Québec

Mémoire nº 80
Deuxième tirage, 1986

L'ÉCONOMIQUE DU DRAINAGE FORESTIER AU QUÉBEC

par Jean-Paul Nadeau et Blaise Parent

ERI-5310-80

O.D.C. 651.78 (047.3)(714) L.C. SD 393

JEAN-PAUL NADEAU est bachelier ès sciences appliquées (foresterie) de l'université Laval depuis 1963. Après deux années de travail dans la région de Roberval pour le ministère des Terres et Forêts du Québec, il entreprend en 1965 des études de deuxième cycle en économie forestière à l'université Laval. En 1968, il reçoit une maîtrise en sciences économiques de l'université de Syracuse; puis en 1969, il obtient un doctorat en sciences économiques (économie forestière) de la même université. La même année, il entre au Service des études économiques du ministère des Terres et Forêts. Depuis 1970, il est chef de la Division de recherche en économie forestière au même Ministère.

BLAISE PARENT, diplômé d'études collégiales en informatique, est bachelier ès sciences appliquées (foresterie) de l'université Laval depuis 1977. Il travaille depuis lors dans la division d'économie forestière du Service de la recherche (Terres et Forêts) du ministère de l'Énergie et des Ressources et collabore aussi aux activités d'autre Services du Ministère.

L'ÉCONOMIQUE DU DRAINAGE FORESTIER AU QUÉBEC

par

JEAN-PAUL NADEAU, ing.f., M.Sc.E., Ph.D.
et
BLAISE PARENT, ing.f.

MÉMOIRE N° 80

SERVICE DE LA RECHERCHE
(TERRES ET FORÊTS)
MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES

1982

Deuxième tirage, 1986

Ce texte constitue le rapport final du projet de recherche Ecn 77-6

ISBN 2-550-02736-1
Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

AVANT-PROPOS

Après la rédaction de ce rapport, le professeur Dr Leo Heikurainen de Finlande, sommité mondiale dans le domaine du drainage forestier et président de la Société internationale des tourbières, est venu au Québec présenter une conférence sur le drainage forestier et à aussi visité certaines tourbières boisées dans les comtés de Nicolet, Mégantic et Lotbinière. Cette visite était organisée dans le cadre du projet de recherche de la Fédération des producteurs de bois du Québec. L'opinion du Dr Heikurainen, sur la réaction prévisible de nos peuplements au drainage, confirme que l'opération aura un effet plus grand au Québec qu'en Finlande et concorde avec les résultats de notre propre simulation. En effet, certains des peuplements québécois visités connaîtraient, par le drainage, une augmentation équivalent à sept ou huit fois l'accroissement actuel sans drainage. Ainsi, notre hypothèse selon laquelle l'accroissement sera doublé ou même quintuplé par le drainage est conservatrice.

J.-P. Nadeau
Octobre 1982

REMERCIEMENTS

Nous désirons remercier sincèrement tous ceux et celles qui ont contribué directement et indirectement à la réalisation de cette recherche. Soulignons d'abord les experts finlandais rencontrés lors de la mission et qui ont permis à l'un de nous de connaître les divers aspects du drainage forestier dans leur pays, tant au niveau théorique que pratique. Ce sont, entre autres, MM. Eero Paavilainen, Juhani Päivänen et Seppo Kaunisto. Cette mission a été organisée grâce à la collaboration du ministère des Affaires intergouvernementales du Québec, du ministère de l'Énergie et des Ressources ainsi que du Centre de recherche industrielle du Québec. M. Roland Auger, du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec à Nicolet, nous a également aidé à prendre connaissance du type de drainage fait par son ministère (dimensions des fossés, équipement, coûts, etc.). Souvent ces fossés longent un boisé ou le traversent.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du comité de lecture pour leurs commentaires sur le fond et la forme du présent document. Leur travail constitue un apport précieux.

Merci aussi à M. Maurice Gagnon, technicien forestier, pour sa collaboration à certaines compilations. Mlles Linda Jobin et Marlyn Drouin ont effectué le travail de dactylographie. Nous remercions MM. Raymond Castonguay et Lévis Beaulieu, techniciens en arts graphiques, pour leur collaboration, et M. Fabien Caron, pour la révision et l'édition de ce rapport.

RÉSUMÉ

Au Québec, l'étendue des tourbières et des autres terrains mal drainés est immense. La mise en valeur de ce territoire forestier nécessite d'abord un drainage en vue d'abaisser la nappe phréatique, d'améliorer l'oxygénation du sol et de stimuler la croissance.

