improvement of one or more native and exotic species having the highest potential for wood production
- Step 4: Hybrid production between improved lines from species and clone selections

Why?

- Hybrids are superior to pure species
- Genetic gains from hybrids are superior to those obtained through intra-specific improvement for the same time frame
- Hybrids can combine qualities from several species
- Hybrids result in improved resistance to pests

Examples of gains

- Clones from inter-specific hybrids produced by crosses between improved lines (Belgium)
 - *P. x euramericana*, cv. “Ghoy ”
Volume (9 years) = 140 to 170 % more than cv. “ Robusta ”
 - clones of *P. x interamericana*
Volume (8 years) = 270% more than cv. “ Robusta ”

Examples of gains in Québec

- 1st generation clonal test - 7 years:

Clone no	Hybrid	Height	DHP	Volume/ha *
Q 3374	B x M	9.3	12.6	35.8 (335%)
Q 3375	B x M	9.2	10.2	14.6 (136%)
Q 1063	D x B	7.7	10.2	12.3 (115%)
Q 4817	B x B	7.7	8.9	10.7 (100%)

* 1312 stem/ha, 2m x 3m spacing, 78.8% survival rate

- 2nd generation hybrid clonal test - 5 years

Clone no	Resistant	Height (m)	DHP (cm)	Stem volume (cm ³)
Q750315	G, I	7.6	8.0	38.2 (986%)
Q915321	G, I, S	5.9	6.0	16.7 (429%)
Q3374	G, I	4.6	3.9	5.5 (140%)
Q1063*	G, I	4.3	3.4	3.9 (100%)

* old clone recommended

Intra-specific improvement

Despite everything, it is a necessity to obtain additional gains and to avoid a dead end.

Improved material - Assessment

- British Columbia
 - clones from the US (Washington) and from Europe
- Alberta, Saskatchewan, Manitoba
 - prairie and southern forest zones: clones recommended, available and developed by PFRA Tree Nursery, Ag. Can.
- Ontario
 - clones recommended for south and southeast. Testing in progress
- Québec
 - clones recommended for all the areas
 - hybridization programs for 3 regions (south, Saguenay-Lac-St-Jean, Bas-St-Laurent)
- Maritimes
 - no clone recommended but clonal testing in progress

Organizations involved - USA

Governmental

- Oak Ridge National Laboratory, USDE
- Forestry Science Lab., Rhinelander
- Itasca County, Minnesota
- Michigan Dept. of Natural Resources
- St. Louis County, Minnesota
- Wisconsin Dept. of Natural Resources

Industrial

- Blandin Paper Company
- Boise Cascade Corporation
- Champion International Corporation
- Consolidated Paper Incorporated
- Daishowa-Marubeni International Ltd
- The Mead Corporation
- Potlatch Corporation
- S.D. Warren Company
- Georgia-Pacific Corporation
- Institute of Paper Science and Technology
- Union Camp Corporation
- International Paper Company
- Crown Vantage Corporation
- Westvaco Corporation
- Fort James Corporation

Cooperatives

- Biomass Feedstock Development Program, South-eastern Populus Breeding Project
- Genetics Improvement Plan for SRIC, Populus in the north central region
- Aspen/Larch Genetics Coop, Minnesota
- Poplar Molecular Genetics Coop, Washington
- Tree Genetics Engineering Research Coop, Oregon

Organizations involved - Canada

Governmental

- Ministère des Ressources naturelles du Québec
- Forest Service, B.C., Ministry of Forest
- Canadian Forest Service
- Prairie Farm Rehabilitation Administration Tree Nursery, Ag. Canada

University

- University of Toronto

Cooperative

- Western Boreal Aspen Coop

Industrial

- Pacifica Papers Inc.
- Alberta Pacific Forest Industries Ltd
- Consolidated Packing Ltd
- Mistik Management Ltd
- Slave Lake Pulp Corp.
- Weyerhaeuser Canada Ltd
- Scott Paper Inc.
- Tolko Industries Ltd

- All companies in Québec contribute to the Fonds forestier (forest fund). Dues are based on m³ of public forest harvested.

Conclusions

- What should be done in genetic improvement of poplars in Canada?
- Who should participate in the work of genetic improvement of poplars in Canada?

What action should be taken?

- Short term objectives
 - a) Inventory, evaluate and safeguard
 - b) Favour exchanges
 - c) Test on a regional basis
 - d) Carry out regional hybridization plans
- Long term objectives
 - a) Introduce species (China, Siberia, Eastern Europe)
 - b) Undertake intra-specific improvement
 - c) Undertake research in genetic engineering for disease resistance

Who should participate?

- Industries that want to ensure the supply of wood to their factory
- Governments via the ministries responsible for the forests, and government grant bodies.

Résultats du programme de génétique (University of Toronto)

Atelier sur la génétique des espèces

Louis Zsuffa, Ph.D., University of Toronto (retraité)

Le croisement entre deux espèces de peuplier peut aller d'un état de compatibilité parfaite à celui d'incompatibilité complète. L'incompatibilité est due à la présence de multiples barrières (barrière de préféertilisation, barrière postzygotique et non-viabilité des hybrides). Les croisements intersectionnels entre les espèces des sections *Aigeiros* et *Tacamahaca* sont le plus souvent complètement fertiles, mais le sens du croisement peut être important. Les génomes de *P. deltoides* et de *P. nigra* s'associent bien pourvu que *P. nigra* serve de parent mâle. Le croisement réciproque semble être entravé par des barrières postzygotiques.

La documentation offre peu d'information sur les barrières aux croisements entre d'autres espèces des sections *Aigeiros* et *Tacamahaca*. Nous avons cependant obtenu de nouvelles données intéressantes sur la compatibilité des croisements en effectuant des croisements biparentaux au printemps 1998, dans les laboratoires et les serres de génétique forestière de University of Toronto.

Les croisements artificiels interspécifiques ont été essayés entre les espèces *P. balsamifera*, *P. deltoides*, *P. maximowiczii*, *P. nigra* et les hybrides interspécifiques *P. x euramericana* et *P. x jackii*. Voici le résumé des résultats :

Les croisements *P. balsamifera* x *P. maximowiczii* n'ont pas réussi, de même que ceux *P. nigra* x *P. maximowiczii*. Les croisements *P. deltoides* x *P. maximowiczii* ont réussi, de même que ceux (*P. x euramericana*) x *P. maximowiczii* et (*P. x jackii*) x *P. maximowiczii*.

Les croisements en direction opposée *P. maximowiczii* x *P. balsamifera* ont réussi, de même que la plupart de ceux *P. maximowiczii* x *P. nigra*, *P. maximowiczii* x (*P. x euramericana*) et *P. maximowiczii* x (*P. x jackii*).

Les croisements *P. maximowiczii* x *deltoides* n'ont pas réussi ou ont peu réussi. Le succès des croisements *P. deltoides* x (*P. x jackii*) a été variable.

Les croisements *P. nigra* femelles avec toutes les autres espèces du schéma d'amélioration n'ont pas réussi; certains ont pu être sauvés grâce à la culture d'embryons.

Il semble que *P. maximowiczii* se comporte dans ces croisements un peu comme *P. deltoides* dans les croisements avec *P. nigra*; également, que *P. maximowiczii* dans les croisements avec d'autres espèces *Aigeiros* se situe à mi-chemin entre *P. deltoides* et *P. maximowiczii*.

Dans nos croisements difficiles à réussir, le sauvetage d'embryons s'est avéré un succès. Cela veut dire que les incompatibilités à sens unique remarquées dans nos essais de croisement ont été causées par les barrières postzygotiques ou la non-viabilité des hybrides, et non par les barrières de préféertilisation.

Results of Genetics Program (University of Toronto)

Workshop on Species Genetics

Dr. Louis Zsuffa, University of Toronto (retired)

Crossing relationships between members of any pairs of poplar species cover the range from complete compatibility to the combined action of multiple barriers (prefertilization barriers, postzygotic barriers and hybrid inviability). Intersectional crosses between *Aigeiros* and *Tacamahaca* species tend to be fully fertile, however the direction of the cross may matter. *P. deltoides* and *P. nigra* genomes combine well if *P. nigra* is used as the male parent. The reciprocal cross seems to be hampered by postzygotic barriers.

There is little information in the literature on the barriers to crossability between other *Aigeiros* and *Tacamahaca* species. We have gained interesting new evidence on these crossing relationships with experimental full-sib crosses carried out in the spring of 1998 in the Forest Genetics Laboratory and Greenhouses of the University of Toronto.

The artificial interspecific crosses were tried between species *P. balsamifera*, *P. deltoides*, *P. maximowiczii*, *P. nigra*, and interspecific hybrids *P. x euramericana* and *P. x jackii*. A summary of the results is as follows:

P. balsamifera x *P. maximowiczii* crosses failed, and so did the *P. nigra* x *P. maximowiczii* crosses. *P. deltoides* x *P. maximowiczii* crosses were successful, and so were the (*P. x euramericana*) x *P. maximowiczii*, and (*P. x jackii*) x *P. maximowiczii* crosses.

Crosses in the opposite direction of *P. maximowiczii* x *P. balsamifera* succeeded, and so did most of the crosses of *P. maximowiczii* x *P. nigra*, *P. maximowiczii* x (*P. x euramericana*), and *P. maximowiczii* x (*P. x jackii*).

Crosses of *P. maximowiczii* x *deltoides* showed little success, or failed. Crosses of *P. deltoides* x *P. jackii* had varying degrees of success.

Crosses of female *P. nigra* with all other species in the breeding scheme failed, and some could be rescued with the help of embryo culture.

It seems that *P. maximowiczii* behaved in these crosses somewhat like *P. deltoides* in crosses with *P. nigra*, and also that *P. maximowiczii* in crosses with other *Aigeiros* species stood halfway between *P. deltoides* and *P. maximowiczii*.

In our crosses of questionable success, embryo rescue has proven successful. It means that the one-way incompatibilities noticed in our crossing trials were caused by postzygotic barriers or hybrid inviability, and not by prefertilization barriers.

Le programme d'amélioration génétique du peuplier au Québec

Atelier sur la génétique des espèces

Pierre Périnet, ingénieur forestier, M.Sc., ministère des Ressources naturelles du Québec

Clones recommandés pour les régions

- Sud du Québec : région de Montréal, de l'Estrie, de l'Outaouais et de Québec (domaines écologiques 1 & 2)
- Bas-Saint-Laurent–Gaspésie (domaines écologiques 4, 5, 8)
- Saguenay–Lac-Saint-Jean (domaines écologiques 5, 6, 8)
- Abitibi-Témiscamingue (domaines écologiques 3, 7, 8)

Principales réalisations (G. Vallée *et al.*)

- plus de 3 700 clones évalués
- 100 tests clonaux
- 30 plantations de collection
- 50 tests de provenances et descendances
- plus de 1 000 familles obtenues de croisements dirigés
- plus de 850 lots de semences obtenus de l'étranger et du Québec
- 60 clones recommandés

Clones recommandés

Types d'hybrides :

D x N	(D x N) x M
T x D	M x (D x T)
D x B	N x M
M x N	M x B
B x M	(D x B) x M
D x M	(D x T) x M
B x T	

Stratégies d'amélioration

- Introduction d'espèces exotiques, tests de provenances et descendances, hybridation intraspécifique et interspécifique, etc.
- Sélection de clones rustiques, vigoureux, résistants aux insectes et aux maladies et produisant du bois de qualité.

