

Élaboration d'un programme  
de  
réintroduction du pin blanc

Phase II : Stratégie

PMVRMF (01-02-139)

Pierre Belleau ing. f. M. Sc.  
Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent

mai 2003



## TABLE DES MATIÈRES

---

Remerciements .....	5
Introduction .....	6
Objectifs .....	7
Matériel et méthode.....	8
Résultats.....	11
Orientations stratégiques .....	16
Conclusion générale.....	26
Bibliographie	
Annexe 1	



## LISTE DES TABLEAUX

---

Tableau 1 : Statistiques dendrométriques des placettes permanentes..... 11

Tableau 2 : Sommaire des compilations par unité d'aménagement ..... 14



## LISTE DES FIGURES

---

Figure 1 :	Répartition des placettes permanentes parmi les unités d'aménagement.....	8
Figure 2 :	Distribution des indices de qualité de station dans les plantations de pin blanc échantillonnées.....	12
Figure 3 :	Facteurs écologiques et indice de qualité de station .....	12
Figure 4 :	Prédiction de l'indice de qualité de station du pin blanc dans les plantations du BSL, à partir des précipitations totales, de la température minimale et de l'altitude de la station .....	13
Figure 5 :	Carte produite sur ArcView à partir des valeurs générées par BioSim et présentant la répartition des précipitations dans le BSL .....	15
Figure 6 :	Évolution du nombre de plants de pin blanc reboisés dans le Bas-Saint-Laurent entre 1990 et 2002 (Données fournies par l'Agence régionale de mise en valeur de la forêt privée).....	20
Figure 7 :	Calendrier de surveillance et de contrôle des nouvelles plantations de pin blanc .....	22
Figure 8 :	Niveau d'attaque du charançon et hauteur des tiges selon l'âge des plantations de pin blanc visitées à l'été 2001.....	24



## REMERCIEMENTS

---

Nous tenons à souligner la collaboration toute spéciale de M. Guy Prigent, chercheur à la Direction de la recherche forestière (DRF) du ministère des Ressources naturelles du Québec et de son équipe. Ainsi que l'implication soutenue d'un groupe de chercheurs dynamiques du Centre de foresterie des Laurentides (CFL), MM. Gaëtan Daoust, Gaston Laflamme, Robert Lavallée et Jean Bérubé, qui ont épaulé la Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent dans ce projet, de sa conception jusqu'à l'élaboration du plan d'action.

Nous adressons par ailleurs nos remerciements à deux autres membres du CFL, MM. Jacques Régnière et Rémi St-Amant, grâce auxquels nous avons eu l'opportunité d'explorer les capacités prometteuses de l'algorithme BioSim.

Le projet, qui a nécessité deux saisons d'échantillonnage sur le terrain, a été réalisé avec l'aide financière du programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier (Volet 1) du ministère des Ressources naturelles du Québec et de la Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent.

Le pin blanc est un matériau de qualité supérieure qui a une grande valeur économique. Cette essence est aussi une composante nécessaire à l'équilibre de nombreux écosystèmes forestiers, une considération à laquelle on accorde de plus en plus d'importance. La rouille vésiculeuse du pin blanc, une maladie introduite au début du siècle dernier, entraîne très souvent la mort des sujets contaminés. Elle est avec l'exploitation intensive la principale cause de la disparition de l'espèce à travers l'Amérique du Nord. On connaît aujourd'hui des façons d'enrayer le problème et c'est pourquoi la Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent désire contribuer au retour de cette essence dans le paysage forestier régional en fournissant aux décideurs ainsi qu'aux propriétaires forestiers les outils appropriés.

La première phase du projet (Belleau et al. 2002) a permis de faire le bilan de l'état des plantations de pin blanc à travers le Bas-Saint-Laurent en ce qui concerne la propagation de la rouille vésiculeuse et aussi les dégâts causés par le charançon du pin blanc. Il ressort de cette évaluation que toutes les plantations sont touchées par la maladie, bien qu'à des degrés variables, et que la situation s'aggrave rapidement. Annuellement, le taux de mortalité croît de 0,7 % et la proportion de tiges infectées dans les plantations de 4,5%. À ce rythme, si aucune mesure n'est prise, on anticipe des pertes de l'ordre de 25% des effectifs (1 tige sur 4) dans les prochaines années. Cela nécessite de planifier adéquatement les activités de reboisement à venir de façon à renouveler notre actif.

Sur les conseils du groupe de chercheurs scientifiques qui assistent la Forêt modèle dans cette démarche, il a été convenu que l'étape suivante serait de catégoriser les plantations de pin blanc du BSL en regard de leur rendement. Ceci dans l'optique de faire subséquemment des choix éclairés au moment de mettre en application certaines options stratégiques en donnant priorité aux milieux les plus productifs.

Pour évaluer les possibilités annuelles de coupe dans les peuplements équiennes, le modèle de simulation de la croissance le plus populaire actuellement utilise des courbes de production qui prédisent le volume selon l'âge, l'indice de qualité de station (IQS) et dans certains cas la densité. L'indice de qualité de station se définit comme la hauteur moyenne des 100 plus hautes tiges à l'hectare (Manuel d'aménagement forestier, documents d'annexes, s1998). C'est l'indicateur que nous avons retenu pour évaluer le rendement potentiel des plantations de pin blanc du Bas-Saint-Laurent.

Dans l'édition du manuel d'aménagement forestier de 1992, la croissance des essences en plantation était décrite à l'aide de trois courbes générales dérivées des résultats obtenus par Bolghari et Bertrand (1984) pour l'épinette blanche. De nouvelles tables ont été produites depuis par Prégent et al. (1996) spécifiquement pour les essences en plantations, mais il existe peu de données documentant les plantations de PIB au Québec. On peut anticiper donc des retombées du projet à cet autre niveau.

Une série d'actions susceptibles de favoriser la réintroduction du pin blanc sont suggérés aux décideurs régionaux à qui il appartient de relever ou non le défi.



## OBJECTIFS

---

1. Caractériser le rendement des plantations de pin blanc du Bas-Saint-Laurent par le truchement de l'indice de qualité de station;
2. Rechercher des relations entre l'indice de qualité de station et divers facteurs écologiques en vue de développer des outils d'aide à la décision optimisant le choix des interventions;
3. Proposer aux intervenants régionaux une série d'actions pour sauvegarder les plantations existantes et intensifier l'effort de reboisement;
4. Mettre en place un réseau de placettes permanentes qui permettra le suivi à long terme de la croissance du pin blanc en plantation dans le but de bonifier les tables de rendement et d'évaluer l'efficacité des méthodes de contrôle des maladies et autres ravageurs.

### **Portrait des plantations échantillonnées**

Les plantations qui ont été échantillonnées au cours de l'été 2002 sont réparties à travers cinq unités d'aménagement de la région du Bas-Saint-Laurent. Le périmètre en question est borné au sud et au nord par les 47,7° et 48,6° de latitude N, à l'ouest et à l'est par les 69,2° et 67,8° de longitude O, respectivement. Nous avons sélectionné parmi les 57 plantations mesurées l'été précédent (Belleau et al. 2002), dont on connaissait déjà plusieurs paramètres, un groupe de 25 plantations pures de pin blanc présentant une densité satisfaisante et dont le propriétaire était ouvert à l'idée de collaborer à un suivi à plus long terme. Toutes appartiennent au domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est et plus particulièrement à trois de ses régions écologiques : 4fm, 4ft et 4fs.



**Figure 1 : Répartition des placettes permanentes parmi les unités d'aménagement**

Ces plantations ont été réalisées entre 1982 et 1995 dont plus des trois quarts après 1991. Si on considère que les plants de pin blanc passent 4 années en pépinière, l'âge des arbres dans les plantations visitées varie de 12 à 25 ans étant en moyenne d'une quinzaine d'années.

La cartographie forestière du MRN fournit des renseignements qui ont permis de décrire quelques caractéristiques écologiques des sites à l'étude. Ainsi, selon ces informations, douze (48%) des placettes sont sur type écologique mélangé, quatre (16%) sur type écologique feuillu et une seule (4%) sur type écologique résineux. Pour huit (32%) d'entre elles, le type écologique est indéterminé puisque le secteur est à vocation agricole. En forêt privée dans le Bas-Saint-Laurent de même que partout ailleurs dans la province, rares sont les parterres de coupe qui ont été reboisés en pin blanc. À la lumière des observations faites sur le terrain, uniquement trois plantations de notre échantillon étaient réellement issues du milieu forestier. C'est une considération qui a son importance, car dans la majorité des cas l'horizon supérieur du dépôt de surface a été perturbé. Ceci vient entraver les efforts visant à émettre des lignes directrices basées sur des variables représentatives du sol.

Les forestiers sont depuis longtemps sensibles aux besoins spécifiques des pins et en particulier à ceux du pin blanc, ce qui explique qu'aucune des plantations n'ait été localisée dans des conditions extrêmes de drainage. Plus de 80% des plantations sont sur un sol dont la classe de drainage est égale ou inférieure à 3. Le pourcentage de pente couvre une bande assez large qui s'étend de 2° à 30°. Seulement une plantation sur dix est cependant sur une pente supérieure à 15°. Nous avons aussi constaté que les plants qui ont été utilisés pour le reboisement sont exclusivement à racines nues et que, dans deux cas, il s'agit de plants à fortes dimensions. Dix des plantations n'ont fait l'objet d'aucune préparation de terrain et pour trois autres, il nous a été impossible de déterminer si une préparation avait été préalable au reboisement. Lorsque le secteur a été préparé, nos sources nous confirment toutefois que la perturbation a été de faible intensité. Finalement, six de ces plantations ont été élaguées.

