



Élaboration d'un programme de
réintroduction du pin blanc pour
la région du Bas-Saint-Laurent

Rapport de la phase I
PMVRMF (01-01-128)

Pierre Belleau
Stéphanie Rioux
Mike Roy

Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent

avril 2002



CONSEILLERS SCIENTIFIQUES

Jean Bérubé : Centre de foresterie des Laurentides, Service canadien des forêts

Jean-Yves Blanchette : Faculté de foresterie, Université de Moncton

Gaëtan Daoust : Centre de foresterie des Laurentides, Service canadien des forêts

Gaston Laflamme : Centre de foresterie des Laurentides, Service canadien des forêts

Robert Lavallée : Centre de foresterie des Laurentides, Service canadien des forêts

Guy Prigent : Direction de la recherche, Ministère des ressources naturelles du Québec



TABLE DES MATIÈRES

Introduction	4
Objectifs de la première phase	5
Aire et facteurs de distribution	6
Ravageurs du pin blanc	7
Matériel et méthode.....	11
Résultats et discussion	16
Conclusion et recommandations.....	21
Bibliographie	

Le pin blanc est un arbre d'une grande valeur tant du point de vue écologique, économique qu'esthétique. On estime à environ 3,4 milliards de mètres cubes, le volume contenu dans les peuplements qui étaient sur pied au moment de la colonisation dans l'est de l'Amérique du Nord (Wendel et Smith 2000). À la fin des années 1800, la plupart de ces vastes étendues avaient été récoltées. On imagine difficilement à quoi pouvait ressembler ces forêts de pins blancs âgés de 300 à 400 ans avec un tronc de plus de 2 mètres de diamètre. Il ne fait aucun doute que cette essence a fortement contribué au développement économique de plusieurs collectivités comme en témoignent divers documents d'époque (Langelier 1884). Dans la région du Bas-Saint-Laurent, comme partout ailleurs en province, l'attrait pour le pin blanc a conduit à sa surexploitation, de sorte qu'aujourd'hui les effectifs sont très bas.

La disparition du pin blanc dans le Bas-Saint-Laurent mène à un appauvrissement important de la diversité biologique de nos écosystèmes forestiers. La forte demande pour cette essence et sa croissance rapide en font pourtant un choix des plus pertinents au plan économique et forestier. Le pin blanc nécessite soins et attentions au cours des premières années de son existence en milieu naturel, pour lui permettre de surmonter l'attaque des ravageurs. Les pertes attribuables à la rouille vésiculeuse et au charançon du pin blanc au cours des dernières décennies expliquent qu'on hésite à le reboiser sur une grande échelle présentement. Le contexte actuel est très différent d'autrefois et il est peu pensable de recréer des conditions similaires.

La Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent est engagée dans la recherche de solutions durables pour le bien-être des communautés dépendantes de la forêt. Dans cette optique, elle a décidé d'être le porteur d'une initiative visant à réintroduire le pin blanc dans la région. Selon que l'objectif est économique ou écosystémique, les moyens seront adaptés à la situation alliant plantations pures et reboisement clairsemé. Le cheminement a été déterminé sur la base des recommandations émises par le groupe de scientifiques auquel la Forêt modèle s'est associé dès l'émergence du projet. Suite aux discussions, il a été convenu de scinder la programmation prévue en deux phases. La première, celle qui fait l'objet du présent rapport, consiste en une activité de reconnaissance à la grandeur du Bas-Saint-Laurent. La seconde sera vraisemblablement réalisée au cours de la saison 2002-2003. Elle devrait comporter un nouvel inventaire et être axée sur l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan d'action pour réintroduire le pin blanc. Le défi est particulier puisqu'il nous faut identifier une stratégie et coordonner des actions qui parviennent à contrecarrer les deux principaux agents nuisibles.

Dans le rapport qui suit nous avons offert l'opportunité au lecteur de se remémorer les grandes lignes entourant la problématique du pin blanc au Québec et dans la région, à l'aide d'un résumé qui décrit pour chacun des principaux ravageurs, les caractéristiques écologiques de l'espèce, les moyens de contrôle et les recherches qui sont en cours. Nous abordons par la suite la première étape du projet, soit l'inventaire qui a été complété en 2001-2002, dont on présente la méthode et les résultats. Des recommandations sont enfin émises concernant la poursuite du projet.



OBJECTIFS DE LA PREMIÈRE PHASE

Conformément à la proposition déposée en avril 2001, quatre objectifs étaient au menu de la première phase du projet de réintroduction du pin blanc dans le Bas-Saint-Laurent. C'est par un inventaire dans les plantations que l'on prévoyait y répondre.

1. Faire un bilan des plantations de pin blanc (état de santé, qualité, potentiel);
2. Vérifier les hypothèses sylvicoles retenues lors du reboisement;
3. Fournir des données de base pour déterminer l'échantillonnage de la deuxième phase;
4. Définir des objectifs quantifiables au programme de réintroduction (abondance et distribution).



La distribution du pin blanc est largement régie par la longueur de la saison de croissance. Au nord, sa limite suit l'isotherme de 2°C de température moyenne annuelle. On retrouve cette essence dans la plupart des états américains et il en existe même des variétés au Mexique. À l'intérieur de cette zone, le climat est frais et humide, et la température en juillet oscille entre 18°C et 23°C (Wendel et Smith 2000).

Selon Horton et Brown (1960), sa répartition actuelle serait davantage le résultat du passage des feux de forêts que des caractéristiques climatiques ou édaphiques au sein de son aire de distribution potentielle. En fait, le pin blanc est classé comme essence pyricole ce qui signifie qu'elle est adaptée aux conditions créées par le feu (Vachon 1980). Le pin blanc jouerait lui-même un rôle sur la fréquence des feux par la haute combustibilité de son écorce. Le déclin du pin blanc dans l'Est du Canada selon Maissurrow (dans Petitclerc 1974) serait imputable non pas à l'exploitation mais au manque de synchronisme entre la production de semences et la venue des feux, ce qui aurait mené à l'élimination des graines. Quoiqu'il en soit, les quelques cartes qui ont été consultées (Horton et Brown 1960, Lavallée 1973, Stiell 1985, Clark et Perera 1995) et qui précisent les limites de l'aire de distribution du pin blanc englobent toutes, sans exception, la région du Bas-Saint-Laurent.