Ce rapport analyse, à la demande du Service des prêts forestiers de l'Office du crédit agricole, la rentabilité économique, pour l'entreprise privée et l'Etat, de travaux de drainage dans les forêts privées au Québec. De façon plus spécifique, il s'agit:

1- de développer une méthodologie générale permettant une évaluation économique du drainage forestier

2- de faire une revue de la littérature concernant le drainage forestier

3- de faire le point sur une mission effectuée en Finlande dans le domaine du drainage forestier

4- de déterminer les variables requises pour l'analyse économique

5- d'appliquer la méthodologie générale au Québec à partir de l'expérience dans d'autres pays, en particulier les États-Unis et la Scandinavie (Finlande)

6- et de faire des recommandations pour le Québec.

Les études de croissance sur des peuplements drainés ailleurs ont permis de proposer des hypothèses de croissance pour le Québec. Un modèle de simulation a été développé puis appliqué afin d'obtenir, pour le Québec, un ensemble de modèles de croissance. Ceux-ci tiennent compte des facteurs suivants: essence, classe de fertilité, classe de densité (surface terrière), âge du peuplement au moment de la mise en place du réseau et période de réaction du peuplement au drainage. Il a ensuite été possible d'estimer le volume ligneux additionnel net résultant du drainage.

Les essences suivantes ont été retenues: épinette noire, sapin baumier, épinette blanche, thuya, érable rouge et peuplier. Le choix des classes de fertilité humides ou susceptibles d'être drainées s'est fait par l'identification, l'analyse et le regroupement des types forestiers humides selon divers auteurs.

Cette étude économique constitue essentiellement une analyse marginale qui consiste à comparer le coût additionnel du drainage (coût marginal) au revenu tiré de la production d'un volume ligneux marchand additionnel (revenu marginal). Le coût du drainage a été calculé à la suite d'une mission effectuée en Finlande de façon à tenir compte de la technologie recommandée par les experts finlandais pour le Québec.

Pour les peuplements résineux, l'opération «drainage» augmente l'accroissement entre deux et cinq fois (moyenne de trois fois), alors que pour les feuillus, l'accroissement augmente en moyenne de trois à quatre fois.

Les coûts de mise en place d'un réseau de drainage sont calculés pour deux types de machines: la rétrocaveuse modifiée et l'excavatrice ou pelle hydraulique. La machine recommandée pour le Québec est la rétrocaveuse modifiée plutôt que l'excavatrice hydraulique, à cause de ses avantages (mobilité, etc) et de son coût d'opération plus bas.

Les coûts totaux du drainage forestier au Québec, avec la rétrocaveuse modifiée, sont estimés en 1981 à 237,86$/ha sans entretien des canaux et à 324,29$/ha avec entretien.

On présente les modèles ou options de drainage dont le taux interne de rendement (T.I.R.) est égal ou supérieur à 4,12 p. 100 pour l'État. La période optimale de drainage pour les résineux est 15 et 20 ans. La rentabilité est plus grande dans la classe de fertilité moyenne et elle augmente avec la densité des peuplements au moment de l'intervention. Le drainage est beaucoup plus rentable pour l'État que pour l'entreprise privée. Même si le drainage semble rentable, il nous apparaît nécessaire d'effectuer à court terme un minimum d'expériences au Québec avant de l'utiliser sur une grande échelle.

ABSTRACT

In Québec, the area of peatland and other poorly drained land is huge and putting this forest land back into value requires in the first place that it be drained in order to lower the water table, to improve the movement of oxygen through the soil and to stimulate growth.

The general purpose of this report is to analyze, as requested by the Service des prêts forestiers *of the* Office du crédit agricole, *the economic feasibility, from the Government's and the owner's points of view, of forest drainage on private land in Québec.*

More precisely, the objective is:

1 - to develop a general methodoloqy allowing an economic evaluation of forest drainage;

2 - to review the literature;

3 - to present the results of a technical mission to Finland on forest drainage;

4 - to determine the variables involved in an economic analysis;

5 - to apply the general methodology to Québec, on the basis of experiments done in other countries, particulary in the U.S.A. and Scandinavia (Finland)

6 - and to make recommendations for Québec.