Orientations

- Collections importantes pour l'hybridation intraspécifique : *P. deltoïdes*, *P. nigra*, *P. trichocarpa*, *P. maximowiczii*.
- Réaliser en priorité des hybrides interspécifiques ayant le plus de potentiel pour les différentes régions du Québec.
- Exploiter la diversité et la variabilité des populations améliorées disponibles pour les prochaines générations d'hybrides à obtenir.
- Mieux connaître les caractéristiques génétiques du matériel amélioré (résistance, propriétés du bois, etc.) et tirer profit des facteurs héréditaires.

- Participer à des projets de génétique moléculaire et de biotechnologie des peupliers.

Hybrides de *Leuce*

Ex. de clones sélectionnés :

P. alba et hybride (A x A, A x ?) 3042, 4033, 4034 ;

P. tremula 3194, 3196 ;

A x G 1168, 1169, 759607, 759718, 759720 ;

A x Ta (*P. canescens*) 759502.

+ Hybridation 1998 :

A x G A x Ta A x Tr

G x Ta G x Tr G x (A x G)

(A x Ta) x G (A x Ta) x (A x G)

Rendements prévus

- 160 à 240 m³/ha à l'âge de 20 ans (8 à 12 m³/ha/an) sur des sites de bonne fertilité en conditions nordiques ;
- plus de 200 m³/ha à l'âge de 12 à 15 ans (≅15 à 20 m³/ha/an) sur des sites plus fertiles dans le sud du Québec ;
- clones sélectionnés pour des sols de fertilité moyenne et acides (pH 5,0 à 6,0).

Collaborateurs

G. Bussièrès, F. Caron,

H. Gagnon, D. Lamontagne,

G. Lapointe, J. Ménétrier,

S. Morin, M.-J. Mottet,

L. Pinet, G. Vallée.

Discussion

Le choix des sélections se fait parfois en pépinière ou, de façon précoce, dans les tests clonaux avec de bons résultats. Cependant, le meilleur âge se situe entre 5 et 8 ans, particulièrement lorsque l'on vise la résistance à l'insolation hivernale. Lorsque ce sont les caractéristiques du bois qui sont recherchées, les sélections ne sont pas faites avant 15 ans.

Le programme du Québec est maintenant rendu à la deuxième génération de reproduction, mais pas cependant à la deuxième génération du matériel amélioré. Plusieurs tests de descendance ont été effectués sur des sols forestiers. Les nouveaux hybrides ont en général des particularités très caractéristiques et sont bien adaptés à ces sols. Il est intéressant de croiser des individus hybrides avec de nouvelles espèces. C'est ainsi qu'une amélioration de la croissance très marquée et se produisant tôt a été atteinte.

Il n'existe présentement aucun plan visant à entreprendre dans l'immédiat de nouveaux travaux sur l'amélioration du peuplier dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue, outre les tests clonaux en cours. Cependant, un programme d'hybridation sur mesure pourrait être réalisé d'ici deux ans pour cette région nordique.

Plusieurs organismes, y compris le ministère des Ressources naturelles du Québec, ont du matériel génétique qu'ils aimeraient échanger. Il serait donc utile d'avoir un forum comme le Conseil du peuplier du Canada (CPC) qui faciliterait les échanges. Cependant, comme certains organismes tiennent à protéger leur matériel, ils ne sont pas intéressés aux échanges, ce qui peut représenter un problème de taille. Ce n'est pas habituellement le cas des organismes gouvernementaux, qui doivent toutefois faire respecter les droits de propriété intellectuelle. Un partage bilatéral serait la meilleure solution. Un organisme qui pourrait assurer un certain degré de neutralité, tel le CPC ou une société, serait donc utile.

Poplar Genetic Improvement Program in Québec

Workshop on Species Genetics

Pierre Périnet, ing.f., ministère des Ressources naturelles du Québec

Clones recommended for each region:

- Southern Québec: Montréal, Estrie, Outaouais, and Québec region (ecological areas 1 & 2)
- Lower Saint Lawrence–Gaspé Peninsula (ecological areas 4, 5, 8)
- Saguenay–Lac-Saint-Jean (ecological areas 5, 6, 8)
- Abitibi-Témiscamingue (ecological areas 3, 7, 8)

Main achievements (G. Vallée *et al.*)

- More than 3 700 clones evaluated;
- 100 clonal tests;
- 30 conservation plantations;
- 50 provenance and progeny tests;
- more than 1 000 families obtained from controlled crosses;
- more than 850 seed lots obtained from foreign countries and from within Québec;
- 60 recommended clones.

Recommended clones

Hybrid types:

D x N	(D x N) x M
T x D	M x (D x T)
D x B	M x B
M x N	(D x B) x M
B x M	(D x T) x M
D x M	B x T
N x M	

Improvement strategies

- Exotic species introductions, provenance and progeny tests, intraspecific and interspecific hybridisation, etc.;
- Selections of clones that are rustic, vigorous, insect and disease resistant and that produce quality wood.

Future Directions

- Large collections for intraspecific hybridisation:
P. deltoides, *P. nigra*, *P. trichocarpa*, *P. maximowiczii*
- Give priority to producing interspecific hybrids with the highest potential for regions of Québec.
- Exploit the diversity and variability of available improved populations for the next generations of hybrids.
- To learn more about the genetic characteristics of our improved material and derive more benefits from hereditary factors (resistance, wood property, etc.)
- To participate in molecular genetics and poplar biotechnology projects.

Leuce hybrids

Examples of selected clones:

P. alba and hybrid (A x A, A x ?) 3042, 4033, 4034

P. tremula 3194, 3196

A x G 1168, 1169, 759607, 759718, 759720

A x Ta (*P. canescens*) 759502

+ 1998 Hybridization:

A x G, A x Ta, A x Tr,

G x Ta, G x Tr, G x (A x G),

(A x Ta) x G, (A x Ta) x (A x G)

Anticipated yields

- 160 to 240 m³/ha at the age of 20 years (8 to 12 m³/ha/yr) on sites with good fertility in nordic conditions
- more than 200 m³/ha at the age of 12 to 15 years (\cong 15 to 20 m³/ha/yr) on more fertile sites in southern Québec
- selected clones for soils that are acidic (pH 5.0 to 6.0) and with average fertility

Collaborators

G. Bussi eres, F. Caron,

H. Gagnon, D. Lamontagne,

G. Lapointe, J. M en etrier,

S. Morin, M.-J. Mottet,

L. Pinet, G. Vallée.

Discussion

Regarding the age for making selections, sometimes this is done in the nursery and some good conclusions have been reached from early testing. In other cases, particularly when selecting for resistance to sunscald, the preferred age is 5-8 years. When wood characteristics are being evaluated, selections are not made until 15 years of age.

The Québec program is now into the second generation of reproduction, though not the second generation of improvement. All progeny tests have been established on forest land. New hybrids tend to display very characteristic features. It is interesting to introduce new species into material that has already been found to be superior. Some very good, very early, growth improvement has been found in this way.

There are no immediate plans to undertake poplar improvement work in the Abitibi-Témiscamingue region in addition to existing clonal tests. On the other hand, a custom-made breeding program could be carried out in the next two years for this northern region.

Since many organizations, including the Québec ministry, have genetic materials they would like to exchange, it would be helpful to have a forum like the Poplar Council of Canada (PCC) through which such exchanges could be facilitated. However, some organizations want to protect their material and are not interested in exchanges. This can be a big problem, but government organizations generally have no difficulty with sharing materials, although they still need to

respect the intellectual property rights of the owners. Bilateral sharing might work best. A facilitating organization, such as the PCC or a company, which could assure some degree of confidentiality, would be useful.

Western Boreal Aspen Cooperative (WBAC)

Atelier sur la génétique des espèces

Barbara Thomas, Ph.D., professeure adjointe, University of Alberta

Fondation de la WBAC

Coopérative fondée en 1995 en association avec la Minnesota Aspen and Larch Cooperative (University of Minnesota).

Membres

1. Ainsworth Lumber Inc., Grande Prairie, Alberta :
Dave Beck, Frad Radersma, Anita Coté.
2. Alberta-Pacific Forest Industries Inc., Boyle, Alberta :
Allan Robertson, Barb Thomas.
3. Daishowa-Marubeni International Ltd., Peace River, Alberta :
Florance Niemi, présidente de la WBAC.
4. Millar Western Forest Products Ltd., Whitecourt, Alberta :
Debbie Weedon, Richard Krygier.
5. Slave Lake Pulp, Slave Lake, Alberta :
Perm Sieusahai, Gordon Sanders.
6. Slocan Forest Products, Fort Nelson, Colombie-Britannique :
Dave Cheyne.
7. Weyerhaeuser Canada, Drayton Valley, Alberta :
Tim Gylander, Bruce Macmillan.

Produits

- Panneaux à copeaux orientés.
- Pâte kraft et pâte mécanique.

Programme

Programme initial élaboré par Bailian Li.

Principaux éléments du programme initial :

- 1- amélioration du peuplier faux-tremble, *P. tremuloides*;
- 2- amélioration du peuplier faux-tremble hybride (avec des arbres femelles non sélectionnés).

Travaux accomplis jusqu'à maintenant

- Cent cinquante sélections phénotypiques supérieures faites dans trois régions désignées pour l'amélioration.
- Tout le matériel greffé pour un verger en pots et 2 arboretums.
- Début de l'amélioration du tremble hybride.
- Établissement des tests de provenances.

Principaux problèmes rencontrés durant les dernières années

- Un manque de floraison qui a entraîné :
 - des délais dans l'amélioration,
 - des clones de sexe inconnu.

- Des problèmes de ratios potentiels :
 - ratio mâle : femelle de 4-6 : 1.

Révision du programme – Février 1998

- Stratégie d'amélioration révisée pour s'ajuster aux difficultés :
 - passer d'un plan de croisement utilisant un mélange de pollen à un diallèle disjoint ;
 - mettre immédiatement en place le programme d'hybrides et capitaliser sur la vigueur hybride.
- Croisements :
 - *P. tremuloides* x *P. tremula* ;
 - *P. tremuloides* x *P. davidiana*.
- Autres :
 - sélection des clones ;
 - testage plus intensif des races locales.

Printemps 1998

- Début des croisements hybrides - 6 arbres femelles/région.
- Drageonnage d'environ le tiers des sélections.
- Tests de provenances sur 6 sites, 43 lots de semences issues de pollinisation libre.

Mesures à prendre

- 1) Ramener le programme en Alberta, mais demeurer membre de la coopérative du Minnesota.
- 2) Constituer le groupe en personne morale pour représenter l'Alberta.
- 3) Embaucher un directeur et un généticien (B. Thomas).
- 4) Continuer à modifier la stratégie d'amélioration pour répondre aux besoins des membres.
- 5) Élaborer un plan stratégique relatif à la recherche en sylviculture.

Défis immédiats

- 1) Poursuivre l'approbation des prévisions budgétaires par les entreprises membres.
- 2) Avoir accès à plus de pollen étranger.
- 3) Aménager des plantations de démonstration près des usines de chaque entreprise.

Program review - February 1998

- revised breeding strategy to meet challenges
 - move to disconnected di-allele from polycross design
 - initiate hybrid program right away and go after hybrid vigour potential

- Crosses:
 - P. tremuloides* x *P. tremula*
 - P. tremuloides* x *P. davidiana*

- In addition:
 - clonal screening of selections
 - expand land race trials

Spring 1998

- initiation of hybrid crosses - 6 females/ region
- suckering of - 1/3 of selections
- planting provenance trial, 6 sites, 43 open pollinated seed-lots

Recent developments

- 1) Brought program home to Alberta but remained as a single member with Minnesota
- 2) Incorporated as a group in Alberta
- 3) Hired a Manager and Geneticist (B. Thomas)
- 4) Continued to modify breeding strategy to meet needs of members
- 5) Developed a strategic plan for Silviculture Research

Immediate challenges

- 1) Budget approvals within member companies to continue
- 2) Access more foreign pollen
- 3) Install extensive demo trials for each company at their mill sites.