### ***Installation et mesure des placettes permanentes***

Les dispositifs ont été installés entre le 22 juillet et le 3 octobre 2002 conformément au protocole du MRN pour l'établissement des placettes permanentes qui sont destinées à la mesure des effets réels des traitements sylvicoles (Prégent 1996). M. Yvon Lévesque, technicien à la Direction de la recherche forestière du MRN, a assuré la formation du personnel de la Forêt modèle en participant sur le terrain à la mise en place des premières unités. Les placettes peuvent être de forme circulaire ( $r=11,28$  m), carrée ou rectangulaire mais elles couvrent toutes une superficie équivalente de 400 m<sup>2</sup>. Dans quelques cas, toutes les tiges incluses dans la placette ont été numérotées. Pour éviter l'effet de lisière, nous avons conservé une zone tampon autour de la placette correspondant à la largeur de trois rangées de plants. Le centre des placettes circulaires de même que les coins des placettes carrées ou rectangulaires ont été localisés à l'aide de piquets de plastique. Des étiquettes indiquant les coordonnées de la Forêt modèle ainsi que le numéro de la placette leur ont été apposées. Les plants immédiatement à l'extérieur du périmètre ont finalement été marqués de peinture.

Un collecteur de données de terrain de marque MEMO 4, fourni par la DRF, a été utilisé pour effectuer la saisie des données. Ces appareils une fois programmés facilitent la collecte et la compilation des données à posteriori au moyen du logiciel statistique SAS (Statistical Analysis System). Grâce à cet instrument de travail, une quantité impressionnante d'informations a pu être recueillie. Une première série de champs d'entrée décrit les caractéristiques biophysiques de la station (longitude, latitude, exposition, pente, altitude, drainage, etc.) la suivante les caractéristiques dendrométriques des tiges (essence, hauteur, DHP, etc.) puis une autre enfin la végétation à l'intérieur de la placette (annexe 1). L'utilisateur peut ajouter quelques champs supplémentaires et nous avons profité de l'opportunité pour relever le degré d'infection par la rouille et les dégâts provoqués par le charançon pour chacune des tiges.



À ces données déjà nombreuses, nous avons joint l'enregistrement de plusieurs paramètres écologiques, l'objectif étant de tout mettre en œuvre pour cibler des indices mesurables sur le terrain par les forestiers ou encore à partir des couvertures numériques forestières. Dans chaque placette un pédon a été creusé afin de noter :

- Le type et l'épaisseur de l'humus (si en terrain non agricole)
- La longueur du profil

- La profondeur des mouchetures
- L'épaisseur, la texture et la couleur des horizons minéraux
- La description et la distribution de la pierrosité
- La profondeur d'enracinement

La plupart de ces éléments ont été décrits en utilisant la méthode et les codes suggérés dans le Point d'observation (Saucier et al. 1994). On a aussi relevé la présence du *Ribes* dans un rayon de 300 m de la placette. La région écologique, le type écologique, le numéro de feuillet cartographique, la distance du cours d'eau le plus près et l'environnement immédiat ont été évalués grâce aux cartes forestières géoréférencées et aux photographies aériennes.

Pour connaître l'historique des travaux dans la plantation en ce qui a trait à la préparation de terrain, à l'entretien ou même à l'élagage, on a interrogé directement le propriétaire et, au besoin, l'organisme de gestion en commun du territoire. C'est enfin en contactant la pépinière locale et en interrogeant la base de données du programme de développement forestier de l'Est du Québec (Plan de l'Est), dont dispose la Forêt modèle, que nous avons pu identifier le type, le numéro de stock et la provenance des plants.

La valeur de quinze variables climatiques a été calculée pour chacune des placettes avec l'algorithme BioSim conçu par Régnière (1996) pour le développement de modèles traduisant la dynamique des populations d'insectes. Le logiciel ajuste les données météorologiques des stations locales sélectionnées en introduisant la longitude, la latitude, la pente et l'altitude. Parmi les variables qui suivent, quelques-unes peuvent être dérivées d'une ou plusieurs autres :

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| – Précipitations totales (PT)          | – Radiation totale (RT)               |
| – Pourcentage de neige (PN)            | – Nombre de jours sous 0 °C (J0)      |
| – Indice d'aridité (AI)                | – Nombre de jours sous 5 °C (J5)      |
| – Déficit de pression de vapeur (DPV)  | – Nombre de jours sous 10 °C (J10)    |
| – Évapotranspiration potentielle (ETP) | – Nombre de degrés*jour > 0 °C (DJ0)  |
| – Température moyenne (TMOY)           | – Nombre de degrés*jour > 5 °C (DJ5)  |
| – Température minimale (TMIN)          | – Nombre de degrés*jour > 10°C (DJ10) |
| – Température maximale (TMAX)          |                                       |

Les analyses ainsi que les figures ont été réalisées au moyen du logiciel SYSTAT. Nous avons par ailleurs utilisé 0,05 comme seuil de signification pour tous les tests statistiques.

## Rouille vésiculeuse et charançon du pin blanc



Les résultats obtenus dans les placettes corroborent ceux de la saison précédente alors que les relevés avaient été effectués par virées. En ce qui a trait au charançon du pin blanc, 18 plantations sur 25 (72%) présentent des signes d'attaque de l'insecte et ce sont en moyenne 9,4% des tiges qui sont affectées (attaques de l'année en cours). Toutes les placettes (100%) sans exception sont infectées par la rouille vésiculeuse du pin blanc. Une tige sur cinq l'est au niveau des branches et un moins grand nombre (6,7%) au tronc de sorte que la maladie touche 26,7% des sujets. Dans 64% des cas, on a repéré la présence de *Ribes* à moins de 300 m du centre de la placette.

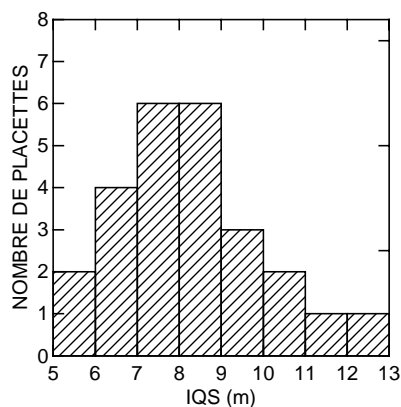
## Indice de qualité de station

Guy Prigent de la Direction de la recherche forestière du MRN, est appelé dans ses travaux à comptabiliser les données provenant de placettes permanentes établies dans des plantations dans le but d'actualiser les courbes de production qu'utilise le ministère des Ressources naturelles du Québec. Les programmes qui ont été mis au point compilent les données dendrométriques recueillies pour calculer, entre autres, des indices de qualité de station et le volume des placettes. Les tables de Bolghari et Bertrand utilisaient la moyenne arithmétique de la hauteur des arbres co-dominants et dominants ce qui équivalait généralement aux 300 plus hautes à l'hectare. L'IQS focalise aujourd'hui sur la hauteur des tiges dominantes du peuplement, ce qui conduit à une estimation légèrement différente. Pour la présente analyse, l'indice de qualité de station a été obtenu à partir de la hauteur des 200 plus hautes tiges à l'hectare et l'âge de référence est de 25 ans. Les connaissances sont très limitées concernant la croissance du pin blanc en plantation de sorte qu'on peut penser que les résultats viendront bonifier les courbes de production actuelles. Les anciennes tables n'avaient été construites qu'avec 59 plantations. La compilation des données emmagasinées par le collecteur MEMO 4 renvoie une image détaillée des plantations qui ont été échantillonnées (Tableau 1). Le taux de survie moyen des plants est de 76,8 %.

**Tableau 1 : Statistiques dendrométriques des placettes permanentes**

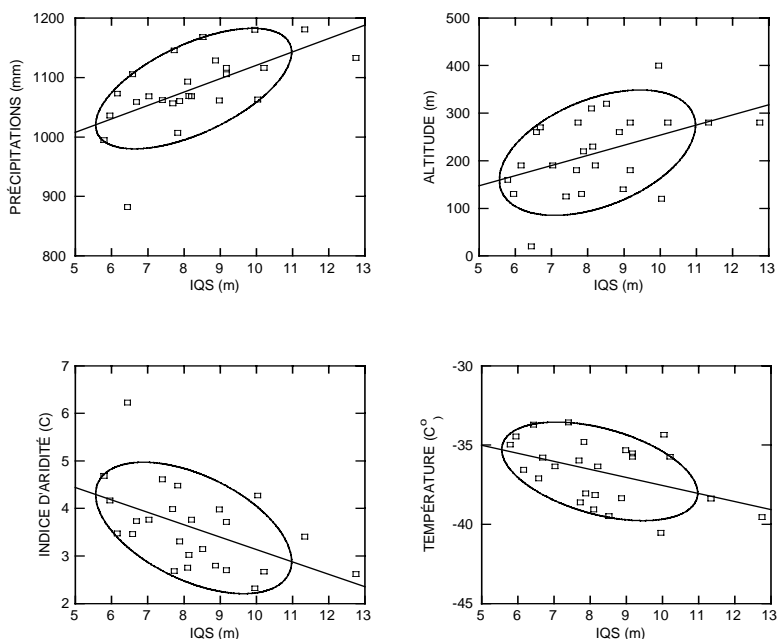
Variable	Minimum	Moyenne	Maximum
Hauteur dominante (m)	2,8	5,3	9,6
Nombre de tiges/ha	1150	1831	2400
Nombre de tiges marchandes/ha	0	384	2025
DHP (cm)	2,1	6,4	15,0
DHP marchand (cm)	9,3	12,3	15,9
Surface terrière totale (m <sup>2</sup> /ha)	0,4	8,0	34,0
Surface terrière marchande (m <sup>2</sup> /ha)	0,0	5,4	33,2
Volume total (m <sup>3</sup> /ha)	2,1	26,7	132,4
Volume marchand (m <sup>3</sup> /ha)	0,0	15,4	107,2

La gamme d'indices de qualité de station pour les plantations échantillonnées couvre une plage étendue malgré qu'il nous ait été impossible de contrôler cette variable à priori, avec les données disponibles lors de la sélection de l'échantillon. Les valeurs obtenues oscillent entre 5,8 m et 12,8 m (figure 2) ce qui pourrait représenter à maturité un écart en volume aussi important que 60 m<sup>3</sup>/ha, dépendant de la densité de la plantation. On enregistre une moyenne de 8,3 m, ce qui est légèrement plus faible que la moyenne de Bolghari et Bertrand, et un faible coefficient de variation (20,6%). Ni la présence ni le degré de déprédation par la charançon n'affectent les valeurs de l'indice de station et il en va de même de la propagation de l'infection par la rouille.