Difficile de se prononcer cependant quant à son abondance dans le paysage forestier régional d'antan. Au Québec, les plus grands massifs étaient localisés dans la portion ouest de la province. Nous attendons impatiemment les résultats de l'étude du régime de perturbation naturelles des forêts mixtes, à laquelle la Forêt modèle contribuera financièrement pour une quatrième année consécutive en 2002, et qui devrait décrire la composition de nos forêts ancestrales. Certaines de ces données sont traitées et compilées présentement.



On dénombre 277 espèces d'insectes et 110 différentes maladies susceptibles d'affecter le pin blanc, sans compter les problèmes de broutage par le chevreuil assez répandus semble-t-il aux États-Unis. Mais parmi ces agents quelques-uns sont particulièrement à redouter. Il s'agit de la rouille vésiculeuse, du charançon du pin blanc et dans une moindre mesure, de l'armillaire.

Rouille vésiculeuse (Cronartium ribicola)

L'agent responsable de cette maladie est un champignon originaire d'Asie, introduit au début du 20^{ème} siècle. Au Québec, les premières observations remontent à 1916. La rouille vésiculeuse s'étend aujourd'hui à la totalité de l'aire de distribution du pin blanc.

Le cycle de la rouille est très complexe. Il fait intervenir un hôte principal, en l'occurrence le pin blanc, et un hôte intermédiaire appartenant au genre *Ribes* (gadelliers et groseilliers). Tous les pins à faisceau de 5 aiguilles sont sensibles à cette infection. La maladie pénètre d'abord par les aiguilles et progresse vers les branches pour atteindre enfin le tronc. Des fructifications de couleur orangée apparaissent au bout d'un certain temps. Elles sont facilement détectables au printemps. Le feuillage situé en haut de la partie infectée jaunit rapidement. En l'espace de 3 ans, la maladie peut entraîner la mort de sujets de moins de 15 cm de diamètre au collet, par annelage. Les individus de tout âge sont à risque bien que la majorité des victimes aient moins de 25 ans. Même si l'arbre est récolté avant sa mort, la présence d'un chancre au tronc diminue la qualité du produit.

Une stratégie efficace pour lutter contre la rouille vésiculeuse doit combiner une série de mesures, certaines préventives d'autres curatives. En tout premier lieu, il s'agit de sélectionner adéquatement l'emplacement de la plantation : zone de distribution naturelle du pin blanc, altitude inférieure à 300 m, humidité relative faible, haut de pente, bon drainage, absence de *Ribes*. Des inspections doivent être réalisées afin de détecter la présence du chancre. Leur fréquence est variable mais règle générale elles devraient survenir à tous les 2 ou 3 ans et ce jusqu'à l'âge de 15 à 20 ans. On peut prévenir la mortalité en élaguant la moitié inférieure du houppier vers l'âge de 8 ans. On élimine de cette façon les parties affectées et les tiges malades. L'éradication du *Ribes* dans un rayon de 300 m peut aussi être pratiquée, mais cette opération, comme l'entretien sanitaire, n'est vraiment envisageable que sur des superficies relativement petites comme en forêt privée.

Plusieurs solutions pour réduire la vulnérabilité des plantations font actuellement l'objet de recherches. L'une de celles-ci est une méthode de biocontrôle procédant par l'inoculation de champignons sur les semis de pin blanc. Une plantation expérimentale de ce genre a été mise en place à l'été 2000 sur le territoire de l'Est du Lac Témiscouata par le chercheur Jean Bérubé du Centre de Foresterie des Laurentides, avec la collaboration de la Forêt modèle. La sélection de lignées de pins résistants à la rouille et offrant une meilleure croissance est une autre voie d'avenir. Des tests de descendances visant à cibler des arbres-plus sont en cours sur le territoire de deux métairies de la Forêt modèle. Ces travaux d'amélioration génétique sont sous la supervision de Gaëtan Daoust du CFL. Il n'y a pas que les pins qui attirent l'attention des généticiens. On travaille aussi à mettre au point des souches résistantes de *Ribes* offrant des caractéristiques intéressantes en regard de la rouille vésiculeuse de manière à approvisionner les plantations commerciales de petits fruits (Zambino 2000). Des études concernant l'élagage se poursuivent enfin dans le but de définir les modalités d'application pour une plus grande efficacité.

Des modèles d'aide à la décision sont aussi en développement. Ils ont pour but d'aider le sylviculteur à sélectionner les sites les plus avantageux lors du reboisement. Cette approche nécessite une compréhension presque parfaite du comportement de la maladie et des facteurs qui l'influencent, ce à quoi contribuera la présente étude. À cet égard, des variations peuvent être observées régionalement ce qui explique qu'on doive investiguer avant d'émettre des recommandations pour définir un programme de réintroduction. Il n'existe pas pour l'instant de directives très nettes quant aux prescriptions de reboisement. Certaines études optent pour une forte densité de tiges, d'autres pour un reboisement sous couvert ou encore pour la mixité. La recherche des meilleures options sylvicoles représentera l'une des principales orientations de la seconde phase de notre projet comme s'y consacrent déjà quelques initiatives aux États-Unis (Ostry 2000)

Charançon du pin blanc (Pissodes strobi [Peck])

Le charançon du pin blanc est un insecte indigène. Il attaquerait jusqu'à une vingtaine d'espèces d'arbre aux États-Unis incluant les arbres ornementaux, et parmi cette liste le pin blanc se positionne aux premières loges. On le retrouve partout dans l'Est de l'Amérique du Nord sur toute l'aire de répartition de cette essence. Au Québec, on a pu vérifier que le pin blanc est l'espèce favorite du charançon en Montérégie, dans Lanaudière et dans les Laurentides. En plus de la perte de valeur consécutive à la déformation des tiges, cet agent entrave de façon significative leur croissance.

L'insecte adulte, qui passe l'hiver dans la litière à proximité d'un hôte, gagne au printemps la pousse terminale dont il se nourrit. Après accouplement, la femelle pond ses œufs sur la partie supérieure de la pousse, que parfois plus d'une femelle occupe. Les larves issues de ces œufs se nourriront de l'écorce interne durant toute la durée du stade larvaire, ce qui entraînera la mort de la pousse terminale et dans certains cas des bourgeons latéraux. Plus d'un verticille peut être attaqué l'année courante. En forêt naturelle, les charançons s'en prennent au pin blanc sans discerner la taille et on rapporte que des individus de plus de 25 m de hauteur auraient été la cible d'attaques. En fait, les charançons réagissent à des stimuli sensoriels provoqués par leur environnement extérieur (Boulet 1995).