Growth studies of stands drained elsewhere have made it possible to propose growth assumptions for Québec. A simulation model has been constructed and applied in order to get a group of growth models for Québec. These models take into account the following factors: species, fertility class, density class (basal area), stand age at the moment of digging the ditches, and reaction period of the stand to the operation. Consequently, it has been possible to evaluate the net additional timber volume resulting from drainage.

The following species have been analyzed: black spruce, balsam fir, white «cedar», red maple and poplar. The choice of fertility classes which are either humid or susceptible of being drained has been done through the identification, analysis, and grouping of various humid types according to authors.

The economic study consists essentially of a marginal analysis which compares the additional cost of drainage (marginal cost) with income resulting from the production of an additionnal merchantable timber volume (marginal revenue). The cost of drainage has been calculated on the basis of the technical mission done in Finland, in order to take into account the technology recommended by the Finnish experts for Québec.

In softwood stands, drainage stimulates increment between two and five times (average of three times), whereas for hardwood stands, the increment increases between three and four times on the average.

The costs of drainage are calculated for two types of equipment: modified tractor digger and hydraulic excavator. The

equipment recommended for Québec in the modified tractor digger rather than the hydraulic excavator because of its advantages (mobility, etc.) and of its lower operating costs.

Total costs of drainage for Québec, with the modified tractor digger, in 1981, are estimated at 237,86$/ha without maintenance of the ditches and at 329,29 $/ha with maintenance.

Drainage models or options, the internal rate of return on investment of which is greater than 4,12 per 100 for Government, are presented. The optimal period of time for drainage in softwood stands is 15 or 20 years. The economic feasibility is greater in the average fertility class and it increases with stand density when ditches are dug. Drainage is more profitable for Governement than for the private land owner. Even though drainage seems to be profitable, it is necessary to make a minimum number of short run experiments in Québec before undertaking much drainage on a large scale.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION

Jean-Paul Nadeau

En Scandinavie, il s'effectue du drainage forestier depuis plus d'un siècle. Mais au Québec, en raison de l'apparente abondance de matière ligneuse, on en a peu parlé jusqu'à maintenant. Les forêts privées québécoises, qui sont très productives et accessibles, fournissent environ 25 p. 100 des approvisionnements des industries forestières, en dépit du fait qu'elles ne représentent que 10 p. 100 de la superficie forestière productive. Même si ces forêts sont déjà productives, il serait facile de rendre certaines d'entre elles encore plus productives en utilisant l'une ou l'autre des techniques d'aménagement intensif, par exemple, le drainage forestier qui, selon l'expérience d'autres pays en ce domaine, permet de doubler et même quintupler l'accroissement sur une période de 15 ou 20 ans.

Au Québec, l'étendue des tourbières et des autres terrains mal drainés est immense. La mise en valeur de ce territoire forestier nécessite d'abord un drainage en vue d'abaisser la nappe phréatique, d'améliorer l'oxygénation du sol et de stimuler la croissance.

BUT

Ce rapport analyse, à la demande du Service des prêts forestiers de l'Office du crédit agricole, la rentabilité économique, pour l'entreprise privée et l'Etat, des travaux de drainage dans les forêts privées au Québec. De façon plus spécifique, cette analyse cherche à:

1- développer une méthodologie générale permettant une évaluation économique du drainage forestier

2- faire une revue de la littérature sur le sujet

3- faire le point sur une mission effectuée en Finlande dans ce domaine

4- déterminer les variables requises pour l'analyse économique

5- appliquer la méthodologie générale au Québec à partir de l'expérience dans d'autres pays, en particulier les États-Unis et la Scandinavie (Finlande)

6- et faire des recommandations pour le Québec.

PROBLÉMATIQUE

La problématique du drainage forestier dans les forêts privées au Québec peut se définir dans le contexte d'une diminution du coût du bois à l'usine et d'une augmentation de la productivité de ces boisés. Le coût du bois est un élément important dans le coût total de transformation et un facteur déterminant de la position concurrentielle de l'industrie forestière. De plus, la distance moyenne d'approvisionnement au Québec est d'environ 200 km comparativement à environ 100 km chez nos concurrents du Sud des États-Unis. Des travaux de drainage, effectués de façon rentable dans des peuplements

à proximité des usines, pourraient être une façon d'augmenter le volume par hectare, d'accroître l'offre économique de matière ligneuse près des usines et d'empêcher en partie un accroissement trop rapide des coûts du bois. Il existe actuellement un déficit ligneux dans 6 régions administratives sur 9 pour les forêts privées et dans 5 régions sur 9 pour les forêts publiques. Il y a également un problème de régénération dans les forêts rurales.