**Figure 2 : Distribution des indices de qualité de station dans les plantations de pin blanc échantillonnées**

Un grand nombre de variables numériques (29) ont été mises en relation avec l'IQS pour tenter d'en expliquer les variations et d'identifier en fin de compte un outil apte à catégoriser les sites de plantation. À cette fin, on a exploré à la fois les modèles linéaires et non-linéaires en appliquant des transformations appropriées aux différentes variables. De toute évidence, on ne peut se tourner vers aucun des paramètres liés au sol ou à la topographie du site pour prévoir l'indice de qualité de station.

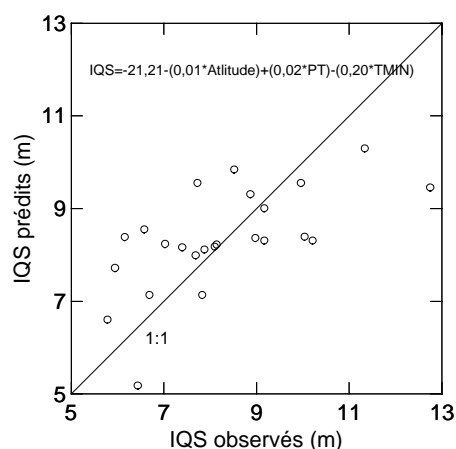


**Figure 3 : Facteurs écologiques et indice de qualité de station**

En revanche, comme l'illustre la figure 3, les meilleures corrélations ont été enregistrées avec les précipitations totales ( $R=0,60$ ), l'indice d'aridité ( $R=-0,51$ ) et la température minimale ( $R=-0,44$ ), trois paramètres climatiques calculés à l'aide de l'algorithme BioSim, et l'altitude de la station ( $R=0,44$ ). Nous avons eu recours à la procédure stepwise du logiciel statistique SYSTAT qui suggère les modèles multivariés les plus performants. Le modèle combinant les précipitations totales, la température minimale et l'altitude la station parvient à prédire (figure 4) les valeurs de l'IQS avec une relative précision ( $R^2=0,40$ ) et des résidus non biaisés. Seules les précipitations totales ont cependant un effet significatif ( $p=0,020$ ), les rendements croissant avec les précipitations.

Déjà plusieurs chercheurs se sont penchés sur la possibilité de modéliser l'indice de qualité de station. Une étude réalisée par Ung et al. (2001) a permis de tester le potentiel d'une variable édaphique (capacité de rétention en eau du sol) et de quatre variables climatiques (DVP, PT, IA, DJ) générées par l'algorithme BioSim afin de prédire l'indice de qualité de station de quelques espèces tolérantes et intolérantes. Il rapporte des  $R^2$  variant entre 0,54 et 0,72 pour les différents modèles mis à l'essai. Par ailleurs, toutes ces variables ont été trouvées significatives à l'exception de DVP et PT pour le peuplier faux-tremble et de DVP et IA pour le bouleau blanc. Chen et al. (2002) sont parvenus à l'aide d'un modèle à régressions multiples intégrant diverses données d'analyses de tiges, ainsi que des variables représentatives du climat, de la topographie et du sol, à expliquer 82 % des variations de l'indice de station pour le peuplier faux-tremble. Ceux-ci recommandent l'utilisation de ce modèle mathématique pour la Colombie-Britannique. Cette étude aura nécessité la compilation de données provenant de 142 peuplements. Il faut reconnaître qu'ici nous ne disposons que d'un échantillon de taille très réduite pour conduire de telles analyses ce qui influence nécessairement les résultats à dessein de modélisation. De plus, lorsque l'on travaille avec des plantations plutôt qu'avec des peuplements naturels, il se pourrait qu'il soit plus difficile de bâtir ce genre de relations car de nouveaux facteurs s'ajoutent à l'équation : le type de sol et son statut nutritif (friche appauvrie, etc), la qualité de la préparation de terrain, l'entreposage et le transport des plants, les conditions climatiques des premières semaines après leur mise en terre, etc.

Notre intention n'est pas de prédire de façon absolue les valeurs de l'indice de qualité de station à l'aide d'un modèle mathématique mais plutôt d'orienter les décisions en matière d'interventions dans les plantations de pin blanc existantes ou pour localiser les nouveaux reboisements. BioSim, couplé à un système géographique à référence spatiale, permet de produire des cartes pour la plupart des variables climatiques, dont les précipitations totales, qui pourraient s'avérer un moyen simple pour discriminer les secteurs les moins productifs (Figure 5).



**Figure 4 : Prédiction de l'indice de qualité de station du pin blanc dans les plantations du BSL, à partir des précipitations totales, de la température minimale et de l'altitude de la station**

Fait qui abonde en ce sens, des études réalisées récemment au Québec indiquent que les plantations situées sur les sites à bon rendement seraient moins sujettes au charançon (Alfaro et Lavallée 1998).

Plusieurs variables nominales (18) ont également été prises en compte dans notre analyse. Malheureusement, de tous ces tests il ressort peu de différences significatives au niveau de l'IQS. Nous avons certes pu vérifier l'influence de la provenance des plants ( $p=0,023$ ) et du type de préparation de terrain ( $p=0,031$ ) sur l'indice de station du pin blanc. Mais ces variables ne sauraient être d'une grande utilité pour définir une clé d'aide à la décision. Puisque la plupart des sites étudiés présentaient un bon drainage, cette variable n'est pas ressortie comme un indicateur valable pour reconnaître les sites les plus fertiles en dépit de la sensibilité bien connue des pins à l'endroit du régime hydrique dans le sol.

La subdivision territoriale des unités d'aménagement (UA) apporte par contre un éclairage supplémentaire en mettant bien en évidence la variabilité spatiale des indices qualité de station dans la zone d'étude ( $p=0,010$ ) et ce malgré que le gradient des IQS dans l'axe de la latitude ou de la longitude soit irrégulier. Des compilations effectuées sur la base des unités d'aménagement tendent à confirmer les observations faites précédemment quant à PT, IA, TMIN et l'altitude des stations et démontrent ainsi le bien-fondé d'utiliser des cartes représentatives du climat ou de l'élévation pour orienter les choix futurs. Pour plus de certitude, nous avons étendu les analyses aux 57 plantations échantillonnées durant l'été 2001, sans que nous ayons toutefois les données de l'indice de qualité de station pour chacune d'elles. En se basant sur les valeurs du tableau 2, les gestionnaires du programme d'aménagement pourraient décider, par exemple, d'accorder préséance à certaines unités d'aménagement advenant des contraintes budgétaires lors de la mise en œuvre du plan d'action. Avec un plus grand nombre de points de référence à l'intérieur du périmètre de chaque unité d'aménagement, il sera possible de mieux les caractériser éventuellement.

**Tableau 2 : Sommaire des compilations par unité d'aménagement**

UA	Nombre de plantations	IQS (m)	PT (mm)	IA	TMIN (C°)	Altitude (m)	Infection par la rouille(%)	Tiges affectées par le charançon (%)
121	5	7,3	1080,8	3,6	-37,5	230	13,0	12,4
122	1	-	1168,6	2,3	-38,7	330	10,0	29,0
123	8	10,3	1133,8	2,9	-38,9	299	41,1	29,5
124	11	8,0	1077,0	3,7	-35,8	169	21,4	11,9
125	22	7,5	1054,4	3,7	-37,0	193	30,2	8,3
126	4	10,2	1128,0	3,1	-36,6	280	19,5	0,0
128	1	-	1195,7	2,2	-38,5	350	69,0	6,0
133	6	-	1050,7	4,3	-35,6	150	16,2	1,2
p	-	0,010	0,018	0,013	0,001	0,001	0,030	0,036
n	57	25	57	57	57	57	57	57

Bien que le taux d'infection par la rouille vésiculeuse et le degré d'infestation par le charançon soient visiblement très différents entre les unités d'aménagement, il ne ressort aucune relation entre ces variables et les données climatiques. Par ailleurs, selon nos observations, l'indice de qualité de station n'est influencé ni par la rouille ni par le charançon.