La biotechnologie des arbres : où en sommes-nous ?

Plénière

Armand Séguin, Ph.D., Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides

Aspects économiques et environnementaux du génie génétique des arbres

- Tolérance aux pathogènes pour la rouille ou le chancre (réduction des produits chimiques).
- Augmentation du rendement par la résistance aux herbicides (gestion des pratiques et réduction de la pression sur la forêt naturelle).
- Technologies pour l'exportation (réduction de la déforestation).

Biotechnologie



- « l'utilisation de technologies basées sur les systèmes vivants pour développer des produits et procédés commerciaux »

Exemples de biotechnologie dans le sens large

- Culture cellulaire.
- Régénération de plante.
- L'engineering de bio-procédés.
- Trousses de diagnostics.
- Anticorps monoclonaux.

Biotechnologie dans le sens restreint

- Méthodologie de l'ADN recombinant.
- Addition de gènes à un organisme.
- Régulation de gènes déjà dans un organisme.
- Utilisation des profils d'ADN pour identifier un organisme.
- Utilisation des profils d'ADN pour améliorer les techniques de croisement conventionnelles.

Croisement vs génie génétique

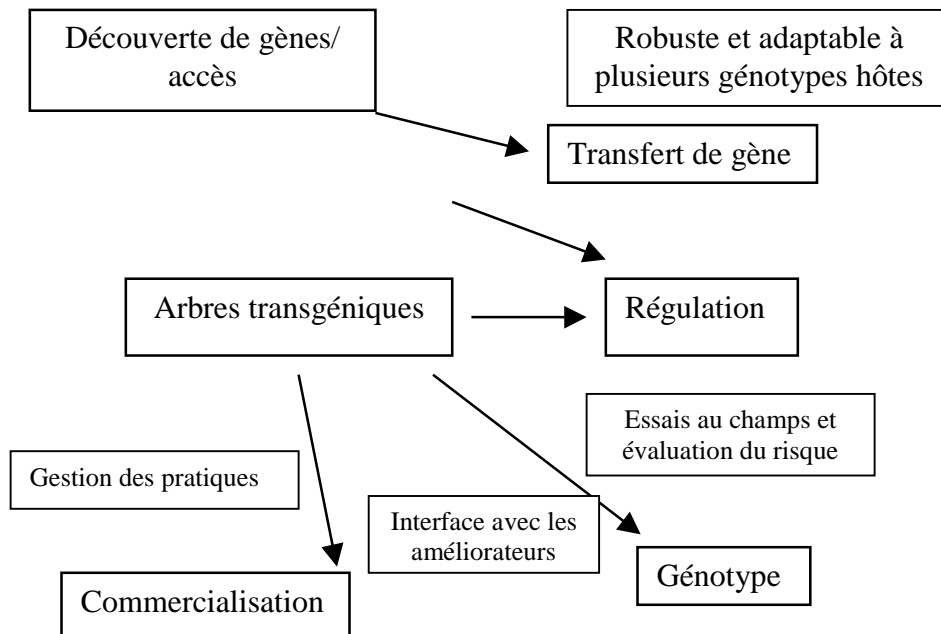
- ☺ Rapide.
- ☺ Plus précis.
- ☹ Coûteu\$.
- ☹ Dépendante de la technologie.



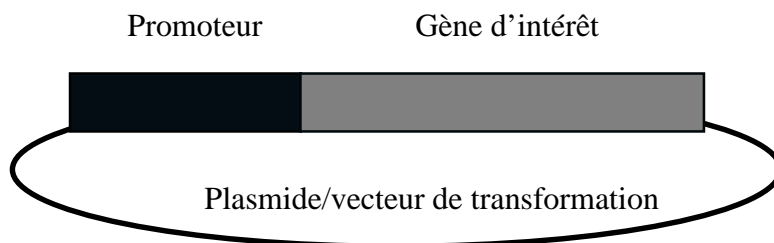
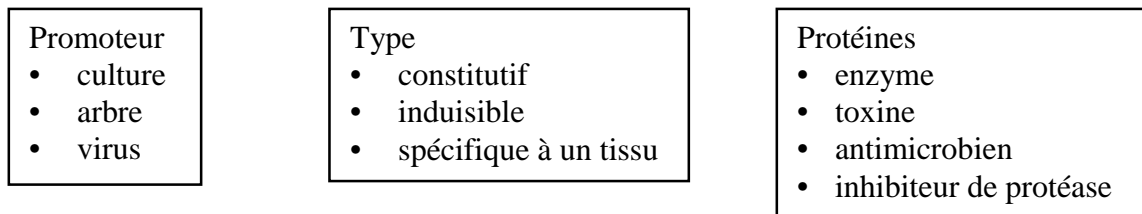
Cibles potentielles

- Résistance aux pathogènes.
- Résistance aux herbicides.
- Modification de la lignine.
- Tolérance au gel.
- Stérilité de reproduction.

Développement d'arbres transgéniques



Coffre à outils pour le génie génétique



Génie génétique des arbres au niveau international

- Canada : peuplier-conifères.
- É.-U. : peuplier-conifères.
- Europe : peuplier-conifères.
- Australie : conifères.
- Nouvelle-Zélande : conifères.

Entreprises de biotechnologie des arbres

- ForBio, Australie : pins et eucalyptus.
- FRI, Nouvelle-Zélande : pins.
- Shell Renewables, R.-U. : eucalyptus.
- Westvaco : conifères.
- Weyerhaeuser : conifères.
- J.D. Irving : conifères.
- BCRI : conifères.

Coopératives de recherche

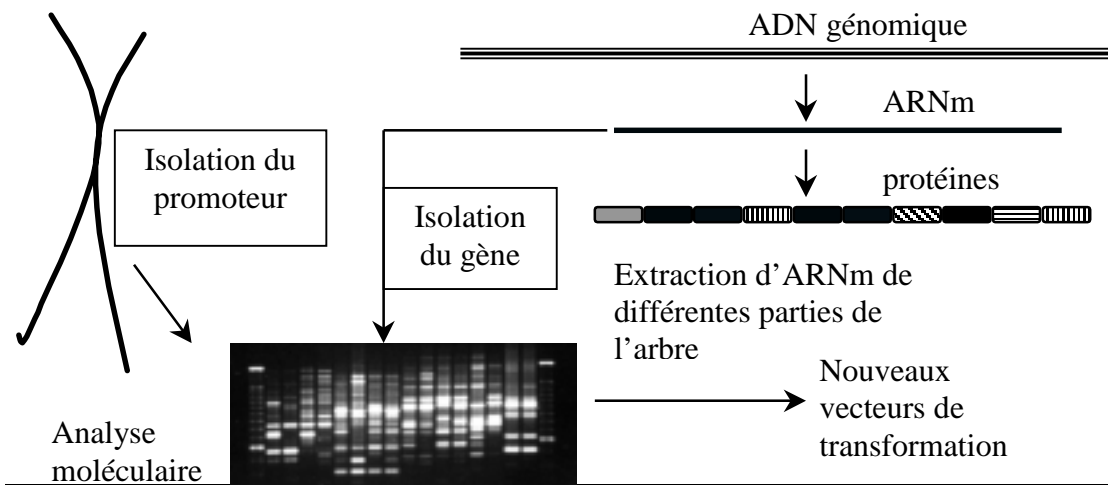
- TGERC
- PMGC
- Forest Biotechnology
- ...



Pourquoi une coop de recherche ?

- Les contributions des membres fournissent le noyau central (ex. de TGERC, 10 X 30 000 \$ pour un total de 300 000 \$).
- Accès à de la nouvelle technologie et propriété intellectuelle.
- Facilite l'accès à des fonds compétitifs; EPA 85 000 \$, USDA 110 000 \$, Oregon Dept. Agriculture 50 885 \$, DOE Forest Products 260 964 \$, USDA 15 000 \$ pour un total de 521 849 \$ par année.
- L'équipe TGERC avec 7 professionnels de recherche, 4 étudiants au doctorat et étudiants du baccalauréat.

Gènes et éléments de régulation



Tree biotechnology: where are we?

Plenary Session

Dr. Armand Séguin, Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre

Economical and environmental aspects of tree genetic engineering

- Pest tolerance for rust and/or canker (reduction of chemicals)
- Increased yield through herbicide resistance (management practices and reduction of the pressure on the natural forest)
- Exportable technologies (reduction of deforestation)

Biotechnology



- “the use of technologies based on living systems to develop commercial processes and products”

Examples of biotechnology in the broad sense...

- Cell culture
- Plant regeneration
- Bio-process engineering
- Diagnostic kits
- Monoclonal antibodies

Biotechnology in the narrow sense

- Recombinant DNA methodology
- Addition of genes to an organism
- Regulation genes already in an organism
- Using DNA profiles to identify an organism
- Using DNA profiles to improve conventional breeding techniques

Breeding vs. Genetic engineering

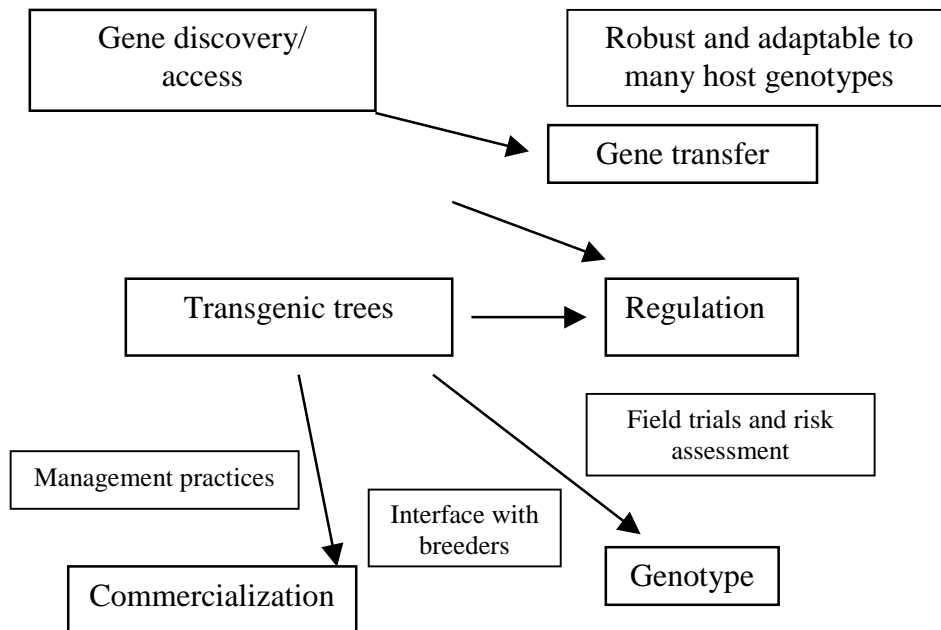
- ☺ Fast
- ☺ More precise
- ☹ Expens\$ive
- ☹ Technology dependent