Le drainage dans certaines forêts privées permettrait d'accroître la productivité et la possibilité de ces forêts mais il ne doit pas se faire à n'importe quel prix et dans n'importe quelle condition. Il s'agit donc de déterminer dans quelles conditions — essences, qualité de station, âge d'intervention, période de réaction, technologie, méthode de drainage, coûts et revenus — le drainage est avantageux, d'une part, pour un propriétaire privé et, d'autre part, pour l'État.

Les essences retenues sont: le sapin, l'épinette noire, le thuya, le peuplier et l'érable rouge; elles représentent environ 60 p. 100 du volume de bois sur pied dans les forêts privées au Québec.

Une mission technique effectuée en Finlande en septembre 1980 a constitué une source importante d'informations à la fois pratiques et théoriques pour cette recherche. Le chapitre III présente un bref compte rendu de ce voyage.

CHAPITRE I

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Blaise Parent

C'est au XIXe siècle que le drainage des tourbières à des fins forestières a vraiment débuté. Les pays innovateurs en ce domaine ont été la Finlande, la Suède, la Belgique, l'Allemagne, la Grande-Bretagne et la Russie.

Heikurainen (1964) fait l'historique du drainage des tourbières et résume ce qui a été réalisé jusqu'en 1964, soit les aspects hydrologique, technique et sylvicole et cela dans le monde entier. Un autre ouvrage (Kivinen *et al.* 1972) décrit surtout la classification et l'utilisation des tourbières en Finlande. La Finlande est en effet la source d'informations la plus importante sur le sujet.

Seppala (1969, 1972) a rassemblé plusieurs écrits traitant, d'une part, de la relation entre la croissance des arbres et le drainage et, d'autre part, entre la croissance des arbres et l'espacement des fossés. Mikola (1966) a résumé les principales techniques

utilisées sur les sites pauvrement drainés tels les marais et les tourbières.

Mentionnons enfin le compte rendu du Symposium international sur le drainage forestier (Anon., 1974).

1.1 ASPECT HYDROLOGIQUE DU DRAINAGE FORESTIER

Heikurainen (1964) porte son attention sur l'aspect hydrologique de base, c'est-à-dire sur les principales formules utilisées pour calculer la dimension des drains principaux et sur les relations sol/eau dans les tourbières.

D'après Mikola (1966), un sol mal drainé, en terrain forestier, fournit souvent une production de matière organique qui dépasse la capacité de décomposition, aboutissant à une accumulation de débris végétaux et à la formation de tourbe. C'est ce qui explique que la majorité de nos tourbières se situent soit en forêt boréale, soit dans la vallée du Saint-Laurent (Jasmin et Heeney, 1962).

Le ministère de l'Agriculture du Québec (1976) interprète la nécessité du drainage comme suit: le drainage devient nécessaire lorsque la pente du terrain, la formation géologique du sous-sol et le pouvoir évapo-transpirant du couvert végétal et de l'atmosphère ambiante, qui contribuent à faire baisser la nappe phréatique, ne sont pas suffisants pour libérer la zone des racines. Il faut alors penser à des moyens artificiels, comme les fossés de drainage, pour améliorer les terrains. C'est à partir de ce principe général que devrait s'élaborer tout système de drainage.

Parker (1962b) étudie les phénomènes attribuables au drainage. Il décrit la transformation occasionnée par une meilleure aération, les modifications au niveau de l'activité biochimique, l'assimilation des éléments nutritifs, etc. Kivinen *et al.* (1972) consacrent une section de leur ouvrage à l'étude de l'ensemble des caractéristiques chimiques des sols de tourbières vierges, leurs principaux éléments nutritifs ainsi que leurs réactions. Heinselman (1963) réalise une importante revue de littérature sur les tourbières et les marais; une section entière explicite les réactions et les propriétés chimiques dans les sols de tourbières. Walker *et al.* (1961) font de même.

Outre les véritables tourbières, il existe des terrains minéraux mal drainés où la croissance des arbres est limitée par une humidité excessive du sol. Cependant, pour fins de classification, ces terrains s'intègrent au type des tourbières boisées. Dans sa classification, Mikola (1966) établit trois grands types de tourbières:

1er type : les tourbières boisées minérotrophiques bien pourvues en eau oxygénée et comportant une couche de tourbe relativement mince;

2e type : les tourbières boisées ombrotrophiques, à faible contenu nutritif et dont l'eau du sol est stagnante;

3e type : les tourbières sans couverture arborescente.