Pour venir à bout du charançon, tout comme pour la rouille, une approche qui permettrait de combiner plusieurs tactiques à la fois semble la formule la plus appropriée. C'est du moins ce que suggèrent certains chercheurs à l'ouest du pays impliqués dans le développement de systèmes d'aménagement intégré des ravageurs pour sauvegarder l'épinette de Sitka (Alfaro et al 1995). Ces systèmes tiennent compte des conditions du site, des traitements sylvicoles, de la résistance génétique des plants et bien sûr des méthodes de contrôle plus directes. Mais ce genre d'outils n'est pas encore disponible pour nos conditions ni non plus pour solutionner le problème spécifique au pin blanc.

Le traitement de contrôle le plus simple et le plus efficace pour le pin blanc consiste à tailler et à éliminer les pousses affectées, l'objectif étant de produire au moins une bille de sciage. Mais l'intervention ne sera vraiment couronnée de succès qu'à condition de faire coïncider le moment de l'intervention avec la période où la majorité de la population est encore sous l'écorce, ce qui survient vers la mi-juillet. Les spécialistes proposent un indicateur phénologique pour déterminer la période idéale et il s'agit du début de la maturation des framboises sauvages. On rabat alors la pousse affectée jusqu'au verticille inférieur. La compétition entre les pousses latérales pour s'approprier la dominance apicale est source de déformation. On remédie à la situation dès l'année suivante au moyen d'une taille sélective. Lorsque la plantation a atteint une quinzaine d'année, la surveillance et la taille deviennent difficiles. Il importe donc de maintenir les populations à un bas niveau durant les premières années d'existence de la plantation et c'est habituellement vers l'âge de 5 à 6 ans que les premiers signes d'infestation apparaissent. Le charançon progresse rapidement et déjà lorsque 20% des tiges sont affectées, la situation peut être qualifiée d'incontrôlable.

Du côté de la sylviculture, on propose des plantations très denses avec des espacements de 2,5 m ou moins et de conserver à l'étage supérieur des arbres dominants avec de larges cimes. L'entretien et les éclaircies devraient être retardés le plus possible.

Au moment de choisir un emplacement pour installer une plantation, certaines précautions peuvent contribuer à réduire les risques d'une épidémie. On a en fait observé que les sites sur sols lourds et à mauvais drainage sont à éviter ainsi que les lisières boisées. Boulet (1995) a subdivisé le Québec en 5 zones de susceptibilité aux infestations par le charançon qui prennent en compte la probabilité d'une attaque. Généralement, les dégâts surviennent d'autant plus tôt dans la vie du peuplement que les risques d'attaque sont élevés. Dans la vallée du St-Laurent le risque est plus grand aux contreforts des Appalaches. La majeure partie du Bas-Saint-Laurent appartient à la zone de risque modéré où la proportion de plantations « charançonnées » varie entre 21,1 % et 40,0 %.

Au Québec, les recherches concernant le charançon du pin blanc sont principalement orientées vers une meilleure compréhension des facteurs qui stimulent la ponte en vue de la sélection d'un matériel résistant. On remarque que l'attrait pour le pin blanc est très variable selon la famille à laquelle l'insecte est soumis. Ces variations de son comportement laissent entrevoir d'intéressantes perspectives dans le domaine du contrôle. Entre-temps, il faut maintenir les efforts afin de déterminer la période la plus propice pour appliquer les méthodes de contrôle connues, avec une efficacité maximale, paramètre qui est propre à chaque région touchée. La présente étude devrait apporter des éléments de réponse à ce sujet.

Population

D'entrée de jeu, nous avons entrepris de dresser une liste complète des plantations de pin blanc présentes dans la région du Bas-Saint-Laurent. Pour réaliser cet exercice, nous avons eu recours à des données forestières et administratives provenant de trois sources différentes. Tout d'abord, la base de données du programme de développement forestier du plan de l'Est a été récupérée et réactivée par le groupe de consultants SYGIF à la demande de la Forêt Modèle du Bas-Saint-Laurent. De même, d'autres informations d'ordre technique, décrivant cette fois les travaux réalisés chez les propriétaires regroupés du programme d'aménagement des forêts privées, ont pu être obtenues auprès du bureau régional du ministère des Ressources Naturelles (MRN) du Québec, sous réserve d'en respecter le caractère confidentiel. On a aussi interrogé une couverture numérique regroupant toutes les interventions forestières réalisées entre 1990 et 1997 sur le territoire du Groupement forestier de l'Est du lac Témiscouata. Celle-ci a été produite par la Forêt modèle pour le suivi de ses indicateurs de performance. Ces trois banques de données ne décrivaient pas les prescriptions de plantation au moyen des mêmes champs. Par ailleurs, l'enregistrement d'une même plantation n'était pas exclusif à une seule banque.

Grâce à ces renseignements, on évalue le nombre de plantations de pin blanc sur le territoire qui s'étend de Kamouraska jusqu'à Matane à un peu plus de 950, toutes catégories confondues (pures et mixtes). Cette statistique inclut les cas, quoique peu fréquents, où une même plantation a été enregistrée sous plusieurs numéros de prescription étant donné les provenances variées du pin blanc la composant. On possède une information suffisamment détaillée pour environ la moitié de cette population, ce qui permet de décrire la répartition des plantations du point de vue de la proportion de pin blanc. Ainsi, on peut affirmer que sur un groupe de 10 plantations : 1 est pure, 7 sont mixtes [entre 5% à 95% de pin blanc] et 2 ne comptent que des traces de cette essence. Près de 60 % des plantations sont par ailleurs regroupées dans la partie ouest du territoire du Bas-Saint-Laurent.