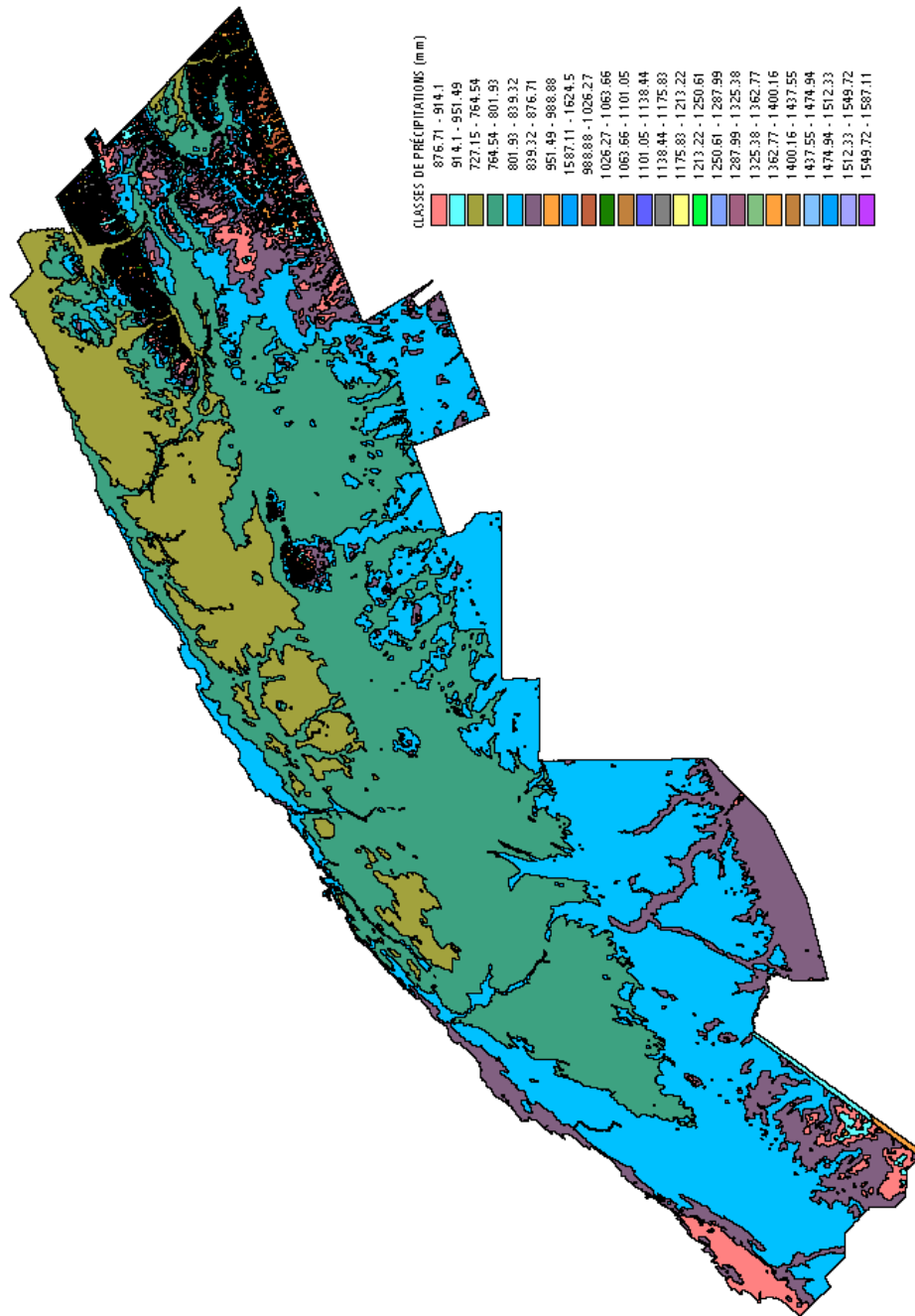


Figure 5 : Carte produite sur ArcView à partir des valeurs générées par BioSim et présentant la répartition des précipitations dans le BSL



L'engouement pour le pin blanc est palpable présentement un peu partout en Amérique, le phénomène n'est donc pas unique au Bas-Saint-Laurent. Un atelier organisé par le ministère des ressources naturelles de l'Ontario qui s'est déroulé en Ottawa en mars 2003 et ayant pour thème la rouille vésiculeuse du pin blanc a attiré près de 80 participants du Canada et des États-Unis. Dans notre région, où le pin blanc était autrefois abondant, il ne reste que très peu de peuplements purs contrairement à d'autres coins de la province comme dans l'Outaouais. Chez nous l'essence se retrouve donc principalement en plantation avec tous les problèmes qui y sont associés, notamment la rouille, le principal obstacle à surmonter.

On ne peut penser éliminer la rouille vésiculeuse du pin blanc, celle-ci fait maintenant partie de la réalité forestière. Par contre, on connaît aujourd'hui des moyens efficaces pour contrôler la propagation de cette maladie. Geils (2001) décrit la période actuelle comme le début d'une nouvelle ère dans l'histoire de la rouille vésiculeuse, faisant suite à un épisode d'éradication intensive du *Ribes*, une période où selon lui il faut s'adapter à la situation. Si notre région a véritablement à cœur de maintenir cette essence dans le paysage forestier, nous sommes en mesure d'y arriver. Mais le succès d'une telle entreprise n'est vraiment envisageable que sous certaines conditions comme par exemple de :

- Mettre sur pied et maintenir un programme structuré
- Y consentir des budgets suffisants
- Faire preuve de rigueur et de ténacité dans son application
- Partager les responsabilités entre les principaux acteurs régionaux
- Mettre en place un mécanisme de suivi pour évaluer l'efficacité des méthodes
- Procéder aux ajustements nécessaires à la lumière des résultats obtenus

Comme nous en avons fait mention dans le rapport de la phase I (Belleau et al. 2002), que ce soit pour lutter contre la rouille ou contre le charançon, la formule idéale consiste à instaurer un système d'aide à la décision qui combinent divers éléments dont les techniques sylvicoles, la détermination des zones à risque, l'utilisation de matériel génétique résistant, etc. Nous ne disposons pas à ce stade des informations requises dans le but de mettre sur pied un tel système pour le pin blanc, cependant les mesures suggérées plus loin en sont en quelque sorte le prélude.

Un programme devra être élaboré pour coordonner adéquatement les actions. Celui-ci doit prévoir un ensemble de mesures touchant l'inspection et le traitement des plantations actuelles, des directives pour orienter les nouveaux reboisements et le transfert des connaissances vers le praticien. Il sera livré par l'intermédiaire du programme d'aménagement forestier en vigueur en forêt privée. **Les traitements de contrôle devront faire partie intégrante des prescriptions sylvicoles et seront ainsi appliqués de façon systématique à toutes les plantations de pin blanc.** La procédure générale doit permettre de satisfaire autant les exigences en matière de traitement de la rouille, au premier plan, que de contrôle du charançon. Pour que le programme soit viable, on doit faciliter les opérations et tendre le plus possible à réduire la durée et la fréquence des interventions, quitte peut-être à concéder un peu d'efficacité. Il aurait été avantageux de pouvoir intervenir à un même moment pour traiter simultanément les deux agents mais plusieurs facteurs de nature biologique s'opposent à cette formule.

L'Agence régionale aura à parachever la structure du programme sur la base des recommandations qui suivent, émanant des connaissances de pointe dans le domaine, et à assurer sa coordination. Cela signifie d'identifier les priorités, de fixer des modalités de fonctionnement et les taux correspondants. Elle devra veiller à ce qu'une

formation adéquate soit dispensée à tous les agents livreurs et elle pourra pour cela compter sur le support de la Forêt modèle et des spécialistes du milieu scientifique. Pour un maximum d'efficacité, vu les connaissances requises pour émettre un diagnostic valable relativement à la rouille vésiculeuse, toutes les interventions ayant trait à cette maladie devraient relever exclusivement des agents livreurs. Dans cette optique, une équipe spécialisée pourrait être constituée et maintenue dans chacun des points de service à même le personnel existant. Cette équipe aura aussi pour mandat de former et d'encadrer les propriétaires de plantations afin que ceux-ci puissent effectuer eux-mêmes les inspections et les traitements pour maîtriser le charançon. Comme nous le verrons plus loin, le succès dans le contrôle du charançon exige un effort soutenu pendant plusieurs années, une exigence que seul un propriétaire véritablement intéressé est à même de rencontrer. Pour cette raison, nous croyons que **les propriétaires inscrits à l'aide individuelle en forêt privée devraient être favorisés pour participer à un tel programme**. L'Agence prévoira une aide financière pour que les agents livreurs puissent s'équiper d'outils de qualité et en quantité suffisante pour mener les opérations d'élagage et d'étêtage. Certains de ces instruments seront mis à la disposition des propriétaires.

### ***Modalités actuelles du cahier d'instructions techniques***

Quelques passages du cahier d'instructions techniques de l'Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent traitent du pin blanc, en voici l'essentiel.

Le reboisement de cette espèce est permis dans les friches ou dans les bûchés mais seulement en association avec d'autres essences résineuses, à l'exception de l'épinette de Norvège, et à raison de 625 pin blanc/ha environ (4m X 4m). On mentionne aussi que le pin blanc peut être reboisé sous couvert.

L'élagage pour traiter la rouille vésiculeuse est admissible dans les plantations offrant un bon potentiel d'avenir et à condition qu'au moins 5% des tiges soient infectées. On recommande l'utilisation de sécateurs ou de scies à élaguer et de stériliser les instruments lorsqu'ils ont été en contact avec une partie contaminée. L'opération doit être effectuée entre novembre et février inclusivement. On élague au moins le tiers du houppier, la hauteur d'élagage recherchée étant de 1,5 m. Lorsque cette prescription est irréalisable, l'aide financière est proportionnelle au pourcentage du 1,5 m qui a été élagué.

L'étêtage des flèches terminales est admissible dans les plantations affectées l'année courante par le charançon à condition que le pourcentage de tiges touchées se situe entre 5% et 15%. Le traitement peut débuter au début de juillet et s'étendre tout le mois. La taille de sélection des pousses est suggérée l'année même. Seulement 2 traitements sont acceptés pour la vie de la plantation.

D'autres recommandations orientent enfin le choix de l'essence en fonction des caractéristiques de sol (annexe III du cahier).

Les experts consultés suggèrent de revoir quelques-unes des affirmations contenues dans le cahier d'instructions techniques et ils recommandent même d'exclure certains passages du document comme nous le verrons plus loin.

### ***Soins aux plantations existantes***

Lors de la première phase du projet, nous avons répertorié environ 1000 plantations ayant des proportions variables de pin blanc à travers le Bas-Saint-Laurent. Les premières plantations ont été réalisées en 1962, il y a plus de 40 ans maintenant. Le groupe des plantations âgées de 8 et 9 ans est de loin le mieux représenté. Cet âge est

tout indiqué pour entreprendre des traitements de contrôle de la rouille vésiculeuse et on croit qu'il puisse aussi convenir pour maîtriser le charançon. Des relevés effectués dans 57 plantations à l'été 2001 ont permis de constater que la rouille était présente dans tous les cas. Cette situation justifie que l'on prenne rapidement des dispositions pour sauvegarder notre investissement.