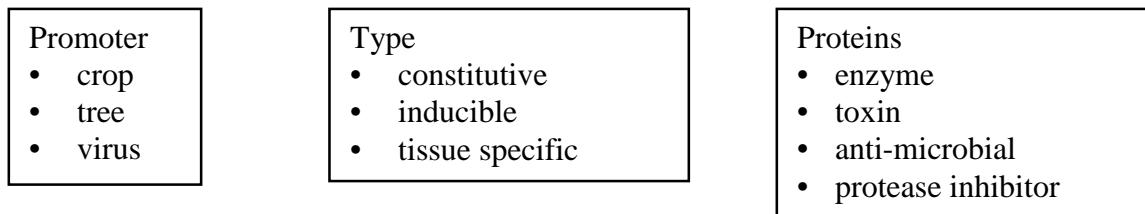
Potential targets

- Pest resistance
- Herbicide resistance
- Lignin modification
- Frost tolerance
- Reproductive sterility

Development of transgenic trees



Toolbox for genetic engineering



Genetic engineering of trees at the international level

- Canada: poplar-conifers
- USA: poplar-conifers
- Europe: poplar-conifers
- Australia: conifers
- New Zealand: conifers

Tree biotechnology companies

- ForBio, Australia: pines and eucalyptus
- FRI, New Zealand: pines
- Shell Renewables, UK: eucalyptus
- Westvaco: conifers
- Weyerhaeuser: conifers.
- J.D. Irving: conifers
- BCRI: conifers

Research cooperatives

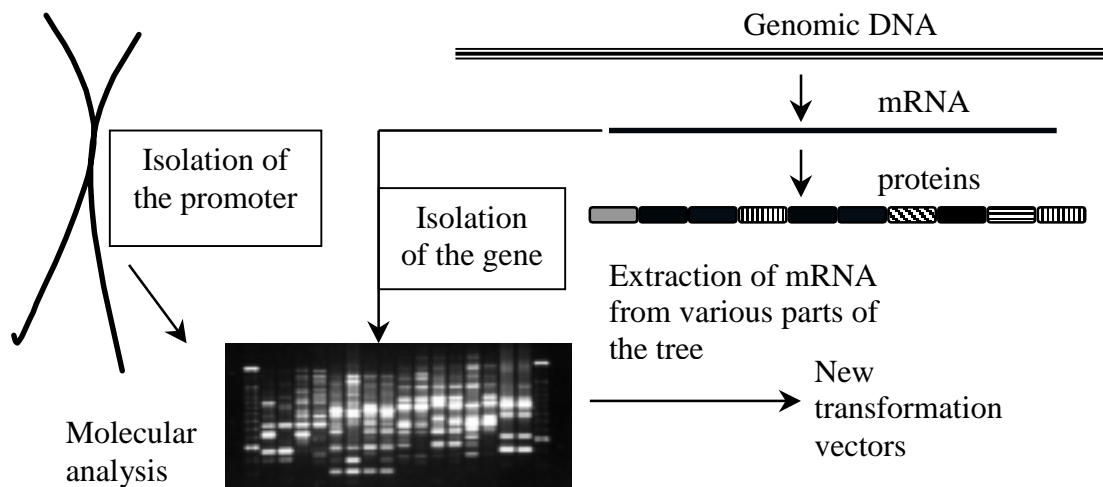
- TGERC
- PMGC
- Forest Biotechnology
- ...



Why a research coop?

- Contributions from members provide the core facility (e.g., TGERC, 10 X \$30 000 for a total of \$300 000).
- Provides access to new technology and intellectual property.
- Facilitates access to competitive funds; EPA \$85 000, USDA \$110 000, Oregon Dept. of Agriculture \$50 885, DOE Forest Products \$260 964, USDA \$15 000, for a total of \$521 849 per year.
- TGERC team with 7 research professionals, 4 Ph.D. students and undergraduates.

Genes and regulatory elements



Nouvelles approches dans l'étude des maladies du peuplier

Atelier sur la biotechnologie des arbres

Richard Hamelin, Ph.D., Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides

Maladies importantes du peuplier

- Rouille du peuplier (*Melampsora* spp.).
- Tache foliaire et chancre septorien (*Septoria*).
- Brûlure des feuilles et tiges (*Venturia*).
- Taches foliaires (*Marssonina*).
- Chancre hypoxylonien.
- Carie blanche du tronc chez le tremble (*Phellinus tremulae*).
- Chancre bactérien (en Europe seulement).

Le peuplier n'est pas un arbre exempt de maladies. Il est somme toute assez vulnérable à un grand nombre de pathogènes. Si on revoit rapidement la liste des principales maladies, on peut noter, entre autres, la rouille du peuplier, le chancre septorien et la brûlure des pousses par *Venturia*. Il y a aussi des maladies très dévastatrices que nous avons la chance de ne pas avoir ici, par. ex. le chancre bactérien.

Résistance génétique

La façon la plus efficace de contrecarrer ces maladies est sans contredit l'utilisation de clones résistants, surtout en raison de la grande variabilité chez les peupliers. On peut constater la grande différence entre un clone de *P. deltoides* résistant à la rouille et un autre qui ne l'est pas. Ces clones ont été développés par la Westvaco au KY.

Types de résistance

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| - Résistance verticale : | - Résistance horizontale : |
| - absence complète de la maladie ; | - pathogène peut se développer, mais |
| - habituellement un seul gène ; | lentement ; |
| - e.g. gène MMD1. | - habituellement polygénique ; |
| | - e.g. clones Westvaco. |

On parle souvent en génétique de résistance verticale et de résistance horizontale. Généralement, la résistance verticale exclut complètement les pathogènes et est le plus souvent contrôlée par un seul gène. Elle est donc facile à gérer, mais, par ailleurs, le pathogène s'y adapte facilement et peut ainsi la contrecarrer. On parle aussi de résistance horizontale, c'est-à-dire de résistance quantitative qui est généralement polygénique.

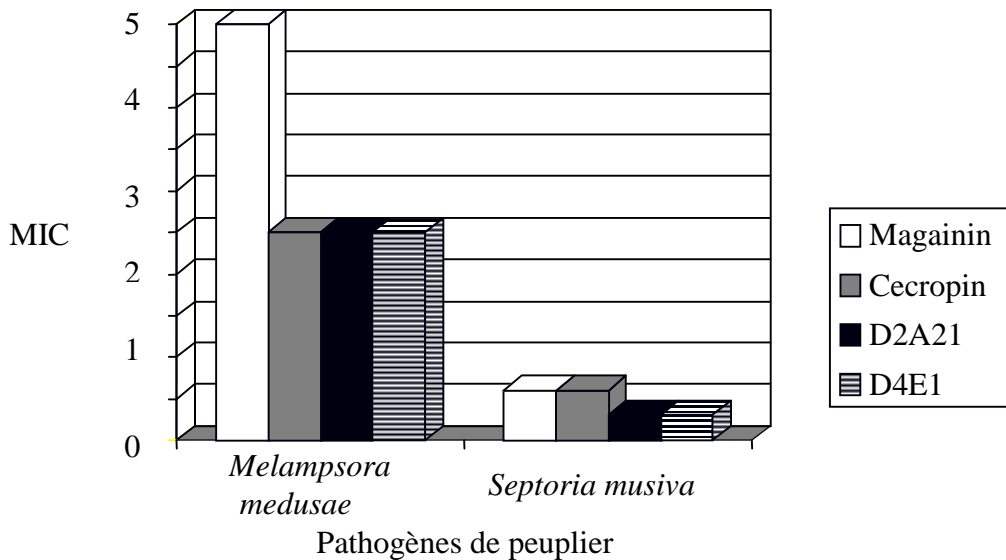
Nouveaux types de résistance

- Peptides antimicrobiens (PAM):
 - peuvent être synthétiques ou dériver de molécules naturelles;
 - origine peut être variée (papillon de nuit, grenouilles);
 - gènes construits pour l'expression.
- Quatre PAM obtenus et testés.

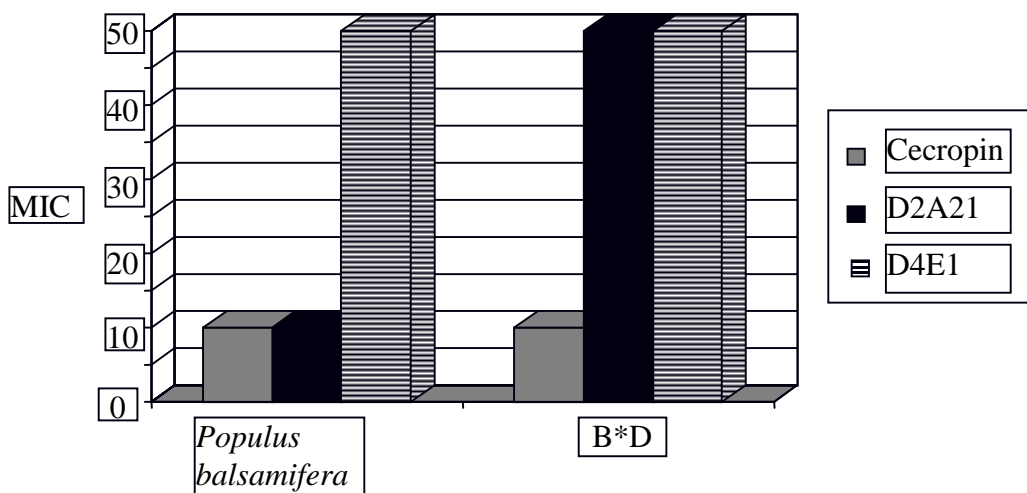
Au Centre de foresterie des Laurentides, on travaille depuis peu sur de nouveaux types de résistance. Ils ne proviennent pas nécessairement du peuplier et, en fait, pas nécessairement d'arbres ou de plantes. Ce sont des gènes qui produisent des peptides antimicrobiens ; certains proviennent d'insectes, d'autres de grenouilles. Ils peuvent être synthétiques ou naturels.

Inhibition fongique par PAM

Résultats de tests *in vitro*



Phytotoxicité de PAM



Donc, nous avons montré *in vivo* que les spores des champignons sont inhibées. Maintenant, qu'est-ce qui nous dit que ces peptides ne seront pas toxiques pour les plantes? Il a donc fallu tester la germination des grains de pollen aux peptides, et nous avons découvert qu'il faut des concentrations de peptide de 10 à 100 fois plus élevées pour empêcher la germination. Par conséquent, nous avons conclu que nos peptides ne sont probablement pas phytotoxiques.

Mode d'action

- Bris de la membrane cellulaire.
- Semble être principalement actif contre la germination des spores.
- Résistance verticale ou horizontale ?
- Efficace contre de nombreux pathogènes.

En ce moment, nous essayons de comprendre le mécanisme de résistance. Il est important de savoir si les pathogènes auront plus ou moins de facilité à s'adapter à ces gènes de résistance. Il semble que le peptide en question interagit avec les membranes des champignons et rend les spores non viables.

Nous concluons que nos peptides ont du potentiel puisque les spores des pathogènes sont complètement détruites à des concentrations non dommageables à l'arbre. Cependant, il reste des questions à éclaircir. Par exemple, il n'y a à peu près pas d'activité des peptides sur la croissance du champignon. Autrement dit, une fois la spore germée, le champignon n'est apparemment pas touché. Donc, stratégiquement, il semble que le peptide devrait être exprimé à la surface et non à l'intérieur des feuilles. Il reste aussi à savoir si le peptide confère une résistance verticale ou horizontale. Étant donné que ces peptides sont efficaces contre une vaste gamme de pathogènes, je pense que nous sommes en présence d'une résistance horizontale. Toutefois, le gène MMD1 n'est efficace que contre une seule espèce de rouille.