Entre 1976 et 1987, le reboisement du pin blanc était réalisé à la fréquence de 4 plantations en moyenne annuellement. Au cours des années qui suivirent, le rythme s'est accéléré pour atteindre en moyenne 82 interventions par année, avec des pointes dépassant 200 plantations en 1994 et 1995. À compter de 1988, le nombre de plantations de pin blanc dans la région a été en hausse, la majorité d'entre elles étant mixtes. Ceci fait

suite à une révision des orientations générales du programme de développement forestier du plan de l'Est, sur le point d'entamer une deuxième phase, avec l'objectif de mieux cadrer sa participation à la foresterie régionale dans un contexte de surexploitation. C'est ce qui fut désigné comme un « virage » vers une sylviculture plus douce. Vu l'incidence élevée des plantations monospécifiques aux épidémies et aux maladies, un comité technique composé de spécialistes a recommandé la dispersion du pin blanc lors du reboisement en l'associant à diverses essences compagnes. Les lignes guides du programme incitaient alors à le reboiser suivant un espacement de 4 m à raison de 625 plants (25 %) de pin blanc pour 1 875 plants d'autres essences. Les plantations mixtes combinant cette essence avec du feuillu ont été nombreuses par la suite. Les plants disponibles dans les pépinières étaient de bonne taille et l'approvisionnement sans contrainte (Denis Pineault comm. pers. 2000). Cette mesure avait aussi pour avantage de réduire les pertes encourues par le propriétaire si sa plantation devenait infestée.

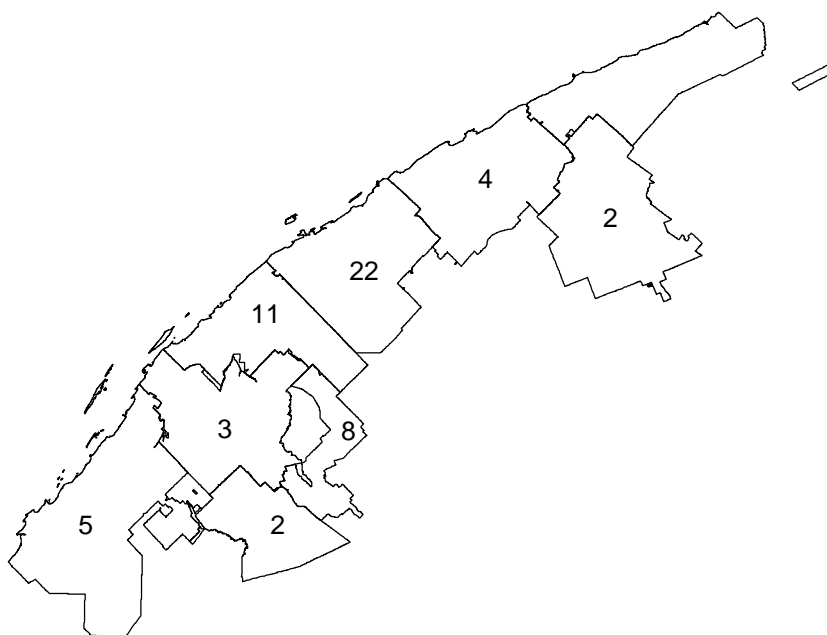
Échantillonnage

Devant la multiplicité des plantations et l'étendue du territoire à couvrir, il a fallu restreindre l'échantillonnage. Nous avons isolé parmi l'ensemble des plantations celles qui avaient été réalisées avant 1996 et dont la proportion de pin blanc était égale ou supérieure à 50 % du nombre total de plants. Le premier critère avait pour but de cibler les plantations en âge d'être affectées par la rouille vésiculeuse et au sein desquelles les signes d'infection risquaient d'être plus apparents. Le second critère visait à éliminer les cas où l'échantillonnage aurait nécessité trop d'efforts étant donné la dispersion du pin blanc à travers la plantation.

La proportion de pin blanc a été calculée à partir des rapports d'exécution en référant au nombre de plants de chaque espèce. C'est sur la base de cette statistique qu'a été réalisée la majeure partie de notre sélection bien que cette valeur ait été empreinte d'une grande imprécision. Dû à la mortalité, il est arrivé à plusieurs reprises que la proportion actuelle de pin blanc, estimée au champ de façon oculaire, ait été bien différente de la proportion originale. Par ailleurs, les rapports d'exécution des reboisements ne fournissent aucune information quant à la répartition des plants, donnée qui nous aurait permis d'évaluer l'homogénéité de la plantation à priori. Le pin était parfois regroupé en îlot plutôt que dispersé. Ces circonstances ont mené à 31 rejets et ont occasionné bien des déplacements inutiles. Pour les fins de l'analyse, nous avons conservé l'enregistrement des deux valeurs de densité, calculée et réelle. De manière à compléter l'énumération de cette série de critères de sélection, spécifions que la plantation devait rencontrer un nombre minimal de plants de pin blanc (200) afin que les relevés soient réalisables.

L'inventaire a finalement été réalisé dans 57 plantations, reboisées entre de 1982 et 1996, dont 80 % avaient moins de 10 ans. Un faible nombre de plantations ont été étudiées malgré que la proportion de pin blanc ait été inférieure au seuil critique. La plus faible densité enregistrée serait de l'ordre de 40 % selon notre estimation. L'échantillon final présente une distribution équilibrée entre l'est et l'ouest du territoire du Bas-Saint-Laurent (tableau 1). Parmi ce groupe de plantations, 10 ont fait l'objet d'un élagage au cours des années qui ont précédé. Pour celles-ci la gamme des mesures à recueillir a été réduite.

Figure 1 : Répartition géographique du nombre de plantations échantillonnées



Mesures

La méthode d'échantillonnage utilisée pour l'inventaire est celle qui a été développée par Bruno Boulet du MRN dans le cadre du suivi des insectes et maladies. Cette approche a par la suite été reprise par Gaston Laflamme du Centre de foresterie des Laurentides pour mener ses travaux liés à la rouille vésiculeuse du pin blanc. Suivant cette méthode, 100 arbres sont examinés dans chaque plantation retenue. Le nombre de rangées dans la plantation est déterminé dans une première étape. Ensuite, le nombre de virées à effectuer (entre 2 et 6) est choisi d'après la taille et la forme de la plantation. En général, 4 virées de 25 arbres sont effectuées. Le numéro de la rangée et de

l'arbre de départ est déterminé à partir d'une table de nombres aléatoires. Pour chacune des virées, un arbre sur deux est examiné.