Dans cette revue de littérature, les pages suivantes portent principalement sur le premier type de tourbières. Les ouvrages de Linteau (1959), Gauthier et Grandtner (1975), Gauthier (1971),

Grandtner (1980), Blouin et Grandtner (1971) et Lafond (1960, 1964) sont aussi des sources d'informations concernant ce premier type de tourbières.

1.2 ASPECT TECHNIQUE DU DRAINAGE FORESTIER

1.2.1 TECHNOLOGIE EN GÉNÉRAL

Selon Jasmin et Heeney (1962), il existe deux sortes de système de drainage possibles, soit le système à fossé ouvert et le système à drain souterrain.

Le système à drain souterrain est à exclure de ce travail, premièrement, parce qu'il s'applique presque exclusivement aux tourbières ouvertes qui sont récupérées habituellement pour des fins agricoles et, deuxièmement, parce qu'il est très difficile d'implanter des drains souterrains en terrains forestiers mal drainés (tourbières boisées). Ces drains auraient des désavantages importants, telles que les gelées lors de la construction, l'obstruction par les racines, etc.

Le système à fossé ouvert est encore, malgré la perte de terrain, ce qu'il y a de plus économique pour drainer les tourbières boisées. Ce système comporte deux méthodes différentes de construction du réseau sur une grande échelle. Selon Mikola (1966), le premier modèle est un réseau de fossés superficiels à faible espacement et le deuxième, un réseau de fossés profonds à grand espacement.

Dans l'établissement de tout réseau de drainage, l'important est de pouvoir localiser les fossés et de connaître leur profondeur et leur espacement de même que leur pente.

La profondeur et l'espacement des fossés reflètent l'intensité du drainage forestier. Dans le cas des fossés superficiels à faible espacement, la profondeur peut varier de 25 à 50 cm et l'espacement est d'environ 3 m (Mikola, 1966): ces dimensions sont courantes surtout dans les tourbières sans couverture arborescente. En deuxième lieu, pour le cas des fossés profonds à grand espacement, dont ceux visés par ce travail, leur profondeur peut varier de 60 à 100 cm et l'espacement entre eux, de 30 à 60 m (Jasmin et Heeney 1962; Heikurainen 1964, 1968; Kivinen *et al.* 1972).

Quel que soit le modèle de drainage employé, les fossés collecteurs (fossés profonds principaux) doivent être beaucoup plus larges que les fossés latéraux mais pas plus profonds durant les premières années (Jasmin et Heeney, 1962). L'expérience a démontré que dans les tourbières, c'est une perte d'argent et de temps que de creuser trop profond. En outre, des recherches finlandaises (Heikurainen, 1964) ont prouvé que la profondeur des fossés exerce peu d'effet sur la croissance des arbres.

La pente généralement requise pour un bon écoulement dans les fossés est de 0,7 à 1 pour 100 (Stanek 1968, 1970; Heikurainen 1964).

En rapport avec l'intensité du drainage, Heikurainen (1964), dresse une liste de toutes les corrélations déjà établies entre l'espacement, la profondeur, la nappe phréatique, la croissance, etc.

1.2.2 MÉTHODES ET MACHINERIES UTILISÉES EN DRAINAGE FORESTIER

Il y a, premièrement, la méthode manuelle, c'est-à-dire le creusage à la main, à l'aide d'une pelle et d'une forme pour indiquer

la configuration du fossé. C'est une opération satisfaisante mais dispendieuse (Jasmin et Heeney, 1962). Elle a été pratiquée en Europe du Nord pendant plusieurs années pour de petits drains (Heikurainen 1964; Stoeckeler 1963).

La deuxième méthode est l'excavation à la dynamite. Elle donne de bons résultats dans des tourbières de 60 à 90 cm de profondeur. Cependant, elle nécessite un nettoyage et une finition qui rendent le coût de construction et d'entretien plus considérable que pour toute autre méthode (Stoeckeler 1963, Heikurainen 1964, Walters *et al.* 1959).