Races

Dans les prochains mois, nous allons procéder à des bioessais comme celui que nous avons fait pour les clones Westvaco, avec les peupliers transformés avec le gène AMP.

Orientation de nos travaux

- Résistance PAM
 - bioessais pour l'expression *in vivo* ;
 - bioessais vs large groupe de pathogènes ;
 - mode d'action : adaptation des pathogènes ?
 - nouveaux gènes en vue.

Nous allons poursuivre nos bioessais *in vivo* pour vérifier si nos résultats *in vitro* se confirment. Nous allons aussi tester plusieurs pathogènes (tant qu'à avoir des arbres transformés, aussi bien les tester). De plus, nous voulons continuer à investiguer le mode d'action du peptide.

Novel Approaches in the Study of Poplar Diseases

Workshop on Tree Biotechnology

Dr. Richard Hamelin, Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre

Main poplar diseases

- Poplar leaf rust (*Melampsora* spp.)
- *Septoria* leaf spot and canker
- *Venturia* leaf and shoot blight
- *Marssonina* leaf spot
- *Hypoxyton* canker
- Aspen decay (*Phellinus tremulae*)
- Bacterial canker (in Europe only)

There is no shortage of poplar diseases. Poplar trees are quite susceptible to a wide range of pathogens. The above list gives several examples. There are also devastating diseases that we luckily do not have here, such as the bacterial canker.

Genetic resistance

There is no question that the most efficient way to counteract these diseases is through the use of resistant clones, particularly because of the wide variability among poplar trees. As the slide shows, there is a big difference between a *P. deltoides* clone that is resistant to poplar leaf rust and one that is susceptible. These clones were developed by Westvaco in KY.

Types of resistance

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| - Vertical resistance: | - Horizontal resistance: |
| - complete exclusion of the disease; | - pathogen can develop, but slowly; |
| - usually single-gene; | - usually polygenic; |
| - e.g. gene MMD1 | - e.g. Westvaco clones |

As regards the different types of resistance, in genetics, we often talk about vertical and horizontal resistance. Vertical resistance generally completely excludes pathogens and is most often controlled by one gene. It is then easy to manipulate, but it is also easy for the pathogen to adapt and to counteract this resistance. We also talk about horizontal resistance, that is, quantitative resistance which is generally polygenic.

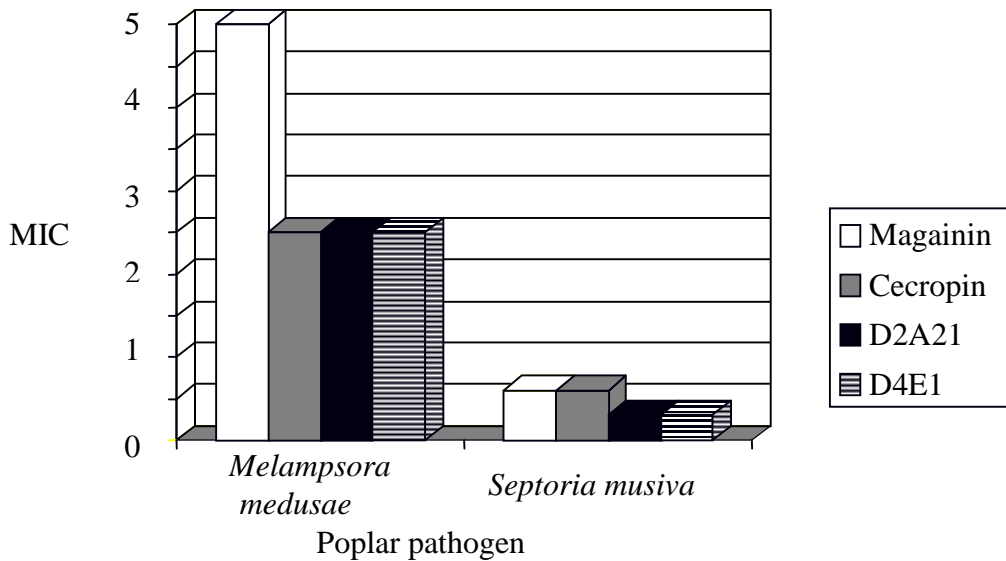
New types of resistance

- Anti-microbial peptides (AMP)
 - can be synthetic or derived from natural molecules
 - origin can be varied (moth, frogs)
 - genes constructed for expression
- Four AMP obtained and tested

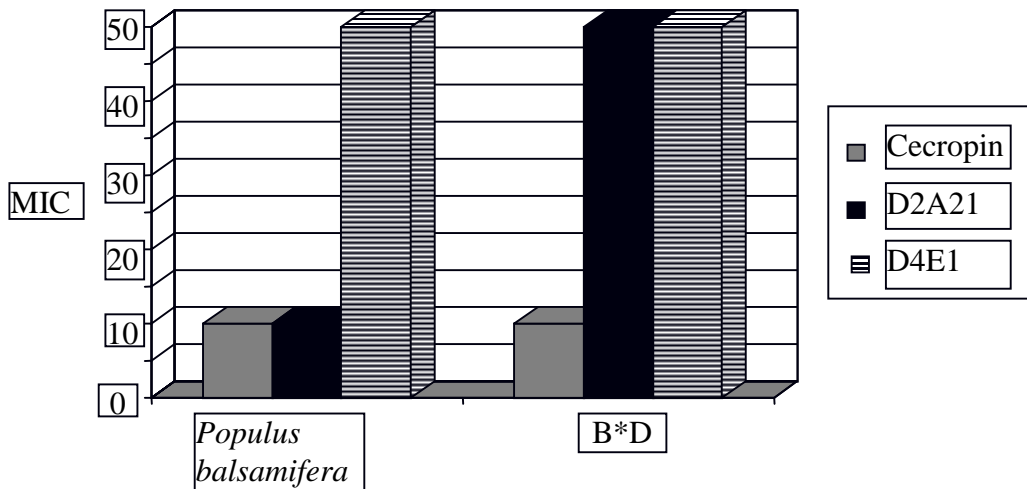
At the Laurentian Forestry Centre, we started working on new types of resistance, particularly resistance genes that do not necessarily come from poplar. Nor do they necessarily come from trees or other plants. These genes, which produce anti-microbial peptides; come from insects and frogs. They can be synthetic or natural.

Fungal inhibition by AMP

Results of *in vitro* testing:



Phytotoxicity of AMP



Thus, we showed *in vitro* that fungal spores are inhibited. The question was then whether these peptides would be toxic to plants. We therefore tested the effects of peptides on pollen germination and discovered that peptide concentrations 10 - 100 times higher would be needed to inhibit germination. We concluded that our peptides are probably not phytotoxic.

Mode of action

- Disruption of the cellular membrane
- Seems to be mostly active against germinating spores
- Determine whether resistance is vertical or horizontal
- Effective against wide array of pathogens

We are currently also trying to clarify the resistance mechanism. It is important to know if the pathogens will be more or less able to adapt to these resistance genes. It seems that the peptide of interest interacts with fungi membranes and makes the spores non-viable.

We have concluded that our peptides have potential because the spores from the pathogens are completely destroyed at concentrations which do not affect the trees. However, questions remain. For example, almost no peptide activity on fungal growth has been observed. In other words, once the spore has germinated, the fungus is apparently not affected. So, strategically, it seems that the peptide should be expressed on the leaf surface, and not inside. We also need to know if the peptide provides a vertical or horizontal resistance. Since these peptides are efficient against a wide variety of pathogens, I think that we are seeing horizontal resistance. The gene MMD1, however, is only efficient against one species of poplar leaf rust.

Races

Within the next few months, we will carry out bioassays similar to the one we did for the Westvaco clones with poplar trees transformed with the AMP gene.

Future directions

- AMP resistance
 - bioassay for *in vivo* expression
 - bioassay vs. wide range of pathogens
 - is plant able to adapt to pathogen?
 - new genes in the pipe-line

Our approach will be to continue our bioassays *in vivo* to see if our results *in vitro* are confirmed. We will also test several pathogens (if we have transformed trees, we might as well test them). We will also continue to investigate the peptide mode of action.

Techniques en transformation

Atelier sur la biotechnologie des arbres

Armand Séguin, Ph.D., Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides

Une des techniques les plus communes fait appel à l'utilisation d'*Agrobacterium*. Elle est utilisée pour inoculer du matériel initié *in vitro* et ainsi intégrer de l'ADN dans le matériel. C'est un procédé très spécifique et très peu susceptible de se produire dans la nature. Des marqueurs sont nécessaires pour trouver l'ADN. Subséquemment, les cellules dans lesquelles l'ADN a été intégré sont sélectionnées, puis multipliées et régénérées. Des plantules sont induites et enracinées. Les techniques de culture *in vitro* sont utilisées pour la transformation du peuplier, de façon à faire croître les tissus végétaux en conditions stériles. Cela est essentiel pour le génie génétique et permet une propagation rapide.

La coculture avec *Agrobacterium* peut être utilisée pour permettre à *Agrobacterium* de s'attacher à la cellule végétale et de transférer le T-DNA à la cellule. L'*Agrobacterium* peut alors être éliminé et les explants transférés de nouveau vers les conditions *in vitro*. Éventuellement, les plantes sont acclimatées en serre avec une baisse graduelle de l'humidité relative. Les plantes transgéniques ne sont pas différentes des plantes non transformées.

La fonction des nouveaux vecteurs de transformation est étudiée. D'autres projets portent sur l'étude du « génome fonctionnel », ainsi que sur le séquençage de gènes et la taille du génome du peuplier.

•
•
•
•
•
•
•
•
•
•

Transformation Techniques

Workshop on Tree Biotechnology

Dr. Armand Séguin, Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre

One of the most common techniques involves the use of *Agrobacterium*. This is used to inoculate material initiated in vitro and thus to integrate DNA into the material. This is a very specific process and highly unlikely to occur in nature. Markers are needed to find the DNA. Cells into which DNA has been integrated are subsequently selected. These are multiplied and regenerated and subsequently transgenic plantlets are produced. In vitro culture techniques are used for poplar in order to grow the plant tissues in sterile conditions. This is essential for genetic engineering and allows for fast propagation.

Co-culture with *Agrobacterium* may be used to allow the *Agrobacterium* to attach to the plant cell and transfer T-DNA to the cell. The *Agrobacterium* can then be eliminated and explants transferred back to in vitro conditions. Eventually the plants will be transferred to the greenhouse after acclimatisation through decreasing the humidity. Transgenic plants are essentially the same as non-transformed plants.

The function of new transformation vectors is being studied. Other projects are looking at the 'functional genome' as well as gene sequencing and the size of the genome in poplar.

Les arbres transgénétiques : leur place dans le monde

Atelier sur la biotechnologie des arbres

Irene Hay, Ph.D., chercheure post-doctorale, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides

Introduction

- Avantages.
- Situation.
- Évaluation des risques.
- Avenir.

Avantages des arbres transgénétiques

- Insertion discrète d'un gène cible.
- Croissance plus rapide que ne le permet la sylviculture conventionnelle.
- Gènes provenant d'espèces étrangères.
- Plus grande résistance au stress.
- Recherche fondamentale : ce qui peut être réalisé et ce qui ne peut pas l'être.
- Amélioration des connaissances et des capacités techniques stimulante pour une industrie dynamique.