La méthode que nous venons de décrire n'a pu être appliquée de façon systématique à l'ensemble des plantations. C'est le cas notamment de celles où le nombre d'arbres à mesurer étaient insuffisants en raison d'une forte mortalité et pour quelques autres dont l'arrangement était très irrégulier. Dans les deux cas, la nouvelle procédure a été d'examiner un arbre sur deux en s'efforçant de couvrir l'ensemble de la plantation.

Sur chaque arbre étudié, on a d'abord cherché à détecter la présence d'une infection par la rouille. Si des signes de rouille étaient apparents sur le tronc ou sur une branche à moins de 10 cm du tronc, la hauteur de la plus haute infection était alors classée comme « infection au tronc ». Si par contre l'infection se retrouvait sur une ou plusieurs branches, mais à une distance de plus de 10 cm du tronc, la hauteur de la plus haute infection était alors notée comme « infection à la branche ». La hauteur de l'infection est une donnée de base pour l'établissement de la prescription d'élagage. Le pourcentage d'arbres affectés détermine le degré d'incidence de la plantation. À ce chapitre, chaque région établit ses propres règles pour justifier un élagage sanitaire. Actuellement, l'Agence de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent fixe le seuil minimal à 5 % de tiges affectées et la plantation doit avoir un bon potentiel d'avenir.

Les causes de mortalité chez les plants après leur reboisement sont diverses: qualité de mise en terre, compétition par la végétation, erreur commise durant les travaux d'entretien, attaque par les ravageurs et bien d'autres. Étant donné nos objectifs dans cette étude, nous avons dénombré les cas de mortalité que l'on savait directement imputables à la rouille vésiculeuse. Les statistiques présentées plus loin illustrent de façon assez précise l'état de la situation en ce qui concerne les dégâts causés par cette maladie. La mortalité totale ne peut qu'être égale ou supérieure à ces mêmes valeurs.

Nous l'avons mentionné, lorsqu'il s'agit d'une plantation mixte, il n'est pas possible sur la base des données contenues dans les rapports d'exécution, de connaître la répartition originale du pin blanc. Cette donnée est bien évidemment indispensable au calcul du taux de mortalité. De plus, à moins qu'il ne s'agisse d'une plantation composée uniquement de pins blancs, un inventaire par virées se prête mal à l'évaluation de la mortalité sans distinction de l'origine. Au cours de la seconde phase du projet, on envisage d'installer des placettes permanentes. À l'intérieur de ces dernières, le dénombrement de l'ensemble des tiges est prévu ce qui nous permettra de mesurer

cette variable si elle s'avère indispensable. Plusieurs autres paramètres pourront aussi y être mesurés, certains liés à la croissance du pin blanc en regard des caractéristiques de la station.

On a ensuite vérifié sur chaque tige de façon oculaire les traces du passage du charançon. L'insecte provoquant la mort de la pousse terminale laisse une flèche très caractéristique. On a pris soin de noter l'année de l'attaque (2001, 2000, 1999 et avant 1999). Lorsque plusieurs attaques avaient eu lieu, seule la plus récente a été enregistrée étant donné la difficulté de discerner des événements successifs. La présence des déformations au tronc a aussi été compilée sans discerner leur origine.

Plusieurs autres mesures ont également été recueillies lors des inventaires selon le protocole d'échantillonnage en vigueur (annexe 1). Ainsi, on a mesuré la hauteur des pins blancs à chaque intervalle de dix arbres échantillonnés. Puis, la pente a été mesurée à l'aide d'un clinomètre et les valeurs réparties selon 6 classes (A : 0-3 %, B : 4-8 %, C : 9-15 %, D : 16-30 %, E : 31-40 %, F : 41 % et plus). L'exposition de la station a été déterminée en ayant recours à une boussole. De même, on a évalué la position dans la pente de deux façons, la première faisant référence à la topographie générale (haut, mi-pente, bas) et la seconde, plus précise, reprenant la méthode suggérée par le point d'observation écologique (Saucier et al. 1994) qui considère les multiples irrégularités du relief. On a estimé le degré de compétition de façon oculaire sur une échelle comportant trois niveaux : élevé, moyen, faible. On sait que cette variable influence le degré d'humidité à proximité du sol et a donc une incidence directe sur l'évolution de la rouille. La zone de susceptibilité a été déterminée en utilisant la carte produite par Lavallée (1986). L'année de la plantation et la proportion de pin blanc proviennent des rapports d'exécution. Les valeurs telles que la classe de drainage, la perturbation d'origine ou encore le type écologique ont été extraits de la couverture écoforestière numérique du ministère des Ressources naturelles du Québec, pour être validées au champ par la suite. En ce qui a trait à l'altitude, on a consulté la couverture topographique. Les coordonnées géographiques de la plantation ont été obtenues à l'aide du GPS et, enfin, on a noté quelques autres observations dont la présence d'un élagage. Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SYSTAT en fixant le seuil de probabilité à 95 %.

Deux personnes ont été affectées à cet inventaire qui a débuté le 5 octobre 2001 pour prendre fin le 6 décembre 2001. Les membres de l'équipe de Gaston Laflamme, chercheur au CFL, ont dispensé une formation adéquate au personnel avant de débuter l'échantillonnage. L'arrivée tardive de l'hiver a permis de prolonger au maximum la période de relevés jusqu'à épuisement des fonds. Une seule chute de neige d'importance est venue interrompre momentanément les travaux. Le bilan se solde par 88 plantations visitées en 55 jours. Le temps requis pour échantillonner une plantation a varié entre 0,7 h et 3,0 h, plusieurs facteurs influençant la productivité.



Il convient ici de rappeler deux caractéristiques importantes de notre échantillon soit une proportion de pin blanc $\geq 50\%$ et des plantations réalisées après 1982.

Pour l'étude reliée à la rouille nous avons examiné principalement trois valeurs : le nombre de tiges mortes de la rouille, le nombre de tiges infectées au tronc et le nombre de tiges infectées uniquement à la branche. L'incidence de la plantation à la maladie est déterminée par le nombre total de tiges infectées. Pour cette section, nous n'avons par conséquent compilé que les plantations n'ayant subi aucun traitement d'élagage ($n=47$).