L'Agence devra d'abord créer un registre des plantations à partir des données existantes du MRN pour pouvoir les localiser géographiquement et planifier ultérieurement les interventions. Celui-ci devrait aussi inclure les plantations d'épinette de Norvège, de potentiels foyers d'infestation à considérer lors de la sélection des sites à visiter. La Forêt modèle produira différentes cartes climatiques de la région à l'aide du logiciel BioSim, des outils qui permettront de donner priorité aux secteurs les plus productifs étant donné que les ressources seront probablement limitées.

Toutes les plantations de moins de 9 ans devraient être systématiquement visitées au cours des 4 prochaines années en éliminant de la liste celles où le pin blanc est en trop faible proportion (<10% par exemple). Nous proposons d'adopter une procédure simple pour évaluer l'état général de la plantation et déterminer la pertinence du traitement. On préparera à cet effet un formulaire qui servira à recueillir un certain nombre de données utiles dans le cadre du suivi. Simultanément, en parcourant la plantation, on estimera de façon oculaire deux critères avant d'autoriser la cure. L'étendue des dégâts annuels par le charançon devra se situer en dessous de 15%, seuil à partir duquel la situation est jugée hors de contrôle. De plus, la proportion de tiges infectées au tronc ou mortes des suites de la rouille devra être inférieure à 25%. La littérature ne fait mention d'aucune balise ayant pour effet de déclasser une plantation en vue d'un traitement contre la rouille vésiculeuse. Toutefois, vu le grand nombre de plantations à traiter, nous avons jugé pertinent d'éliminer les secteurs les plus touchés en fixant un seuil de façon arbitraire et cette valeur pourra être révisée au besoin. Ainsi, dès que l'une des conditions qui précèdent sera rencontrée, l'intervention est déconseillée.

#### *a) Contrôle de la rouille*

Si un traitement est prescrit, on recommande l'élagage systématique de toutes les tiges de la plantation, sauf celles affectées au tronc. On peut ainsi élaguer la moitié des verticilles jusqu'à une hauteur de 2 m ou jusqu'au 2/3 des verticilles sur les plus petits arbres (Gaston Laflamme comm. Pers. 2003). On coupera par la suite toutes les autres tiges de pin blanc mortes ou infectées au tronc. Cette dernière opération est désignée par la coupe d'assainissement dans le cahier d'instructions. Elle est inefficace pour contrôler la maladie si elle n'est pas accompagnée d'un élagage. Pour cette raison, précisément pour le pin blanc, il est suggéré de combiner ces deux interventions dans une prochaine version du cahier d'instructions techniques. La suppression des branches basses réduit le nombre de portes d'entrée pour la rouille mais cela permet aussi une meilleure aération du sous-étage et la pénétration du soleil. L'élagage a aussi pour bienfait de rehausser la qualité du produit final. Il est inutile de désinfecter les instruments ce qui rend l'opération plus simple. Il s'agit là d'une modification importante à apporter au cahier d'instructions car l'opération s'en trouve facilitée. Il n'y a pas non plus de période ciblée pour effectuer l'élagage, mieux vaut profiter de toute la saison d'opération en utilisant des outils bien affûtés étant donné la fragilité de l'écorce à certaines périodes. Toutes les branches élaguées et les arbres coupés peuvent être laissés sur le parterre forestier sans danger d'infection pour les arbres résiduels.

Pour différentes raisons, les plantations plus âgées pourront être traitées plus tard, si toutefois les conditions le permettent. De fait, la rouille tue d'abord les jeunes arbres de sorte que si de vieilles plantations sont toujours sur pied, il est probable qu'elles aient été épargnées. Aussi, pour un contrôle efficace du charançon, il est indispensable d'intervenir relativement tôt dans la vie d'une plantation. Enfin, on peut aussi s'attendre à des dégâts plus importants chez ce groupe de plantations et des difficultés à appliquer les traitements vu la hauteur des tiges.

## **b) Contrôle du charançon**

On recommande aussi d'amorcer la série d'interventions pour contrôler le charançon. La période de contrôle du charançon est critique puisque l'étêtage sanitaire des sujets frappés doit se faire avant l'émergence de la nouvelle génération d'adultes. Cette période varie annuellement et ne peut être fixée à l'avance. Certaines années, le contrôle sera effectué à la mi-juillet alors que d'autres années il surviendra à la mi-août. Il est donc important de se référer à un indicateur phénologique fiable. Ainsi, effectuer la coupe au moment où les framboises sauvages commencent à atteindre leur maturité permet d'intervenir avant l'émergence des adultes et au moment où les symptômes d'attaque sont bien visibles. On dispose alors d'environ 2 semaines pour effectuer les travaux. On comprend pourquoi il est impossible de combiner l'intervention d'élagage (rouille) avec celle d'étêtage (charançon) en une seule et même opération.

Un étêtage bien fait se traduit par une baisse substantielle et constante du nombre de flèches affectées. Il est donc impératif de poursuivre le travail d'étêtage durant au moins 5 à 6 années soit jusqu'à ce que la flèche terminale soit hors de portée d'un ouvrier muni d'un sécateur à perche (une hauteur de 20 pieds ou 6,0 m). Le charançon n'a alors plus aucun impact sur la qualité de la tige et une bille de 16 pieds (2,44 m) a été sauvegardée. Il est suggéré de faire les tailles de correction à chaque année qui suit un étêtage. Dans la plupart des cas, les tailles se limitent à prélever la branche qui cause une fourche et qui est en compétition avec la flèche terminale dominante. Il n'est pas utile de retirer les pousses latérales des autres branches et, de plus, nombreuses sont les tiges qui se corrigeront d'elles-mêmes. On élimine les pousses affectées en les brûlant dans les meilleurs délais.

## **Nouveaux reboisements**

### **Choix du site**

L'emplacement des nouvelles plantations est un facteur déterminant pour réduire la vulnérabilité des plants face à la rouille. Il faut rechercher un microclimat qui ne favorise pas l'infection. Le premier constat est que jusqu'à maintenant la presque totalité des plantations de pin blanc ont été localisées sur d'anciennes terres agricoles avec le succès que l'on connaît. En plus d'un appauvrissement généralisé du sol, ces sites abritent souvent d'abondantes colonies de *Ribes*. Pour ces raisons, il serait peut-être pertinent d'orienter davantage à l'avenir le reboisement du pin blanc vers le milieu forestier, suite aux coupes, plutôt que dans les friches.

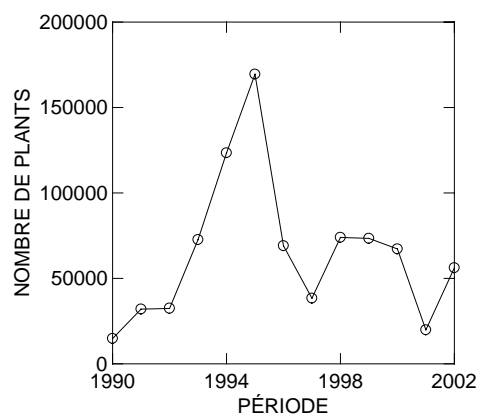
On sait par ailleurs que les spores de la rouille prolifèrent lorsque l'environnement est frais et humide. Certains règles bien connues doivent d'être observées lors de la sélection d'un site pour le pin blanc comme en fait mention l'annexe III du cahier d'instructions techniques de l'Agence. Ainsi, il faut éviter les bas de pente, les vallées où la circulation de l'air est difficile, les sols à mauvais drainage et la proximité des cours d'eau. Une compétition végétale dense autour des tiges contribue à maintenir un taux d'humidité élevé, favorable à la propagation de la maladie et où foisonnent le *Ribes* (Pomerleau 1969). Pour le pin blanc, plus que pour toute autre essence peut-être, un entretien fréquent de la plantation est souhaitable. Il pourrait être judicieux de revoir les éléments de diagnostic et la fréquence des entretiens admissibles dans le cahier d'instructions techniques pour tenir compte de cette particularité.

On doit aussi se préoccuper du rendement de la plantation. À ce chapitre, il serait intéressant de mettre en pratique les observations faites entre les indices de qualité de station et certains paramètres climatiques pour donner priorité aux territoires ou propriétés jouissant de meilleures conditions de croissance. Les cartes climatiques pourront

également s'avérer un outil efficace pour le travail des responsables de l'Agence qui auront à trier les demandes de reboisement des divers agents livreurs en repérant les zones à risque où l'air ambiant est plus humide. La sélection des sites où la croissance est optimale a pour conséquence directe de réduire l'impact du charançon : souvent une courte flèche terminale est complètement détruite par le charançon et ce dernier s'attaque alors au verticille inférieur.

### **Disponibilité en plants**

Entre 1962 et 1989, il s'est reboisé un peu plus de 252 000 plants de pin banc dans la région du Bas-Saint-Laurent soit environ 9 000 plants annuellement. Depuis, le niveau de reboisement a considérablement fluctué au fil des ans, mais les quantités sont demeurées faibles vu la multiplicité des problèmes rencontrés avec cette essence. La pépinière de St-Modeste est responsable de l'approvisionnement en pin blanc pour toute la région et présentement la production annuelle est de l'ordre de 35 000 semis : de quoi reboiser tout au plus 56 hectares avec un espacement de 4 m. La totalité de cette production est mise en terre en forêt privée.



**Figure 6 : Évolution du nombre de plants de pin blanc reboisés dans le Bas-Saint-Laurent entre 1990 et 2002 (Données fournies par l'Agence régionale de mise en valeur de la forêt privée)**

De manière à intensifier l'effort de reboisement, il est essentiel d'augmenter la production. Les plants devant séjourner 4 années en pépinière, il faudrait dès maintenant modifier le carnet de commande d'autant plus que les graines de cette essence ont besoin d'une période de stratification de plusieurs semaines pour accroître le taux de germination. Cette attente bien nécessaire est une occasion à saisir pour tester l'applicabilité des procédures d'entretien suggérées plus haut dans les plantations existantes avant de lancer définitivement un programme.