La troisième et principale méthode est la méthode mécanique. On l'utilise différemment selon qu'il s'agit d'une tourbière sans couverture arborescente ou d'une tourbière boisée à sols minéraux. Nous nous attarderons davantage sur cette méthode plus élaborée et plus courante. Dans le cas d'une tourbière sans couverture arborescente, l'excavation des fossés se fait normalement au moyen d'une charrue tirée par un tracteur ou d'une excavatrice de type à roue ou à chaîne (figures 16 et 17, chapitre V) (Stoeckeler 1963, Heikurainen 1964, Ministère de l'Agriculture du Québec 1976).

La charrue tirée par un tracteur s'emploie essentiellement en tourbière sans couverture arborescente et il en existe plusieurs types ou modèles (Stoeckeler 1963, Heikurainen 1964). Lorsque l'on emploie cet instrument, la profondeur et la pente du fossé sont limitées par la force de traction (Jasmin et Heeney, 1962). Par exemple, la charrue *Cuthbertson* fait habituellement un travail rapide

et satisfaisant, mais dans une tourbière nouvellement exploitée et relativement détrempée, il est presque impossible de la tirer.

Pour ce qui est de l'excavatrice à roue nommée habituellement *rotary ditcher, rotovator, disc ditcher,* elle se présente sous la forme d'une grande roue montée sur un châssis à l'arrière de la machine, qui en tournant excave et envoie le sol sur un côté ou l'autre du fossé (Heikurainen 1964, 1968, Stoeckeler 1963; Kivinen *et al.* 1972, Ministère de l'Agriculture du Québec 1976).

L'excavatrice à chaîne fonctionne selon le même principe. L'excavation se fait au moyen d'une chaîne sans fin munie de godets. Le sol est excavé et déposé de chaque côté du fossé (Ministère de de l'Agriculture du Québec 1976).

Dans les tourbières boisées à sols minéraux, il est généralement économique, pour creuser les fossés collecteurs (fossés principaux), d'utiliser une excavatrice à commande hydraulique (figure 20a, chapitre V) et parfois une excavatrice à câble (*dragline*) et, pour les fossés latéraux, une rétrocaveuse (*power excavator, backhoe, tractor digger*: figures 20b et 20c, chapitre V). La rétrocaveuse peut être montée sur un tracteur de ferme ou sur un tracteur à chenilles. Elle est employée surtout en terrains rocailleux et accidentés (Stoeckeler 1963; Jasmin et Heeney 1962; Heikurainen 1964, 1968; Kivinen *et al.* 1972).

L'entretien des fossés est nécessaire pour assurer la croissance soutenue des arbres dans les tourbières (Mikola, 1966). Les causes de la détérioration des fossés forestiers ont été étudiées intensivement en Finlande. Heikurainen (1964) mentionne, comme cause

importante, la perturbation de la pression du sol occasionnée par l'excavation des drains principaux. La détérioration se manifeste par un gonflement des côtés et par un soulèvement du fond du fossé (Mikola, 1963). En général, on doit récurer les fossés tous les 15 à 20 ans (Mikola 1966, Stoeckeler 1963, Heikurainen 1964, 1968, Kivinen *et al.* 1972).

L'entretien des drains en tourbière sans couverture arborescente s'effectue au moyen d'excavatrices légères comme la charrue ou l'excavatrice à roue. La rétrocaveuse est la machine idéale pour les tourbières boisées (Mikola, 1966; Jasmin et Heeney, 1962).

1.3 ASPECT SYLVICOLE DU DRAINAGE FORESTIER

1.3.1 GÉNÉRALITÉS

Dans les états des Grands Lacs au États-Unis et au Canada, l'épinette noire est l'essence la plus répandue sur l'ensemble des tourbières et particulièrement dans les tourbières à sphaigne; le mélèze est l'essence des tourbières boisées oligotrophes, le thuya et le sapin baumier celles des tourbières mésotrophes et eutrophes (Heikurainen, 1964).

Les études de Stanek (1968) et McEwen (1969) en Ontario prouvent que l'épinette noire réagit bien au drainage. Celles de Satterland et Graham (1957) au Michigan confirment de bonnes réactions de la part de l'épinette noire et du sapin baumier.

Les principaux facteurs causant l'absence d'arbres ou la croissance lente dans les tourbières sont une humidité excessive qui produit une aération déficiente et un manque d'oxygène dans le sol,

le climat humide, les basses températures, la pauvreté du sol, etc. (Mikola, 1966).

Après le drainage il faut, dans bien des cas, reboiser lorsque la régénération naturelle s'établit difficilement, fertiliser lorsque les tourbières sont de qualité moyenne et éclaircir lorsque le peuplement est jeune (Mikola 1966, Kivinen *et al.* 1972).