Le taux de mortalité moyen parmi les pins blancs dans les plantations visitées s'élève à 2,3 %. Dans le pire cas recensé, la rouille était responsable de la disparition de près du cinquième du capital sur pied. L'infection est assez répandue puisqu'on enregistre des pertes dans 6 plantations sur 10. Pour la gamme de plantations étudiées, on ne remarque pas d'effet de la proportion de pin blanc sur le degré de mortalité, ce qui semble invalider la thèse voulant qu'un reboisement clairsemé puisse limiter les dégâts imputables à la rouille. Le taux de mortalité dans les plantations pures est en fait de 2,9 % en moyenne contre 4,0 % pour les plantations dont la proportion de pin blanc se situe en deçà de 50 %. Néanmoins, mise à part la classe de proportion inférieure, les problèmes de rouille semble croître avec l'abondance du pin blanc. Le taux de mortalité est fortement relié à l'âge de la plantation c'est-à-dire à la période s'étant écoulée depuis la mise en terre ($p=0.001$), à la zone de vulnérabilité ($p=0.018$) et plus faiblement à la sévérité de la compétition ($p=0.062$).

On a observé que 6,6 % des pins blancs étaient infectés à la branche comparativement à 18,8 % au tronc. Les symptômes sont présents dans 90 % des cas en ce qui a trait aux infections à la branche alors que toutes les plantations présentaient des signes d'infection au tronc. Dans les plantations les plus durement touchées, la maladie atteignait 32,0 % et 71,4 % des pins pour ces deux indices respectivement. La présence des infections au tronc est plus importante lorsque la plantation a été établie sur un parterre de coupe plutôt que sur une friche, fait qu'il importe de connaître dans un contexte de forêt privée. Ceci peut être dû à l'absence de *Ribes* dans les friches récentes. Étant donné la date tardive de l'inventaire, il est possible que des chancre soient passés inaperçus conduisant ainsi à une sous-estimation du taux d'infection. Toutefois, nos données nous permettent d'estimer la faible probabilité de cette erreur, puisque lorsque le taux de mortalité était élevé, le degré d'infection aux tiges l'était aussi ($r=0,70$).

L'âge de la plantation influence de façon significative le degré d'infection à la branche et au tronc, tout comme nous l'avons observé au sujet du nombre d'arbres morts. Le nombre de tiges infectées varie par ailleurs selon la zone de vulnérabilité. La série évolutive fait quant à elle ressortir l'effet des caractéristiques biophysiques de la station ($p=0,05$). Selon nos observations, l'incidence à la rouille serait plus élevée sur les sites dont la végétation potentielle est l'érablière à bouleau jaune (tableau 1). Cette conclusion va quelque peu à l'encontre de la règle voulant que les stations feuillues offrent de bonnes conditions pour l'établissement du pin blanc.

Tableau 1 : Effet de la série évolutive sur le degré d'infestation par la rouille vésiculeuse du pin blanc.

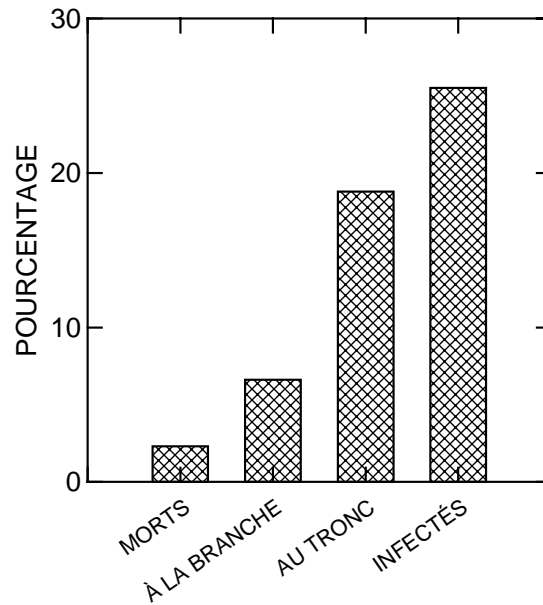
	Série évolutive		
	RS1-4	MS1	FE3
nombre	3	18	5
Infections à la branche	8,3 %	4,6 %	11,9 %
Infections au tronc	28,0 %	16,5 %	34,9 %
Tiges infectées	36,3 %	21,1 %	46,8 %

Le régime hydrique ne peut être mis en cause car tous les sites FE3 étaient situés sur des sols à bon drainage. La présence d'une proportion plus importante de *Ribes* pourrait toutefois expliquer le phénomène. Il est à noter que le nombre de replicats est inégal entre les séries.

Sans intervention, on peut anticiper pour les prochaines années des pertes qui toucheraient près de 25 % des effectifs (1 plant sur 4) au sein de la catégorie de plantations qui ont été analysées (figure 2), ce qui ne tient pas compte des pertes actuelles. Alors que la situation est sans issue pour les tiges atteintes au tronc, on peut parvenir à sauver toutes les tiges infectées à la branche grâce un élagage approprié, à condition que celui-ci soit prodigué sans trop attendre. En moyenne, la hauteur de la plus haute infection à la branche se situe aux environs de 0,5 m du sol avec des extrêmes allant de 0,3 m à 1,8 m. Si l'on compare la hauteur des infections à la taille moyenne des arbres de la plantation, la hauteur moyenne des infections se situe entre le dixième et la moitié de la hauteur totale de l'arbre. Dans presque 90 % des plantations (non élaguées), les infections se retrouvent en fait dans le tiers inférieur de l'arbre. Un élagage de la moitié du houppier, comme le suggère les chercheurs, devrait freiner

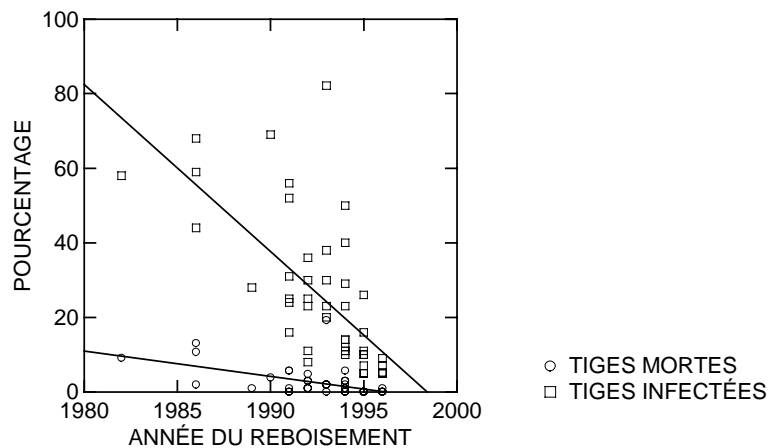
adéquatement la progression de la maladie. Le pourcentage de tiges affectées rencontrent les conditions minimales requises par l'Agence régionale de mise en valeur pour être admissible à un traitement sanitaire. Malgré tout, le nombre de plantations ayant bénéficié d'un élagage reste faible jusqu'à maintenant.