Rappelons que des tests de descendance sont en cours dans des plantations expérimentales situées sur les seigneuries d'Abitibi-Consolidated en vue d'évaluer, entres autres, les propriétés d'un grand nombre de souches de pin blanc dont la résistance à la rouille. On travaille aussi à mettre au point au Québec des agents de biocontrôle.

### **Prescription de reboisement**

On peut envisager de poursuivre avec les modalités actuellement en vigueur dans le cahier d'instructions jusqu'à l'obtention des réponses attendues de la période de mise à l'essai des mesures de contrôle. Mais ces directives ne

résultent pas en un arrangement spatial des plants qui facilite subséquemment les inspections et les interventions sanitaires. On doit tenter de répondre à deux objectifs par le reboisement du pin blanc :

1. produire du bois d'œuvre de qualité;
2. contribuer au maintien de la biodiversité;

Des attentes n'étant pas pleinement conciliables et qui mènent ici à des recommandations différentes.

Dans le premier cas, la plupart des auteurs proposent de recourir au reboisement sous couvert. La présence du couvert réduit l'occurrence de rosée sur les aiguilles qui est favorable à l'émergence de la rouille. Un couvert fermé serait aussi peu propice au charançon. Idéalement, on recherchera une canopée dont le degré de couverture varie entre 40 à 50 % (Katovich et Mielke, 1993). Le pin blanc est en effet capable de survivre dans des conditions où le couvert ne laisse filtrer que 20% de l'ensoleillement, mais sa croissance en hauteur sera maximale lorsque cette valeur est de l'ordre de 45 % (Wendel et Clay Smith 2000). Il faut donc être conscient qu'un reboisement de pin blanc sous couvert improprement planifié risque de compromettre la croissance des plants.

Si le couvert est absent, il a été démontré qu'il était possible de réduire les problèmes de charançon en reboisant le pin blanc avec d'autres essences. On optera pour celles qui ont une croissance rapide et par conséquent qui produiront en quelques années un effet de couvert. L'espacement entre les plants doit être de 2,5 m ou moins (Alfaro et Lavallée 1998, Katovich et Mielke 1993) pour stimuler la croissance en hauteur et résorber rapidement les déformations causées par le charançon. Lorsque cela est réalisable, on conservera certaines tiges résiduelles pour faire ombrage. Mais quelque soit l'approche retenue, nous suggérons de revenir à des proportions plus importantes de pin blanc (1250 plants/ha) contrairement à ce qui est actuellement permis au cahier d'instructions techniques. On doit aussi éviter de reboiser cette essence dans des trouées où le diamètre est inférieur à la hauteur des arbres avoisinants. Les pins blancs devraient être disposés en rangée ou en alternance parmi les autres essences. Les nouvelles plantations devraient en outre couvrir une superficie limitée pour que leur entretien puisse être réalisé dans des temps et moyennant des efforts raisonnables.

Si c'est plutôt du maintien de la biodiversité dont il est question, un reboisement de plus faible densité est une des avenues à exploiter. Louis Labrecque, de la direction régionale du MRN, songe à instaurer dès le printemps 2004 une pratique qui va dans ce sens et qui consiste à insérer dans les ballots de plants résineux entre 2 et 3% de pins blancs. On exclut forcément toute forme de contrôle de la rouille ou du charançon pour ces plants et on doit plutôt miser sur leurs probabilités de survie.

### ***Calendrier d'inspection et de contrôle***

Les nouvelles plantations de pin blanc viendront s'ajouter aux plantations existantes dans la banque de données de l'Agence avec les données descriptives correspondantes. Rappelons que pour des raisons économiques, la procédure que nous suggérons vise à réduire le plus possible la fréquence des interventions, tout en satisfaisant les exigences en matière de contrôle de la rouille et du charançon. Les seuils de rejet de 15% et 25% énoncés plus haut pour l'un et l'autre agent ne sont plus effectifs pour les nouvelles plantations étant donné l'âge hâtif auquel débute les activités de suivi (Figure 7). Les techniques de contrôle demeurent essentiellement les mêmes.

#### ***a) Rouille vésiculeuse***

On recommande que le premier élagage soit réalisé vers l'âge de 6 ans jusqu'à une hauteur d'environ 1,5 m en prélevant au plus les 2/3 des verticilles vivants du houppier chez les arbres les plus petits. Certains auteurs suggèrent de débiter les élagages dès l'âge de 4 ans même si les plants ont moins de 1,0 m de hauteur

(Nicholls et Anderson, 1977) alors que pour d'autres le seuil est fixé à 5 ans (Katovich et Mielke, 1993). Pour sa part, Lavallée (1992) préfère parler d'un âge plus avancé mentionnant qu'entre 5 et 7 ans les pins meurent rapidement s'ils sont atteints. Mais quoiqu'il en soit, il est essentiel que la plantation ait atteint à ce moment le stade de libre croissance. Le second et dernier élagage devrait avoir lieu 10 ans plus tard selon Nicholls et Anderson (1977). Gaston Laflamme du SCF précise toutefois que pour la région des Appalaches, la période d'attente idéale se situerait davantage aux alentours de 4 à 6 ans. La hauteur du second élagage devrait atteindre entre 2,5 m et 3,0 m. Nombreux sont les auteurs américains à fixer la hauteur minimale de l'élagage pour fin de contrôle de la rouille vésiculeuse à 9 pieds (2,7 m) et la hauteur optimale à 17 pieds (environ 5 m), ceci dans l'optique d'obtenir une bille de 16 pieds de longueur. Les hauteurs d'élagage qui précèdent sont mentionnées à titre indicatif seulement. Dans les faits, c'est la hauteur des infections qui détermine la prescription d'élagage devant être appliquée tout en conservant une proportion acceptable de cime vivante résiduelle. Tout ceci confirme une fois de plus le bien-fondé de confier les travaux liés à la rouille à une équipe spécialisée ayant pour point d'attache chacun des agents livreurs.

On suggère enfin à chaque élagage de procéder à l'éradication ou à l'application d'herbicides sur tout groseillier situé dans un rayon de 300 m à 500 m de la plantation. La proximité et la quantité de *Ribes* dans et autour de la plantation demeurent les principaux facteurs liés au progrès de la rouille vésiculeuse surtout si la plantation est à l'abri des circulations d'air (Lavallée 1992). Des efforts d'éradication systématique comme ceux que rapportent Pomerleau (1969), parviennent à faire chuter les risques de façon substantielle. Il est vrai qu'on a remis en question l'efficacité d'un important programme d'éradication qui s'est déroulé aux États-Unis entre 1917 et la fin des années 70 et ayant atteint son apogée durant la dépression. Par contre, on lui attribue le faible niveau d'infection qui prévaut actuellement dans certains états américains (Lombard et Bofinger 1999). Réalisée à l'échelle d'une plantation, par son propriétaire ou des ouvriers qualifiés, on peut espérer des effets bénéfiques de cette technique pour des efforts modérés. Il pourrait même être envisagée d'allouer une prime aux propriétaires fichés parmi les participants au programme sur présentation de plants éradiqués.

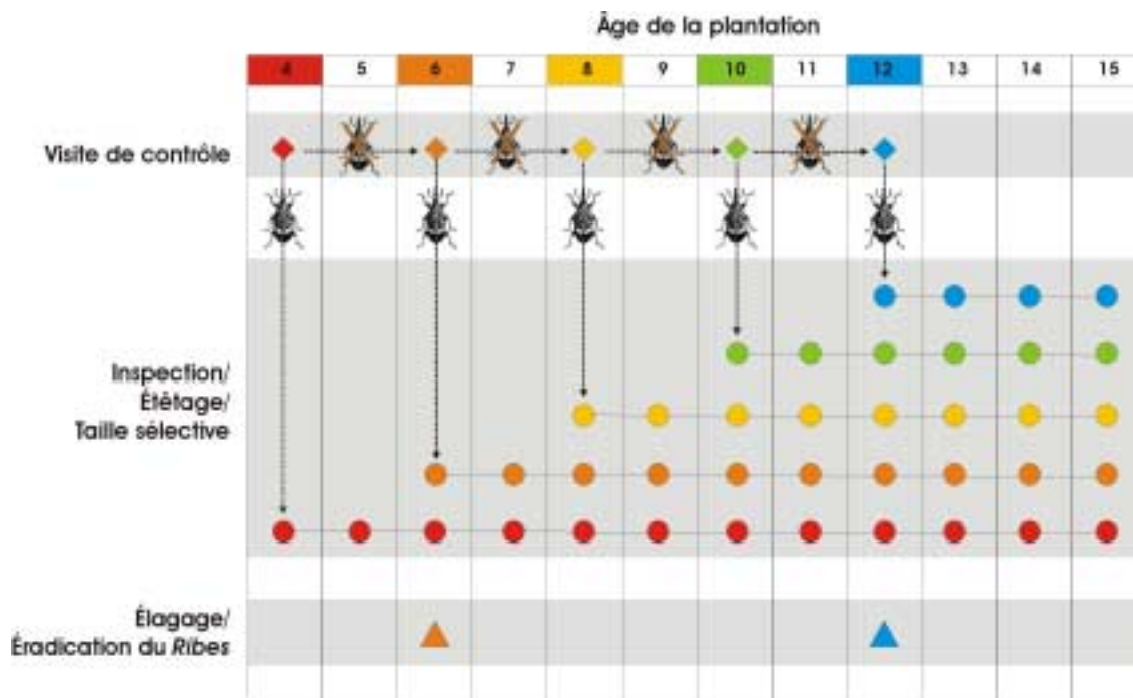


Figure 7 : Calendrier de surveillance et de contrôle des nouvelles plantations de pin blanc

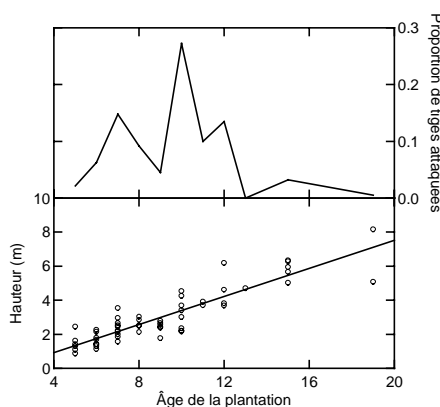
## b) Charançon du pin blanc

La période de traitement du charançon est critique puisque l'étêtage sanitaire des sujets frappés doit se faire avant l'émergence de la nouvelle génération d'adultes. Cependant, celle-ci varie annuellement et ne peut être fixée à l'avance. Certaines années le contrôle sera effectué à la mi-juillet alors que d'autres années, il se fera à la mi-août. Il est alors important de s'en remettre à un indicateur phénologique fiable qui sera en relation avec nos travaux sanitaires. Ainsi, effectuer la coupe au moment où les framboises sauvages commencent à atteindre leur maturité permet d'intervenir avant l'émergence des adultes et au moment où les symptômes d'attaque sont bien visibles. L'Agence pourrait transmettre un avis aux agents livreurs au moment opportun de chaque année, leur fournissant la liste des plantations exigeant un suivi et leur rappelant de contacter les propriétaires concernés s'il y a lieu.