Évaluation des risques des arbres transgénétiques

- L'Agence canadienne d'inspections des aliments (ACIA) met en œuvre et applique les lois de façon équitable, efficace et cohérente.
- Elle évalue les nouveaux produits quant à leur efficacité, leur sécurité, les allégations sur leur rendement et leur qualité (pas inutile).
- Elle examine les produits et non le processus.
- 2 000 produits mis en circulation depuis 1988.
- Essai au champ : arbre forestier à caractères nouveaux (AFCN), site d'essai, objectif, requérant/année.
- 31 mises en circulation générale dont 9 enregistrées comme cultivars.
- Dissémination des gènes :
 - effets potentiels sur la possibilité de se comporter comme une mauvaise herbe et d'envahir les habitats naturels, ainsi que sur la biodiversité ;
 - les organismes modifiés génétiquement ne sont pas uniques ;
 - les plantes échappées de culture ne présentent pas de risque.

Culture	Distance min.	Post-récolte
maïs	100 m	1 an
canola	200 m (b), 50 m (c)	2 ans
luzerne	300 m	3 ans
peuplier	10 m	5 ans

Avantages des arbres transgénétiques

- 1993 - 109 entreprises canadiennes de biotechnologie agricole.

- 28 % du nombre total des entreprises de biotechnologie.
- 700 millions \$ de revenus, 55 millions \$ provenant de végétaux génétiquement modifiés.
- Marché mondial des semences, des plantes et des produits issus du génie génétique estimé à 2,1 milliards \$US en l'an 2 000.
- Monsanto 1997 : 19,3 millions d'acres (5 pays).

Évaluation des risques des arbres transgéniques

- Directive d'homologation Dir95-01 : Expérimentation au champ de végétaux à caractères nouveaux au Canada.
- Directive d'homologation Dir94-08 : Critères d'évaluation du risque environnemental associé aux végétaux à caractères nouveaux.
- 10-12 semaines d'étude, bonne connaissance/équivalence substantielle.
- Isolation, utilisation du terrain après la récolte, élimination, inspections.
- Potentiel de se comporter comme une mauvaise herbe, flux génétique, incidence sur les espèces non ciblées, incidence sur la biodiversité, persistance dans l'environnement.
- Demandes requérant de l'information sur le cycle de vie de la plante, les procédures utilisées, le site, la gestion du site, les plans d'urgence, les produits génétiques (antérieurement testés au Canada?), la carte génomique, les vecteurs, la stabilité et l'expression génétiques.

Peuplier transgénique à Valcartier

- Planté en août 1997
 - *P. alba x grandidentata*, *P. deltoides x trichocarpa* (rangs de garde).
- Deux gènes marqueurs (NPT et GUS).
- Surveillance bihebdomadaire.
- Expression génétique dans les feuilles.
- Caractéristiques de croissance.

Autres essais de peuplier transgénique en Amérique du Nord

- À la Tree Genetic Engineering Research Cooperative (TGERC) : essais au champ avec des lignées hybrides transgéniques exprimant la tolérance au glyphosate et une stérilité artificielle.

Avenir des arbres transgéniques

- Enrichissement continu de la banque de données relatives à l'estimation des risques.
- Rapports publiés portant sur l'expression génétique et le rendement de l'arbre au champ.
- Augmentation du nombre et des types de gènes disponibles.
- Augmentation du nombre de produits commercialisés.

Information additionnelle

- www.cfia-acia.agr.ca
- www.oecd.org/ehs/service.htm
- Forestry Chronicle, mars/avril 1998, vol. 74, n° 2, p. 203-219 (T.J. Mullin et S. Bertrand).

État des arbres transgéniques

Expérimentation au champ des végétaux à caractères nouveaux au Canada :

- caractères : résistance aux herbicides, aux insectes, aux virus, aux champignons et au stress, changement nutritionnel, modification de la composition en huile, produits pharmaceutiques, recherche génétique, stérilité mâle/restitution ;
- cultures annuelles : brocoli, orge, canola, maïs, lin, avoine, pomme de terre, soya, betterave à sucre, tabac, blé ;
- cultures vivaces ou pérennes : luzerne, bleuetier, cerisier, vigne, fraisier, peuplier.

Recherche mondiale sur les arbres transgéniques

- Genres : *Betula*, *Carica*, *Castanea*, *Eucalyptus*, *Juglans*, *Liquidambar*, *Malus*, *Picea*, *Pinus*, *Populus*, *Prunus*.
- Caractères introduits dans le peuplier : tolérance aux herbicides (basta, sulfonylurée, glyphosate, gluphosinate), résistance aux lépidoptères, lignine altérée, stérilité mâle.
- Pays qui font de la recherche sur le genre *Populus* : Canada, États-Unis, France, Belgique, Royaume-Uni et Allemagne.

Transgenic Trees: Their place in the World

Workshop on Tree Biotechnology

Dr. Irene Hay, Post-Doctoral Researcher, Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre

Introduction

- benefits
- status
- risk assessment
- future

Transgenic trees: benefits

- discrete target gene insertion
- faster than conventional breeding
- genes from outside species
- improved resistance to stresses
- basic research - what can and cannot be done
- increased knowledge and technical capability fosters a dynamic industry

Transgenic trees: risk assessment

- The Canadian Food Inspection Agency (CFIA) - implements and enforces acts to ensure fair, efficient and consistent application
- assess new products for efficacy and safety, performance claims and quality (not usefulness)
- looks at product, not the process
- 2000 field releases since 1988
- field evaluation – plants with novel traits, trial site, purpose, requests/yr.
- 31 general releases, 9 registered as cultivars

Transgenic trees: risk assessment

Out-crossing - movement of genes

- potential effects on weediness, habitats, and bio-diversity
- Genetically modified organisms (GMOs) are not unique
- escaped domesticated crops are not a risk

Crop	Min. Distance	Post-harvest
corn	100 m	1 year
canola	200 m (b), 50 M (C)	2 years
alfalfa	300 m	3 years
poplar	10 m	5 years

Transgenic trees: benefits

- 1993 - 109 Canadian biotech companies in the agricultural field
- 28% of total number of biotech companies
- \$700 million in revenues, \$55 million from GOM

- world-wide market for genetically engineered seeds/plants/products estimated to be US\$2.1 billion by the year 2000
- Monsanto 1997: 19.3 million acres (5 countries)

Transgenic trees: risk assessment

- Regulatory Directive Dir 95-01: Field Testing Plants with Novel Traits in Canada
- Regulatory Directive Dir 94-08: Assessment Criteria for Determining Environmental Safety of PNTs
- 10-12 week review, familiarity/substantial equivalence
- isolation, post-harvest land use, disposal, inspections
- potential for weediness, gene flow, impact on non-target species, impact on bio-diversity, persistence in environment
- applications require information on plant life cycle, procedures used, site, management of site, contingency plans, gene products (determine if previously tested in Canada), gene map, vectors, gene stability and expression

Transgenic trees: poplar at Valcartier

- planted August 1997
 - *P. alba* x *grandidentata*, *P. deltoides* x *trichocarpa* (guard rows)
- 2 reporter genes (NPT and GUS)
- biweekly monitoring
- gene expression in leaves
- growth characteristics

Transgenic trees: other poplar trials in North America

- Tree Genetic Engineering Research Cooperative (TGERC) - field trials with transgenic hybrid lines expressing glyphosate tolerance and engineered sterility

Transgenic trees: future

- continued enlargement of database for risk assessment
- published reports of gene expression and tree performance in the field
- increase in number and types of genes available
- increase in number of commercial releases

Additional information

- www.cfia-acia.agr.ca
- www.oecd.org/ehs/service.htm
- The Forestry Chronicle, Mar/Apr 1998 74(2):203-219, T.J. Mullin and S. Bertrand

Transgenic trees: status

Field trials of PNTs in Canada

- traits: herbicide/insect/virus/fungal/stress resistance, nutritional change, modified oil composition, pharmaceutical, genetic research, male sterility/restoration
- annual crops: broccoli, barley, canola, corn, flax, oats, potato, soybean, sugar beet, tobacco, wheat
- perennial crops: alfalfa, blueberry, cherry, grapes, strawberries, poplar

Transgenic trees: world-wide transgenic tree research

- genus: *Betula*, *Carica*, *Castanea*, *Eucalyptus*, *Juglans*, *Liquidambar*, *Malus*, *Picea*, *Pinus*, *Populus*, *Prunus*
- traits introduced into poplar: herbicide tolerance (basta, sulfonyleurea, glyphosate, gluphosinate), lepidopteran resistance, altered lignin, male sterility
- countries active in poplar improvement: Canada, U.S., France, Belgium, United Kingdom, Germany.

Discussion sur les progrès, les défis, les objectifs et les priorités

Animatrice : Ariane Plourde, Ph.D., Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides

Ariane Plourde a d'abord résumé les communications précédentes portant sur la génétique et l'amélioration du peuplier et du tremble. Elle a affirmé que tous cherchaient à faire plus avec moins. Le texte qui suit résume ses commentaires :

Il y a plusieurs défis à relever concernant l'amélioration et la génétique du peuplier. Ils portent notamment sur les dégâts causés par les grosses tempêtes de verglas, le chancre septorien, le besoin de vision à long terme, la poursuite des programmes d'amélioration, les questions économiques, les mauvaises perceptions au sein de la population, la valeur ajoutée et le deuxième cycle de production. La sélection clonale devrait être faite sur une base régionale. Le contrôle des mauvaises herbes dans les plantations est une préoccupation majeure, tout comme l'utilisation des résidus comme fertilisant. Les considérations financières sont toujours présentes. Bon nombre de questions sont liées à l'approvisionnement, entre autres, les distances de transport de la ressource aux usines de transformation, la qualité de la fibre et les solutions de rechange à l'exploitation des forêts naturelles. L'augmentation de la productivité est une préoccupation partagée par tous les intervenants. Certains problèmes sont difficiles à résoudre, telles les diverses restrictions dont font l'objet les forêts publiques par opposition aux terres forestières privées.

Il faut faire des choix. Par exemple, après la récolte, il faut choisir entre reboiser les meilleurs emplacements pour produire la matière ligneuse ou procéder à la plantation de peupliers sur les sites moins fertiles. Les pressions du public peuvent influencer sur les choix, entre autres, sur celui de se concentrer sur le rendement des plantations ou sur la biodiversité du reboisement. Les efforts doivent-ils porter sur certaines zones d'approvisionnement en bois ou sur l'ensemble du territoire forestier?

Pour le tremble et ses hybrides, la qualité physiologique du matériel de pépinière a une importance prépondérante, et la bonne qualité est un préalable à l'établissement d'une plantation réussie. En Alberta, des entreprises s'attendent à ce que 15 % à 30 % de leur approvisionnement en bois provienne dans l'avenir des plantations.

Les étapes de sélection et d'amélioration des espèces, notamment du peuplier et du tremble, comprennent l'amélioration génétique intraspécifique, l'hybridation, le choix des clones, la génétique moléculaire et le génie génétique. L'hybridation procure des rendements supérieurs grâce habituellement à la combinaison des qualités du matériel hybride. Au cours des travaux d'amélioration, l'intégrité des zones d'amélioration (appelées aussi zones de rusticité) doit être préservée. À cet égard, une coopérative à l'échelle nationale pourrait s'avérer pratique.