Il y a avantage à drainer les tourbières boisées. Dans une période relativement courte on peut s'attendre à une augmentation de la croissance des arbres déjà existants (Vézina *et al.* 1976). Pour le reboisement, le choix des essences se fait à partir du type de végétation qui correspond au sol et au climat. Les essences indigènes donnent habituellement les meilleurs résultats (Mikola 1966, Heikurainen 1964).

1.3.2 EFFET DU DRAINAGE SUR LE SYSTÈME RACINAIRE

D'après Heikurainen (1964), la plupart des scientifiques étudiant le système racinaire des arbres des tourbières vierges et des tourbières drainées observent une structure racinaire anormale dans les tourbières vierges mais, au contraire, efficace dans les tourbières drainées. Le phénomène est le suivant; en éliminant le surplus d'eau par le drainage, on oxygène le sol et les microorganismes deviennent plus actifs. Par ce fait, on accélère la décomposition de la matière organique et on rend un plus grand nombre d'éléments nutritifs assimilables. Enfin, on occasionne avec le temps des transformations physiologiques des racines (Parker 1962b, Mikola 1966).

Les conditions physiques du sol jouent aussi un rôle important dans le développement des racines. L'étalement du système racinaire dans un sol tourbeux est une préoccupation constante surtout dans les régions de grand vent. Le drainage entraîne un faible accroissement de la profondeur des racines et une augmentation de 25 p. 100 de la stabilité des arbres au vent (Fraser 1962, Lebarron 1945, Heikurainen 1964).

1.3.3 EFFET DU DRAINAGE SUR LA CROISSANCE DES ARBRES

Heikurainen (1964) et Payandeh (1973a) ont fait une revue de littérature sur le sujet. L'étude de Payandeh (1973a) démontre que le diamètre des troncs et la croissance en hauteur augmentent significativement avec le drainage alors qu'avant, la croissance était principalement fonction de la seule qualité de station. De plus, il existe une corrélation entre la croissance en hauteur et la vigueur de l'arbre, l'espacement des tiges et la proximité du fossé. Le diamètre des tiges et la croissance en hauteur ont un rapport avec la fertilité de la station, l'âge et la densité initiale du peuplement, etc. Des auteurs canadiens comme McEwen (1969) et Stanek (1968) se sont penchés sur certains de ces points et ont obtenu des résultats semblables.

Les effets du drainage sur la croissance se font généralement sentir dès l'été suivant l'intervention. Même si ces effets durent une vingtaine d'année, c'est durant la première décennie que se manifeste le maximum de croissance (selon Heikurainen 1964, citant Lukkala 1937, 1951; Buss 1960; Heikurainen 1959, Hainla 1957, Averell et McGrew 1929).

1.3.4 EFFET DU DRAINAGE EN TERMES D'ACCROISSEMENT

En 1929, la compagnie de papier Abitibi-Price, en collaboration avec le Service forestier de l'Ontario, a réalisé une expérience en drainage forestier qui est probablement l'une des seules études canadiennes pour laquelle on possède certains résultats à long terme, comme le montrent les textes de Payandeh (1973a, 1976, 1975). Cet auteur fait une analyse de la croissance de peuplements et d'arbres individuels et conclut que l'accroissement dû au drainage est significatif. Par exemple, pour un arbre donné (épinette noire), l'accroissement en diamètre à hauteur de poitrine est de trois à quatre fois supérieur. Toujours selon cette expérience, McEwen (1969) analyse l'effet du drainage au niveau de l'accroissement en diamètre d'arbres individuels qui sont à différents espacements du drain. Les arbres situés près des fossés réagissent habituellement le mieux.

Il y a aussi l'expérience de Stanek (1968) sur l'accroissement annuel de l'épinette noire en hauteur et en diamètre. Cette expérience s'est échelonnée sur une période de 10 ans (1956 à 1966) soit 5 ans avant et 5 ans après la mise en place du drainage. Elle révèle aussi un effet significatif de celui-ci.