Quelques observations faites à l'été 2001 nous indiquent que le charançon est susceptible de faire son apparition dès le tout jeune âge de la plantation (Figure 8). Pour cette raison, nous croyons que le suivi devrait débuter à partir de la sixième année. On aura aussi avantage à jumeler, en autant que la chose soit réalisable, les visites de contrôle ayant pour but de vérifier la présence du charançon avec les inventaires destinés à évaluer le besoin de dégagement de la plantation. Aussitôt l'insecte détecté, on devra entreprendre la procédure d'assainissement (inspection/étêtage/taille sélective) qui sera répétée à chaque année (productivité de 0,5 ha/h/pers si le taux d'infestation = 1 %) jusqu'à ce que la plantation atteigne une hauteur « refuge », c'est à dire une hauteur où le charançon n'aura plus d'impact négatif sur la qualité du tronc. Le nombre d'années nécessaires dépend donc du moment où débutera le traitement et de la rapidité de croissance du pin blanc, comme nous l'avons mentionné à la section traitant des soins aux plantations existantes, d'où l'intérêt de sélectionner les sites où la croissance en hauteur est optimale. Ainsi, bien que le calendrier (Figure 7) propose d'étaler la procédure d'assainissement jusqu'à la quinzième année, stade où selon nos données les arbres attendraient une hauteur de près de 6 m, c'est la hauteur réelle des arbres qui déterminera la durée du traitement. D'un autre côté, il pourrait être envisageable de stopper les traitements à compter de la douzième année puisqu'à cet âge les plantations semblent présenter moins d'attrait pour le charançon, une affirmation qui demande cependant à être confirmée.

Les tailles de correction doivent être effectuées à chaque année qui suit une opération d'étêtage. Dans la plupart des cas, les tailles se limiteront à prélever la branche qui cause une fourche et qui entre en compétition avec la flèche terminale dominante. Il n'est pas utile de retirer les pousses latérales des autres branches et, de plus, nombreuses sont les tiges qui se corrigeront d'elles-mêmes. On élimine enfin les pousses coupées en les brûlant sans attendre.

On estime après cette cure que la plantation sera hors de danger. L'éclaircie précommerciale ne surviendra pas avant l'âge de 25 ans et le type d'éclaircie qui consiste à éliminer des rangées complètes est à proscrire.



**Figure 8 : Niveau d'attaque du charançon et hauteur des tiges selon l'âge des plantations de pin blanc visitées à l'été 2001**

### ***Protection des dominants et surdominants***

La rareté de l'espèce rehausse la valeur écologique des individus de forte taille qui sont encore présents dans le paysage du Bas-Saint-Laurent. Des dispositions spéciales (sensibilisation, directives, mesures compensatoires) pourraient être envisagées pour en assurer la sauvegarde ce serait une autre façon de participer au maintien de la biodiversité.

### ***Transfert de connaissances***

Il revient à l'Agence d'organiser les activités de transfert de connaissances et d'identifier pour cela les véhicules et les ressources appropriés. La majeure partie du travail consistera à former adéquatement le personnel des différents points de service. La formation pourra s'adresser à l'ensemble du personnel ou encore, tel que suggéré précédemment, à une groupe restreint chez chaque agent livreur en vue de mettre sur pied une équipe spécialisée. Deux outils sont déjà disponibles à cette fin. Il s'agit d'affiches explicatives produites par les chercheurs Robert Lavallée et Gaston Laflamme du SCF, l'une traitant du contrôle du charançon l'autre de la lutte contre la rouille, respectivement. Deux vidéos visant à vulgariser les différentes techniques de contrôle sont aussi sur la planche à dessin en ce moment.

Voici quelques autres actions qui pourraient être entreprises incessamment :

- Promotion du programme parmi les propriétaires du BSL;
- Guide d'entretien des plantations de pin blanc;
- Informations sur le site Internet de l'Agence;
- Production de matériel promotionnel.

### ***Recherche et suivi***

La démarche doit s'accompagner d'un suivi de l'efficacité du programme et de ses interventions. Une partie des analyses pourra être réalisée par l'Agence elle-même. Il serait sans doute pertinent de bien structurer dès le départ la saisie de l'information pour qu'elle puisse être récupérable par les chercheurs ou par la Forêt modèle. Ceux-ci

devraient être impliqués dans l'élaboration des formulaires de saisie qui seront complétés lors des inspections et pour fixer le fonctionnement du mécanisme de suivi.

À court terme, la Forêt modèle entreprendra divers essais avec la participation du SCF. Elle compte notamment mettre en place des plantations expérimentales pour suivre les reboisements mixtes combinant le pin blanc et l'épinette de Norvège. La Forêt modèle entend aussi assurer le suivi des placettes permanentes installées dans le cadre de la présente étude et ce de concert avec la DRF.

## **Sommaire des recommandations**

Nous avons regroupé ici les principales recommandations qui émanent de cette étude.

### 1. Réviser le cahier d'instructions techniques :

- La série des traitements de contrôle devraient apparaître au cahier d'instructions comme faisant partie intégrante de toute prescription de reboisement comportant du pin blanc;
- Resserrer les directives pour l'entretien des plantations de pin blanc;
- Proposer des taux encourageants;
- Revoir les instructions concernant le traitement de la rouille, dont :
  - La coupe d'assainissement et l'élagage : un traitement
  - Les seuils minimaux d'infestation;
  - Les hauteurs d'élagage;
  - L'obligation de stériliser les instruments;
  - La possibilité de reboiser les parterres de coupe;
  - Les incitatifs pour l'éradication du *Ribes*.
- Revoir les instructions concernant le contrôle du charançon, dont :
  - La coupe et la destruction des flèches attaquées à faire avant l'émergence des adultes
  - Les pousses coupées sont éliminées par brûlage;
  - L'indicateur phénologique : début de maturation des framboises sauvages;
  - La poursuite des traitements sur 5 à 6 années consécutives.



2. Monter une base de données cumulant l'information relative à toutes les plantations, existantes ou à venir, et comptabilisant les interventions;
3. Produire des cartes climatiques du Bas-Saint-Laurent;
4. Aviser les pépinières d'accroître la production de plants;
5. Définir les termes du programme pour réintroduire le pin blanc et les modalités de la vérification opérationnelle;
6. Organiser les activités de formation;
7. Fournir aux agents livreurs des directives et budgets pour l'acquisition des instruments d'élagage et d'étêtage;
8. Développer un outil d'aide à la décision pour faciliter la gestion et la planification des travaux dans les plantations.

Le projet qui se termine a été mis de l'avant dans le but d'identifier des solutions pratiques au problème d'extinction du pin blanc dans la région du Bas-Saint-Laurent. En quête d'une réponse, l'étude a été planifiée en deux phases conformément aux recommandations des chercheurs qui ont accepté d'encadrer la démarche. Nous avons d'abord dressé un portrait des plantations de pin blanc à travers la région et cherché à cibler des particularités régionales parmi les facteurs pouvant expliquer l'incidence de la rouille et les attaques du charançon. Puis, nous avons analysé le rendement de ces plantations sous l'angle des indices de qualité de station.

L'état des plantations est plutôt précaire, c'est du moins ce que traduisent les statistiques. La majorité des plantations sont présentement infectées, la maladie progresse rapidement et on anticipe d'importantes pertes à brèves échéances. À ce constat s'ajoutent les dégâts du charançon qui sont relativement répandus.

L'indice de qualité de station qui est un bon indicateur du potentiel de croissance d'un peuplement varie géographiquement dans le Bas-Saint-Laurent. Il serait envisageable de faire usage de cette valeur pour établir des priorités d'intervention en sélectionnant parmi les unités d'aménagement, les secteurs les plus productifs. La mesure de cet indice exige de nombreuses données descriptives de la végétation en place, mais il est relié à différentes variables caractéristiques du climat pouvant aider à en faire une estimation à partir de cartes.

Un contrôle efficace des agents pathogènes et ravageurs est possible sur la base des connaissances actuelles. La réflexion nous a conduit à suggérer quelques avenues que nous proposons principalement à l'Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent. La clef passe par l'élaboration et la mise en œuvre d'un programme spécialement dédié à la cause. D'autres bien avant nous se sont penché sur cette même problématique, ce qui a donné lieu à l'émergence d'initiatives multiples en Amérique, pas toujours couronnées de succès. L'approche que nous proposons aux décideurs en vue de structurer un programme semblable n'a rien de particulièrement nouveau. En revanche, l'avant-gardisme et la détermination bien connue des forestiers du Bas-Saint-Laurent pourrait une fois de plus faire toute la différence et éventuellement avoir des retombées ailleurs.