FIGURE 2: AMPLEUR DES DÉGÂTS CAUSÉS PAR LA ROUILLE



Le délai avant l'intervention joue un rôle majeur sur les chances de survie des plants. Ce que le projet confirme, comme d'autres études d'ailleurs, c'est que l'incidence à la maladie et la mortalité croissent rapidement à mesure que passent les années. Annuellement, le taux de mortalité augmente au rythme de 0,7 % et la proportion de tiges infectées dans les plantations de 4,5 % (figure 3).

FIGURE 3: PROGRESSION DES DÉGÂTS PAR LA ROUILLE



L'analyse de la problématique du charançon s'adresse à l'ensemble des 57 plantations échantillonnées. À travers celles-ci, on rapporte des dommages à 10,4 % des tiges. Parmi notre échantillon, 41 plantations présentaient des signes d'attaque par le charançon, ce qui représente une proportion de 72 %. Nous l'avons souligné, le Bas-Saint-Laurent appartient en bonne partie à la zone de vulnérabilité (Boulet 1995) à risque modéré, un secteur au sein duquel la proportion de plantations charançonnées devraient se situer entre 21,1 % et 40 % . On constate aussi que 82 % des plantations attaquées ont moins de 20 % de leurs tiges touchées.

Le charançon ne démontre pas de préférence marquée pour un secteur du Bas-Saint-Laurent en particulier. À l'ouest, 76,7 % des plantations sont affectées et à l'intérieur de celles-ci on enregistre des dommages à 17,6 % des tiges avec un maximum de 78,0 % dans un cas précis. À l'est, la proportion de plantations touchées est plus faible avec 66,7 %, les dommages atteignent 10,5 % des tiges et le maximum est de 47,0 %. Ces différences ne sont toutefois pas significatives.

Bien que la littérature fasse mention d'une diminution des risques d'attaque par le charançon avec l'âge (Lavallée et al. 1997), nous n'observons aucune tendance de ce genre. L'âge des plantations qui ont été visitées variait entre 5 et 19 ans ce qui peut expliquer que l'on ne perçoive pas un effet similaire. En 2001, on rapporte des dommages quatre fois supérieur en magnitude qu'au cours des trois années qui ont précédé. Cette situation est peut être liée aux variations naturelles de la population de charançon localement. Mais rappelons qu'en vertu du protocole, seule l'attaque la plus récente a été enregistrée.

Les attaques soutenues du charançon depuis 1982 sont la cause des déformations multiples infligées aux tiges de pin blanc en plantation. Selon nos relevés, la gravité de ce problème est plutôt réduite étant donné que le phénomène n'est observable que chez 36,8 % des plantations et 1,3 % des arbres. Les déformations relevées s'appliquent au tronc et non à la pousse. Elles sont aussi d'origine diverses.



CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude nous a permis de rencontrer le principal objectif de la première phase du projet, à savoir de définir l'état des plantations de pin blanc à travers la région du Bas-Saint-Laurent. Les résultats confirment le caractère impératif de mettre en œuvre une stratégie appropriée pour protéger et accroître le capital de cette essence. Une attention toute particulière doit être accordée à la rouille vésiculeuse étant donné que cette affliction se solde par la mort des plants. On déplore pour l'instant des pertes relativement faibles due à cette maladie. Toutefois, une mortalité importante est à prévoir si aucune mesure sanitaire n'est mise de l'avant dans un avenir rapproché. En agissant promptement, on peut penser préserver jusqu'à 7 % des effectifs autrement voués à disparaître. Le charançon est aussi assez répandu puisque 7 plantations sur 10 sont touchées à travers le Bas-Saint-Laurent. L'amplitude des dommages reste faible. Par contre, dans les jeunes plantations, qui n'ont pas été étudiées dans le cadre de cet exercice, la sévérité du problème pourrait être plus aiguë. La situation du charançon justifie actuellement d'avoir recours à des moyens de contrôle, d'autant plus qu'une fois que les plantations auront atteint l'âge de 15 ans, il deviendra peu envisageable de les traiter.

Ces conclusions nous amènent à émettre quelques recommandations concernant la poursuite du projet, dans une seconde phase, et qui touche tant le nouvel inventaire que le contenu de la stratégie à mettre en place :

- 1. Pour compléter notre tableau, le plan de sondage devra prévoir un échantillonnage parmi la catégorie des jeunes plantations, vu leur grande vulnérabilité au charançon du pin blanc. Ceci nous permettra aussi de mesurer l'âge d'entrée de la rouille vésiculeuse;**
- 2. La région aurait avantage à se doter d'un système d'aide à la décision pour un contrôle intégré des ravageurs du pin blanc. Cet enjeu ne fait pas partie des objectifs initiaux, toutefois la planification pourrait inclure certains critères qui concouraient au développement et à la validation d'un tel outil par le milieu scientifique.**
- 3. Malgré l'existence de mesures incitatives favorisant l'application de traitements sanitaires comme l'élagage, on remarque que cette intervention reste peu populaire. Ceci confirme le besoin de recourir à diverses actions pour sensibiliser et informer le personnel**

technique et les propriétaires forestiers de l'existence des moyens de contrôle et de leurs modalités de mise en œuvre;

- 4. La direction régionale du Ministère des ressources naturelles devraient aviser les pépinières locales de l'existence du projet qui est en cours et demander d'accroître la production de pin blanc pour pouvoir faire face à la demande le moment venu.**

En bout de ligne, il apparaît évident que le défi sera de bâtir une stratégie conciliant à la fois les exigences de répression de la rouille vésiculeuse et celles de la déprédation par le charançon, modèle pour lequel il ne semble pas exister de précédent à ce jour. La solution réside dans l'intégration de mesures préventives et curatives. Il nous faudra d'une part établir des priorités régionales puis planifier les actions à la lumière des différences et similitudes dans la manifestation du cycle des ravageurs au cours de la vie d'un peuplement. D'ici à ce que nous disposions de toutes les informations requises, les efforts se poursuivent en région dans le domaine de l'amélioration génétique et du biocontrôle, de même que pour perfectionner notre maîtrise de l'élagage sanitaire.