Discussion

On croyait que l'aspect économique recevrait plus d'attention, mais très peu d'information a été fournie sur ce point. L'industrie voulait connaître le rendement espéré de l'investissement dans l'amélioration des arbres. Les coûts de la sylviculture sont approximativement de 2000 \$ à 3000 \$/ha. Par conséquent, lorsque le rendement est d'environ 200 m³/ha, on peut présumer un

investissement se chiffrant entre 10 \$ et 20 \$/m³. Un représentant de l'industrie a soutenu que l'industrie n'investit pas dans les plantations à croissance rapide sans faire au préalable des calculs économiques. La préservation de la productivité et de l'approvisionnement est essentielle aux yeux de l'industrie forestière alors que la disponibilité de la ressource dans les environs des usines continue de diminuer. L'accès aux territoires forestiers diminue également. Il faut donc élargir notre vision. L'objectif n'est pas de produire un arbre, mais de fournir à l'industrie un approvisionnement en bois de bonne qualité.

Un modèle économique général serait utile pourvu qu'il soit adaptable au matériel à planter et à l'entreprise, mais ce modèle est difficile à établir. Un autre problème se pose du fait qu'on n'utilise pas les mêmes clones qu'au début. Il vaut aussi la peine de faire remarquer qu'il n'y a pas vraiment de différences entre les clones sur le plan de la qualité du bois.

Par ailleurs, la direction des entreprises ne s'intéressera aux programmes d'amélioration génétique que si on lui dresse un portrait général des avantages économiques potentiels. Il faut que l'industrie puisse décider s'il vaut la peine d'investir dans la recherche et le développement. Toutefois, les modèles économiques peuvent présenter des risques et ne sont pas suffisants. En effet, nous avons aussi besoin d'une vision élargie et de réflexion plus poussée, car le coût d'une tonne de matière première n'est pas tout. Au moins une entreprise croit avoir amélioré son volume de production grâce à l'investissement dans un programme d'amélioration génétique.

Les peuplements naturels de peuplier faux-tremble donnent un rendement d'environ 1,5 à 2 m³/ha/année, tandis que les plantations procurent un rendement de l'ordre de 10 m³/ha/année et, après l'amélioration génétique, ce rendement peut aller jusqu'à 15 à 20 m³/ha/année. Les généticiens forestiers ont besoin d'objectifs quant au rendement, bien que des compromis puissent être nécessaires lorsque le développement de résistance aux maladies entraîne une réduction de la productivité. L'expérience agricole offre une grande source de connaissances à ce chapitre. De plus, il ne faut jamais oublier que les insectes peuvent évoluer comme les plantes et que l'utilisation d'un nombre de clones limité comporte toujours des risques.

Il y a des questions pratiques liées aux unités de mesures employées pour évaluer les programmes d'amélioration génétique. Par exemple, il serait préférable de mesurer le rendement du peuplier en tonnes anhydres plutôt qu'en mètres cubes, car la densité et la teneur en humidité ont tendance à varier grandement. La durée des rotations constitue une autre considération importante, de même que la densité des plantations. Une plus grande densité de plantation fournit l'occasion de pratiquer des coupes d'éclaircie, ce qui pourrait mener à un volume de production total supérieur.

On sent le besoin d'avoir une nomenclature commune des clones de peuplier. En Europe, les clones portent des noms de cultivar, une fois enregistrés auprès de la Commission internationale du peuplier. Au Québec, on se sert d'un système de numérotation, peut-être parce que de nouveaux clones ont été créés trop rapidement pour permettre la mise en place d'un système par noms. Seuls les clones les plus prometteurs pourront être enregistrés une fois leur évaluation terminée.

Les divers programmes d'amélioration du peuplier qui ont été poursuivis au Canada au cours des 30 dernières années ont permis d'acquérir une foule de connaissances sur les meilleurs hybrides. Il faudrait toutefois analyser et diffuser ces connaissances et cette information pour que d'autres

régions puissent en profiter et éviter la répétition des erreurs du passé. On pourrait commencer par répertorier tout le matériel qui existe présentement.

Il a été mentionné que l'Alberta-Pacific a un nouveau plan stratégique concernant son programme d'amélioration du peuplier. En effet, cette entreprise est en train d'élaborer un modèle dynamique qui tiendra compte des considérations économiques, mais mettra encore davantage l'accent sur l'amélioration génétique. La plantation de matériel amélioré est tout de même restreinte en Alberta, car ce matériel ne peut être planté que sur des terres privées. Les entreprises albertaines qui n'ont pas de terres privées à leur disposition restreignent donc leurs activités au peuplier faux-tremble.

Étant donné les étapes que comporte un programme d'amélioration génétique, soit la sélection clonale, l'hybridation, l'amélioration génétique intraspécifique, la génétique moléculaire et le génie génétique, on peut se demander à quelle étape il vaut mieux intégrer les travaux de génétique moléculaire et de transformation génétique. Par la sélection clonale, des clones très résistants mais par ailleurs inférieurs peuvent être éliminés à la première étape, malgré le fait qu'ils pourraient ultérieurement s'avérer le meilleur matériel pour le génie génétique. Nous sommes encore loin d'avoir développé l'arbre idéal par le génie génétique.

Discussion on Progress, Challenges, Objectives and Priorities

Animator: Dr. Ariane Plourde, Canadian Forest Service, Laurentian Forest Centre

Ariane Plourde first presented a summary of the preceding presentations dealing with poplar and aspen genetics and breeding. She said that a primary concern of everyone is to do more with less. The following is a summary of her comments:

There are many challenges to be faced in poplar breeding and genetics. These include the impact of major ice storms, Septoria canker, the need for vision, continuity of breeding programs, economics, public misperceptions, adding value, and the second rotation. Clonal selection must be done on a regional basis. Vegetation control is a major concern, as are bioresidues. Financial considerations are always present. Many issues are related to supply, including transportation distances to conversion plants, fibre quality and finding alternatives to natural forests. Increasing productivity is of universal concern. Some problems are difficult to resolve, such as the varying restrictions associated with public as opposed to private land.

Choices have to be made. When establishing new forests after harvesting, the choice is between focussing on the best sites, or trying to establish poplars on marginal sites. Public pressures may influence the choices, such as whether to focus on performance in plantations, or biodiversity in reforestation. Should efforts be concentrated on specific timber supply areas or be evenly applied over the total land area?

For aspen and hybrid aspen, the physiological quality of nursery material is of paramount concern, and good quality is a prerequisite for successful plantation establishment. In Alberta, some companies expect 15-30% of future wood supply to come from such plantations.

Steps in the selection and improvement of tree species such as poplar and aspen include clonal selection, hybridization, intraspecific genetic improvement, molecular genetics and genetic engineering. Through hybridization, higher yields are expected to result from the combination of qualities of the hybridized material. In breeding work, the integrity of breeding zones (also known as plant hardiness zones) needs to be preserved. Thus, a country-wide cooperative might prove practical.

Discussion

It was thought that economics needed to be given more consideration, but little information had been provided on this issue. Industry representatives wanted to know what the pay-back might be from investment in tree breeding. Silvicultural costs are about \$2000-3000/ha, and if production is about 200 m³/ha, then one can assume an investment of about \$10-20/m³. One industry representative responded that industry does not invest in fast growing plantations without doing economic calculations. The preservation of productivity and supply are essential for industrial plants and yet the availability of wood supply around plants continues to decrease. Access to forest land is also decreasing. There is a need for a wider vision. The objective is not to make a tree, but to provide wood supply of appropriate quality to industrial plants.

A general economic model would be useful if it could be adapted according to the planting material and the company, but it is difficult to find such a model. Another problem is that planting programs do not continue to use the same clones they planted at the beginning of the program. It is also worth noting that there are no real differences between clones in terms of wood quality.

On the other hand, a general picture of the economic benefits of breeding programs is needed in order to persuade corporate management. Industry needs to decide whether it is worthwhile investing in research and development. There can be dangers, however, with economic models. What is also needed is vision and forward thinking. Cost/tonne is not everything. At least one company felt that it now has better volume production, following investment in a breeding program, than it did previously.

With natural poplar stands, yields of about 1.5 – 2 m³/ha/year can be obtained. In plantations, yields increase to about 10 m³/ha/year, and after tree improvement, to as much as 15-20 m³/ha/year. Tree breeders need to have targets. Compromises may be required, as when developing resistance to disease means a reduction in productivity. Much can be learned from agricultural experience. It also needs to be remembered that pests can evolve as well as plants. Using a limited number of clones is always risky.

There are practical questions related to units of measure used in evaluating breeding programs. It would be better to discuss poplar yields in terms of oven-dry tonnes rather than cubic metres, because density and moisture content tend to vary greatly. Length of rotation is another important consideration, as is the density of plantations. A greater planting density provides opportunities for thinning, which could lead to better total volume production.

A need was seen for a common nomenclature for poplar clones. In Europe, clones are given 'names' after being registered with the International Poplar Commission. In Québec, a clone numbering system is used, perhaps because new clones have been created too quickly for a 'name' system to keep up. Promising clones must be subjected to a series of evaluations and, depending on the results, they may then be registered.

Through the several different poplar breeding programs which have been pursued in Canada over the last 30 years, much knowledge has been accumulated about the best hybrids. Analysis and dissemination of this knowledge and information are needed so that other regions might be helped to avoid repeating previous mistakes. A first step towards this would be to obtain a good inventory of the presently available material.

It was pointed out that Alberta-Pacific has a new strategic plan for its poplar improvement program. A dynamic model is being developed that will include economic considerations, but will put more emphasis on tree improvement. There are limits to where improved material can be planted in Alberta. It can only be on private land, and since some Alberta companies do not have private land available, they confine their activities to pure aspen.

Considering the four steps outlined for a breeding program - clonal selection, hybridization, intraspecific genetic improvement, and molecular genetics and genetic engineering – it is perhaps difficult to see where best to incorporate molecular genetics and genetic engineering.

Through clonal selection, some very resistant (but otherwise inferior) clones might be eliminated at the first step, despite the fact that they might ultimately prove the best material for genetic engineering. It was noted that in genetic engineering, only a single gene is added at a time. We are still far from having developed the ideal tree through genetic engineering.

Résumé des ateliers

Animateur : Pierre Périnet, ministère des Ressources naturelles du Québec

Le peuplier apparaît comme un arbre cible pour la transformation génétique aux yeux de tous les intervenants. Plusieurs avantages peuvent découler des travaux de recherche en biotechnologie, pourvu cependant que nous nous y mettions dès maintenant.

La prochaine étape pourrait être la tenue d'une conférence scientifique à laquelle participeraient tous les organismes de recherche intéressés à la biotechnologie du peuplier. Ce groupe commencerait à travailler à l'établissement d'une coopérative en élaborant une proposition et en cherchant à établir un consensus. Cette étape une fois franchie, il serait plus facile d'obtenir la participation de l'industrie.

Il est proposé de recommander au Service canadien des forêts d'établir une participation financière égale de l'industrie et des provinces. Ce financement faciliterait le testage de nouveaux clones et assurerait les liens entre les chercheurs ainsi qu'entre les différents programmes d'amélioration génétique. Cette recommandation pourrait paraître dans la publication des actes du congrès.

Les tests clonaux effectués dans la région de Cornwall en Ontario sont éloquentes quant aux avantages potentiels que présente le génie génétique pour l'amélioration de la résistance du peuplier aux maladies. Il y a plusieurs clones *deltoïdes x nigra* dans cette région, de même que des *deltoïdes x maximowiczii*. Ces derniers se développent très bien et sont supérieurs aux *deltoïdes x nigra*, mais ils sont cependant beaucoup atteints par le chancre septorien. On avait cru que la technologie AMP pourrait résoudre en partie ce problème, mais il semble que ce ne soit pas le cas. Un autre exemple de maladie est mentionné au Québec, où des croisements de *deltoïdes x balsamifera* sont très sensibles à la rouille du peuplier (*Melampsora*) même si les deux espèces parentales sont résistantes.