La rouille ne doit pas être un facteur qui freine les forestiers intéressés à l'aménagement du pin blanc (Lombard et Bofinger 1999). La réussite repose essentiellement sur une volonté et un engagement vers un objectif commun.



## BIBLIOGRAPHIE

---

- Agence régionale de mise en valeur des forêts privées du Bas-Saint-Laurent. 2002. Cahier d'instructions techniques 2002-2004. 200 pages.
- Alfaro R. et Lavallée R. 1998. Le charançon du pin blanc. Page d'accueil. Service canadien des forêts. [http://www.pfc.forestry.ca/entomology/weevil/manage\\_e.html](http://www.pfc.forestry.ca/entomology/weevil/manage_e.html) (page consultée le 24 février 2003)
- Belleau, P., Rioux S. et Roy, M. 2002. Élaboration d'un programme de réintroduction du pin blanc pour la région du Bas-Saint-Laurent. Rapport de la phase I. La Forêt modèle du Bas-Saint-Laurent. 23 pages et annexes.
- Bolghari, H.-A. et Bertrand, V. 1984. Tables préliminaires de production des principales essences résineuses plantées dans la partie centrale du sud du Québec, Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, Service de la recherche (Terres et Forêts), Sainte-Foy, Mémoire no 79. 392 pages et annexes.
- Chen, H.Y.H., Krestov, P.V. et Klinka, K. 2002. Trembling aspen site index in relation to environmental measures of site quality at two spatial scales. *Can. J. For. Res.* 32 : 112-119.
- Direction des programmes forestiers du ministère des Ressources naturelles. 1998 Manuel d'aménagement forestier, Document d'annexes.
- Fins, L., Byler, J., Ferguson, D., Harvey, A., Mahalovich, M.F., McDonald, G., Miller, D., Schwandt, J., and Zack, A. 2001. Return of the giants. University of Idaho College of Natural Resources, Station Bulletin 72.
- Geils, B.W. 2001. Impacts of white pine blister rust. USDA. [en ligne]  
<http://www.rmrs.nau.edu/rust/Geils2001/text.html> (page consultée le 24 février 2003)
- Katovich, S. et Mielke, M. 1993. How to manage Eastern White Pine to Minimize Damage from Blister Rust and White Pine Weevil. USDA. [en ligne]  
[http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/howtos/ht\\_white/white.htm](http://www.na.fs.fed.us/spfo/pubs/howtos/ht_white/white.htm) (page consultée le 24 février 2003)
- Lavallée, A. 1992. Évolution de la rouille vésiculeuse du pin blanc dans les jeunes plantations de pins blancs. Rapport d'information LAU-X-101. Forêts Canada Région du Québec. 24 pages.
- Lombard, K. et Bofinger, J. 1999. White Pine Blister Rust *Cronartium ribicola* Infection Incidence for Selected Areas of New Hampshire. NH Division of Forests and Lands Department of Resources and Economic Development. 11 pages.

- Maloy, O.C. 1997. White Pine Blister Rust Control in North America : A Case History. *Annu. Rev. Phytopathol* 35 : 87-109.
- Maloy, O.C. 2001. White Pine Blister Rust. Washington State University. [en ligne]  
<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/management/whitepine>  
(page consultée le 24 février 2003)
- Natural Resources Canada. Weevil Management. [en ligne]  
[http://www.pfc.forestry.ca/entomology/weevil/manage\\_e.html](http://www.pfc.forestry.ca/entomology/weevil/manage_e.html)
- Nicholls, T.H. et Anderson, R.L. 1977. Management of white pine blister rust. [en ligne]  
<http://www.for.gov.bc.ca/tasb/legsregs/fpc/fpcguide/PINESTEM/pine2.htm>  
(page consultée le 24 février 2003)
- Pomerleau, R. et Bard, J. 1969. Les plantations de pin blanc et la rouille vésiculeuse dans le Québec. *Phytoprotection*, volume 50, No.1, pages 32-37.
- Prégent, G. 1996. Devis technique pour la mesure des effets réels des traitements sylvicoles. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. 28 pages et annexes.
- Prégent, G., Bertrand, V. et Charrette, L. 1996. Tables préliminaires de rendement pour les plantations d'Épinette noire au Québec – Mémoire de recherche N° 118. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. 63 pages et annexes.
- Régnière, J. 1996. Generalized approach to landscape-wide seasonal forecasting with temperature-driven simulation models. *Environ. Entomol.* 25 :869-881.
- 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.
- Ung, Chhun-Huor, Bernier, P.Y., Raulier, F., Fournier, R.A., Lambert, M-C. et Régnière, J. 2001. Biophysical Site Indices for Shade Tolerant and Intolerant Boreal Species. *Forest Science* 47(1) : 83-95.
- Wendel G.W. et Smith, H.C. *Pinus strobus* L. - Eastern White Pine. USDA. [en ligne]  
[http://willow.ncfes.umn.edu/silvics\\_manual/Volume\\_1/pinus/strobus.htm](http://willow.ncfes.umn.edu/silvics_manual/Volume_1/pinus/strobus.htm)  
(page consultée le 21 juillet 2000)

**Liste des variables saisies à l'aide du collecteur électronique**

**Caractéristiques biophysiques**

PLANT .....	Numéro de la plantation
PEP .....	Numéro de la placette
SUPPEP .....	Superficie de la placette (ha)
NPIED .....	Nombre original de pieds d'arbre
ANZERO .....	Année d'origine des plants
ESP1 .....	Espacement entre les arbres sur une ligne (cm)
ESP2 .....	Espacement entre les lignes (cm)
LATGPS .....	Latitude déterminé in situ (ex:473230) (dms)
LONGGPS .....	Longitude déterminé in situ (ex:772830) (dms)
ALTGPS .....	Altitude déterminé in situ (m)
LATCART .....	Latitude selon des cartes (dms)
LONCART .....	Longitude selon des cartes (dms)
ALTCART .....	Altitude selon des cartes (m)
DIM1PEP .....	1ere dimension de la placette (m)
DIM2PEP .....	2e dimension de la placette (si nécessaire)(m)
PENTE .....	Pente agissante sur la placette (%)
EXPOS .....	Exposition de la pente (degrés)
DRAIN .....	Code de classe de drainage
REGTHI1 .....	Région écologique de Thibault (partie 1)
REGTHI2 .....	Région écologique de Thibault (partie 2)
REGSAU1 .....	Région écologique de Saucier et al. (partie 1)
REGSAU2 .....	Région écologique de Saucier et al. (partie 2)
DISTECO1 .....	District écologique de Robitaille (partie 1)
DISTECO2.....	District écologique de Robitaille (partie 2)
DEPCARTA .....	Code de dépôt selon les cartes du MRN (partie 1)
DEPCARTB .....	Code de dépôt selon les cartes du MRN (partie 2)

DEPEP ..... Epaisseur du dépôt (code pour sols minces)  
TEXTURE ..... Code de texture de sol évaluée in situ  
PENTESIT ..... Code de situation sur la pente  
PENTEFOR ..... Code de forme de la pente  
PENTEVER ..... Code du versant  
REGARNI ..... Placette regarnie  
DEGAGE ..... Placette dégagée  
ECLAIR ..... Placette éclaircie  
SPMFPRO ..... No de projet SPMF  
SPMFSTO ..... No de stock SPMF  
SPMFPLA ..... No de placette SPMF  
SPMFCAR ..... Caractéristiques de la pep  
ACTIVE ..... Placette active ou non  
DISPO ..... Type de dispositif

### **Caractéristiques dendrométriques**

PLANT ..... Numéro de la plantation  
PP ..... Numéro de la placette  
ANNEE ..... Année de la prise de mesure  
NTO..... Nombre total d'arbres à l'inventaire  
EVALORG ..... Organisme de l'évaluateur  
EVAL ..... Initiales des évaluateurs (ex: RK-JBG)  
JOUR ..... Date de l'évaluation (ex: 1994/08/26)  
NOARBRE..... Numéro de l'étiquette sur l'arbre  
ESSENCE..... Nom de l'essence  
POUN ..... Planté ou Naturel (P ou N)  
VOUMOUC ..... Vivant, Mort OU Coupé (V, M ou C)  
HT ..... Hauteur de la plus haute tige vivante (cm)  
NTVIV ..... Nombre de tiges vivantes  
DHPVIVn ..... DHP des tiges vivantes (ex: 23.4 12.5 4.4)(mm)



NTMORT ..... Nombre de tiges mortes  
DHPMORTn ..... DHP des tiges mortes (ex:8.8 12.4) (mm)  
NCETAT ..... Nombre de codes d'état  
CODETATn..... Codes d'état  
CODECOMP ..... Code de compétition  
ESSCOMP ..... Essence(s) en compétition (ex:DRS-BOP-SAB-GRS)

### **Végétation dans les placettes**

PLANT ..... Numéro de la plantation  
PEP ..... Numéro de la placette  
ANNEE ..... Année de la prise de mesure  
NARBO ..... Nombre d'espèces de la strate arborescente  
NARBU ..... Nombre d'espèces de la strate arbustive  
NHERB ..... Nombre d'espèces de la strate herbacée  
NMSL ..... Nombre d'espèces de la strate Mousse-Sphaigne-Lichen  
ARBO ..... Code de l'espèce de la strate arborescente  
ARBOAB ..... Code d'abondance de l'espèce de la strate arborescente  
ARBU ..... Code de l'espèce de la strate arbustive  
ARBUAB ..... Code d'abondance de l'espèce de la strate arbustive  
HERB ..... Code de l'espèce herbacée  
HERBAB ..... Code d'abondance de l'espèce herbacée  
MSL ..... Code de l'espèce de la strate Mousse-Sphaigne-Lichen  
MSLAB ..... Code d'abondance de l'espèce de la strate Mousse-Sphaigne-Lichen