BIBLIOGRAPHIE

- Alfaro, R.I., Borden, J.H., Fraser, R.G. et Yanchuck, A. 1995. The white pine weevil in British Columbia : Basis for an intergrated pest management system. For. Chron. 71 : 66-73
- Boulet, B. 1995. Zones de susceptibilité aux attaques du charançon du pin blanc. *Pissodes strobi* (Peck), dans les plantations au Québec. Compte rendu du colloque sur le charançon du pin blanc. Centre de foresterie des Laurentides. Ste-Foy. 27 et 28 Septembre 1994. 100-110.
- Cahier d'instructions techniques. Version finale 2000-2001. Agence régionale de mise en valeur de la forêt privée du Bas-Saint-Laurent. 2000. 37 pages.
- Clark, T.D. et Perera, A.H. 1995. An overview of old-growth white and red pine ecology in Ontario. Rapport no 19. Ministère des ressources naturelles de l'Ontario. Forest research institute. 2-25.
- Du pin blanc pour l'avenir c'est possible. 1998. Recueil des conférences du colloque tenu à Mont-Laurier les 3 et 4 juin 1998. Conseil de la recherche forestière du Québec. ISBN 2-922020-10-X. 123 pages.
- Horton, K.W. and W.G.E. Brown. 1960. Ecology of white and red pine in the Great-Lakes St.Lawrence Forest region. Can., Dept. North. Aff. and Nat. Res., For. Br., tech. Note 88.
- Laflamme, G., Bérubé, J.A. et Hamelin, R.C. 1997. Foliage, shoot and stem diseases of trees. Proceedings of the IUFRO WP Meeting. Quebec. Mai 25-31
- L'amélioration génétique en foresterie : où en sommes-nous? 1999. Actes du colloque tenu à Rivière-du-Loup les 28, 29 et 30 septembre 1999. Conseil de la recherche forestière du Québec.
- Langelier, J.C. 1884. A sketch on Gaspesia. Joseph Dussault. Quebec. 104 pages.
- Lavallée A. 1973. La rouille vésiculeuse du pin blanc. Feuillelet d'information no. 6. Centre de recherches forestières des Laurentides. Environnement Canada. 8 pages
- Lavallée A. 1973. Distribution cartographique des principales maladies des arbres au Québec. Centre de recherches forestières des Laurentides, Sainte-Foy, Québec. Rapport inf. LAU-X-5. 73 pages
- Lavallée A. 1973. Le pin blanc, pourquoi pas. Milieu no. 7. Centre de recherches forestières des Laurentides. Environnement Canada : 3-4.
- Lavallée A. 1978. La rouille vésiculeuse du pin blanc. 2^{ème} édition. Centre de recherches forestières des Laurentides. Service des forêts. 8 pages.

Lavallée, A. 1986. Les risques d'infection par la rouille vésiculeuse du pin blanc. Centre de recherches forestières des Laurentides. Service des forêts. Feuillelet d'information LFC 23^E.

Lavallée, A. 1986. Zones de vulnérabilité du pin blanc à la rouille vésiculeuse au Québec. For. Chronicle. 62 :24-28

Lavallée, R. et Morissette, J. 1989. Le contrôle du charançon du pin blanc. Forêts Canada. Centre de foresterie des Laurentides. Feuillelet d'information no 25.

Lavallée, R., Bonneau, G. et Coulombe, C. 1997. Lutte contre le charançon du pin blanc : intervention et lutte biologique. Feuillelet d'information CFL 28. Centre de foresterie des Laurentides. Service canadien des forêts. 12 pages

Le point d'observation écologique. Normes techniques. / Saucier, J.P. et al. Gouvernement du Québec. Ministère des ressources naturelles du Québec. 1994 . 116 pages. ISBN 2-551-13273-8

Les maladies des arbres. La rouille vésiculeuse du pin blanc / Gignac, M. et al. Gouvernement du Québec. Ministère des ressources naturelles du Québec. 1996. 4 pages.

Ostry, M.E. 2000. White pine restoration research. USDA Forest service. North Central Forest Research Station. Forestry Sciences Laboratory. [en ligne]
<http://www.ars-grin.gov/cor/wpbrmeet/abstracts.html> (Page consultée le 21 juillet 2000)

Petitclerc, J. 1974. L'implantation du pin blanc à la forêt de Bourg-Louis. Approche théorique et pratique. Thèse de l'université Laval. Faculté de foresterie et de géodésie.

Programme de développement forestier de l'Est du Québec. Orientations 1989-1993. Forêts Canada, Région du Québec. 1989. 38 pages.

Programme de développement forestier de l'Est du Québec. Des changements pour l'approche pour appuyer les orientations 1989-1993. Forêts Canada, Région du Québec. 1991. 15 pages.

Programme de développement forestier de l'Est du Québec. Forêts Canada. Lignes guides applicables aux travaux admissibles. Forêts Canada, Région du Québec. 1995. 37 pages.

Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est. / Grondin P. et al. Gouvernement du Québec. Ministère des ressources naturelles du Québec. 1999 . 198 pages. ISBN 2-551-34331-X

Saucier, J-P., Berger, J-P., D'Avignon, H. et Racine, P. 1994. Le point d'observation écologique. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la gestion des stocks forestiers, Service des inventaires forestiers. 116 pages.

Vachon, G. 1980. Les populations de pin blanc sur la colline de Québec. Université Laval. G60 UL 1980 V119. 44 pages

Wendel, G.W. et Smith, H. C. 2000. Eastern white pine. [en ligne]
http://willow.ncfes.umn.edu/silvics_manual/Volume_1/pinus/strobus.htm (Page consultée le 21 juillet 2000)

Zambino, P. 2000. Assessing Ribes for blister rust resistance using controlled inoculations. USDA Forest service. North Central Forest Research Station. Forestry Sciences Laboratory. [en ligne] <http://www.ars-grin.gov/cor/wpbrmeet/abstracts.html> (Page consultée le 21 juillet 2000)