On se demande si l'introduction de peuplier hybride ou transgénique dans la forêt naturelle inquiète les chercheurs et la population en général. Cette question ne peut être évitée : il faut y répondre clairement et fournir les efforts nécessaires à la promotion de l'amélioration génétique. Les risques doivent être évalués et documentés. Cette question est, à plusieurs égards, semblable à celle des coupes à blanc : une information crédible et convaincante doit être fournie.

Il serait bon de continuer à améliorer le peuplier de façon conventionnelle. Les arbres transgéniques peuvent être résistants à une maladie particulière, mais, en même temps, susceptibles d'être fortement attaqués par les insectes. Ils ont fait l'objet de nombreux essais, mais il faut poursuivre leur évaluation. Les essais doivent porter sur l'ensemble des gènes insérés et ne pas se limiter à l'expérimentation *in vitro*. L'incidence des maladies cryptogamiques est un aspect préoccupant. Selon certains intervenants, il faut maintenir un équilibre entre les techniques d'amélioration traditionnelles et de pointe, de même que tenir compte de la qualité de vie de l'ensemble.

La biotechnologie des arbres recèle encore bien des inconnus et il n'est pas toujours facile d'aller de l'avant. Sur le plan des pratiques de gestion, on doit prendre conscience qu'au plus 10 % des gains sont acquis par la transgénèse. Pour pouvoir évaluer les risques que peuvent présenter les produits transgéniques, l'Agence canadienne d'inspection des aliments exige des documents sur

la biologie de tous les organismes vivants concernés, ainsi que la prise en considération du contexte biologique global.

L'information abondante offerte au cours du congrès a ouvert la porte d'un nouveau monde fascinant. Toutefois, des questions se posent quant à savoir ce que nous allons faire à compter de maintenant. Il semble d'abord nécessaire de réunir les promoteurs de la technologie et les utilisateurs potentiels pour justement explorer les avenues qui s'offrent et travailler à surmonter le scepticisme. Peu importe l'orientation prise, il sera important d'assurer une utilisation sans risques des produits issus de la technologie.

En Belgique, le peuplier occupe 5 % du territoire forestier, mais 20 % de la production de bois de ce pays proviennent du peuplier hybride, ce qui indique que la productivité de ce dernier est de beaucoup supérieure à celle de la forêt naturelle. Il a été proposé de zoner le territoire forestier. Dans le cadre des programmes de reboisement, des arbres améliorés à partir de matériel génétiquement modifié d'une façon ou d'une autre et provenant des pépinières provinciales sont déjà plantés en forêt naturelle. Aucune inquiétude réelle n'a été manifestée à cet égard, et, dans le cas du Québec du moins, le matériel amélioré ne représenterait qu'une goutte dans l'océan, même au maximum de la régénération artificielle envisagée. Les peupliers devraient être plantés près des usines des entreprises forestières.

La culture du peuplier ne devrait pas être assimilée à la foresterie, car elle s'apparente aux cultures agricoles et peut profiter des règles appliquées à l'agriculture. Il existe des fonds industriels pour la recherche et le développement, mais uniquement pour la recherche clairement ciblée et non pour la cause de la science. Au Brésil, les usines modernes de transformation du bois n'utilisent pas la fibre vierge de la forêt naturelle : toute leur matière première provient de plantations.

On accorde beaucoup d'importance aux clones, de même qu'à la meilleure combinaison clone, site de plantation et technologie. Cependant, on se demande si les sites peuvent supporter plusieurs rotations de suite sans apport de matière organique ou de fertilisant. Par ailleurs, il y a des stratégies de gestion de la productivité des sols qui prévoient le retour d'éléments nutritifs par l'épandage des biosolides notamment. Les exigences nutritionnelles des différents clones sont maintenant assez bien connues. Le populetum de Matane est un exemple. Il a été établi sur un emplacement acide typique de la sapinière à bouleau jaune. Après cinq ans, les conditions du sol et du site s'étaient améliorées, car le peuplier recycle rapidement les éléments nutritifs. En Europe, où on recycle les résidus et les biosolides, trois cycles successifs de peupliers ont été cultivés. Les technologies traditionnelles sont encore nécessaires à l'amélioration de la productivité, notamment le besoin d'investir dans la machinerie adaptée à la populiculture.

La stratégie canadienne en matière de biotechnologie fait présentement l'objet de discussions. Le secteur forestier est un élément important de cette stratégie, mais il n'est pas certain qu'il participe à ces discussions. Le Canada possède une expertise unique en matière de biotechnologie des arbres, mais cette expertise est loin d'être complètement exploitée. Il faut prendre la bonne orientation.

Wrap-up of workshops

Animator: Pierre Périnet, ministère des Ressources naturelles du Québec

Poplar is seen as a target tree, and many benefits can be derived ultimately from working with poplar, provided we start right now.

The next step might be to hold a scientific meeting, involving all the research organizations interested in poplar biotechnology. This group would start to work towards the establishment of a cooperative. A proposal would be developed and consensus sought. This would make it easier for industrial participation.

A proposal was made to recommend to the Canadian Forest Service that a system of matching funds be established for industry and the provinces. This would facilitate the testing of new clones, and ensure links between breeding programs and researchers. Such a recommendation could be included in the published proceedings of the meeting.

A visit to clonal tests in the Cornwall, Ontario area provided an example of the potential benefits of genetic engineering in relation to improving resistance to disease. There are several *deltoides x nigra* clones in this area, as well as some *deltoides x maximowiczii*. The latter shows very good development and is superior to *deltoides x nigra* but these clones suffer badly from *Septoria*. It was thought that AMP technology could help in this instance. Another example of the same problem was mentioned by participants from Québec, where there are crosses of *deltoides x balsamifera* which are very susceptible to *Melampsora* although both parent species are resistant.

The question was raised as to whether there were any concerns on the part of researchers or the general public that the use of hybrids or transgenics introduces exotic material into the natural forest. The response was that this issue cannot be ignored and that we need to provide clear explanations and take the lead in promotional efforts. Risks should be documented and evaluated. In its treatment, the issue is in many ways similar to that of clearcutting. Good information must be provided.

A preference was expressed for continuing to work with conventional breeding. Transgenic trees might have resistance to one particular disease, but the same material might also prove very susceptible to insect attack. Many tests have been conducted with transgenics and more are required. The tests should look at the total impact of inserted genes and not be confined to in vitro situations. One specific area of concern is mycological impact. Some thought that there needs to be a balance between traditional and advanced breeding techniques, and some consideration should be given to overall quality of life.

There are still many unknowns in the field of tree biotechnology and the way forward is not always easy. In terms of management practices, it should be realized that at most only 10% gains are likely from transgenics. In terms of risk assessment for transgenics, the CFIA requires documentation on the biology of all organisms involved, as well as consideration of the global biological context.

It was felt that a great deal of information had been provided during the meeting, which had

opened the door to an exciting new world. However, there was some question about where we go from this point. For a start, it seemed necessary to bring together the developers of the technology and the potential users to explore what specifically might be done next and to help overcome some of the scepticism. Whatever direction was taken, it would be important to ensure that the products of the technology could be used safely.

It was pointed out that in Belgium, poplar occupies 5% of the forest area, but hybrid poplar accounts for 20% of Belgian wood production, indicating that its productivity is much better than that of the natural forest. Zoning of the forest area was suggested. Improved trees from material that has been genetically modified in some way are already planted widely in the natural forest as products of provincial nurseries and reforestation programs. No real concerns have been raised about this, and, in the case of Québec at least, even at the maximum scale foreseen for artificial regeneration, the modified material would only represent a drop in the ocean. Poplars should be planted close to mills.

The view was expressed that growing poplars should not be confused with forestry. It is much more akin to agriculture and can benefit from application of agricultural rules. Industrial funds are available for research and development, but for research that is clearly focussed, not “science for the sake of science.” The example was cited of modern wood conversion plants in Brazil, which use no virgin fibre from the natural forest but receive all their wood supply from plantations.

Much importance is attached to clones and to finding the best combination of clone, site and technology. However, concerns were raised about whether sites can support second rotations of poplar since the first rotation is such a drain on the site and soil. On the other hand, it was pointed out that strategies exist to manage site and soil productivity so that nutrients are returned to the site, for example through spreading biosolids. Much is also known about the nutrient requirements of different clones. The example of the populetum in Matane was quoted. This was established on an acid site that had formerly supported yellow birch and balsam fir. After five years, soil and site conditions had been improved because poplars recycle nutrients fast. It was also noted that in Europe, where recycling of residues and biosolids is practised, three successive rotations of poplars have been grown.

It was felt that investment in traditional technologies is still required in order to improve productivity. This includes the need for more machines.

It was noted that the Canadian biotechnology strategy is currently under discussion. The forest sector is an important component of the strategy, but it is not clear that the sector is “on board.” Canada has unique expertise in tree biotechnology, but it is a long way yet from being fully utilized. Thus, we need to move in the right direction.

.....

Résumé de l'Assemblée générale des membres du Conseil du peuplier du Canada

John Doornbos, président, Conseil du peuplier du Canada

Deux faits techniques majeurs ont été soulignés à l'Assemblée générale des membres du Conseil du peuplier du Canada. D'abord le désir clairement exprimé de disposer d'un modèle économique général sur la culture du peuplier. Le Conseil a donc l'intention d'examiner les modèles existants et de mettre cette information à la disposition des intéressés. Deuxièmement, le besoin d'un registre canadien du matériel clonal de peuplier. En conséquence, le Conseil veut vérifier l'état d'un projet ENFOR du Service canadien des forêts qui avait pour objectif de réviser ce matériel, du moins pour l'Ontario. Il va aussi s'informer de ce qui peut être fait en plus. Cependant, l'établissement d'un registre national complet ne peut être du seul ressort du Conseil du peuplier.

Le congrès annuel 1999 du Conseil du peuplier du Canada sera tenu en Alberta conjointement avec la Western Boreal Aspen Cooperative.

Il est question que se tienne une séance complète de la Commission internationale du peuplier sur la côte nord-ouest des États-Unis en l'an 2000. Cette séance comporterait des visites guidées au Canada et l'événement serait conjointement organisé par le Canada et les États-Unis.

En terminant, le président du Conseil du peuplier a remercié sincèrement tous les conférenciers de leurs communications intéressantes et instructives, ainsi que le comité organisateur local qui a su organiser avec beaucoup d'efficacité un excellent congrès.

•
•
•
•
•
•
•
•
•
•

Summary of the Poplar Council of Canada Business Meeting

John Doornbos, Chair, Poplar Council of Canada

Two major technical highlights of the business meeting were mentioned. A desire was expressed for a general economic model for poplar culture. The Poplar Council intends to explore what is available in existing models and to make this information available. The need for a register of poplar clonal material in Canada was identified. The Poplar Council intends to check on the status of a Canadian Forest Service ENFOR project which was reviewing such material, at least for Ontario. It will also investigate what else might be done. However, the compilation of a complete national register was felt to be beyond the scope of the Poplar Council alone.

The 1999 Annual Meeting of the Poplar Council is likely to be held in Alberta in conjunction with the Western Boreal Aspen Cooperative (WBAC).

There is a proposal to hold a full session of the International Poplar Commission in the year 2000 in the Pacific Northwest of the United States with field tours in Canada. Hosting the event would be a joint Canadian-US effort.

In conclusion, the chair of the Poplar Council expressed sincere appreciation to all the speakers for their interesting and informative presentations and to the local organizing committee for efficiently arranging an excellent meeting.