Aux États-Unis, il y a une vieille étude des plus intéressantes, celle de Averell et McGrew (1929) au Minnesota. Elle fournit des données significatives. Nous avons, par exemple, en termes d'accroissement, l'effet du drainage pour l'ensemble des sites étudiés: 1,34 m^3/ha.an pour le mélèze, 3,22 m^3/ha.an pour le thuya, et 2,24 m^3/ha.an pour l'épinette. La réaction au drainage, en termes d'accroissement pour l'épinette, est, sur un site pauvre, de 1,79 m^3/ha.an;

sur un site moyen, 2,69 m^3/ha.an; sur un bon site, 4,66 m^3/ha.an et sur un site excellent, 1,52 m^3/ha.an. Pour le mélèze et le thuya, les résultats sont comparables, c'est-à-dire que ce sont les sites intermédiaires qui ont les mieux réagi.

Terry et Hughes (1975) ont mené une expérience dans une plantation de pins très jeunes et ils ont obtenu un très fort pourcentage d'accroissement (de 80 p. 100 à 1 300 p. 100).

Dans les pays scandinaves, Lukkala (1951) en Finlande et Lundberg (1952) en Suède obtiennent, dans les peuplements naturels après 40 ans de drainage, des accroissements qui atteignent même 10 m^3/ha.an. Seppala (1972), dont l'étude est en rapport avec les distances entre les fossés, conclut que plus la distance entre les fossés est faible, plus fort est l'accroissement. Heikurainen (1968) présente des volumes et des accroissements annuels de peuplements 32 ans après la mise en place d'un drainage dans le sud de la Finlande, qui prouvent une fois de plus l'effet significatif du drainage.

1.4 ASPECT ÉCONOMIQUE DU DRAINAGE FORESTIER

Une des rares analyses économiques sur le drainage forestier est celle de Payandeh (1973a, 1973b). Son étude est basée sur une forme d'analyse très spécifique. Elle permet seulement de conclure que durant la période de 1929 à 1969, le drainage à l'endroit étudié rapporte un intérêt annuel de 2,0 à 2,7% et, dans les meilleures stations, de 2,7 à 3,4%.

Les rares coûts dignes de mention sont publiés par Stanek (1970). Le coût de l'excavation avec rétrocaveuse *(Case 580)* est de 7$/h pour un fossé de 1,8 m de profondeur, 1,8 m de large au sommet et

60 cm au fond du fossé, soit approximativement 0,14$ par 30 cm de longueur de fossé. L'excavation à la dynamite, pour un fossé de 1,2 m de profondeur, 2,7 m de large au sommet et 75 cm au fond du fossé, coûte 0,26$ pour l'explosif et 0,04$ pour le travail, soit 0,30$ par 30 cm.

1.5 CONCLUSION

Malgré l'existence d'une volumineuse littérature sur le drainage forestier, il est très difficile de quantifier de façon concluante, nette et précise l'effet du drainage sur le développement des peuplements.

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE ET SOURCE DE DONNÉES

Jean-Paul Nadeau

2.1 GÉNÉRALITÉS

Le point de départ dans l'élaboration de la méthodologie, concernant en particulier la simulation de l'effet du drainage sur la croissance des peuplements, est l'analyse très détaillée de la volumineuse littérature existant sur le sujet.

L'étude économique du drainage forestier consiste essentiellement à comparer le coût d'implantation du réseau au revenu retiré du volume ligneux additionnel. Il est alors nécessaire de connaître l'effet du drainage sur la croissance et l'évolution des peuplements.

2.2 EFFET DU DRAINAGE SUR LA CROISSANCE

Étant donné qu'il n'y a pas eu encore, sur une grande échelle, de travaux de drainage forestier dans les forêts privées au Québec, il faut estimer, à partir de certaines expériences effectuées ailleurs, le volume ligneux additionnel auquel on peut s'attendre à la

suite de tels travaux. Il est vrai que le ministère de l'Agriculture du Québec effectue du drainage depuis plusieurs années et que des fossés traversent souvent des blocs boisés, mais l'expérience démontre qu'on ne peut utiliser ces travaux comme point de départ dans l'évaluation des effets du drainage sur la croissance des peuplements forestiers.

Il est important de mentionner que la très abondante littérature existant sur le sujet dans les autres pays, surtout la Scandinavie, ne présente aucune conclusion explicite et précise concernant l'effet du drainage sur la croissance des peuplements. Cependant, à partir d'un ensemble de déductions basées sur l'analyse détaillée de la littérature existante, il est possible de dégager quelques éléments permettant de développer un modèle capable de prédire cet effet de façon conservatrice, pour le Québec. En effet, pour des essences identiques ou semblables ailleurs, soit au États-Unis et en Finlande, j'ai effectué des études détaillées de croissance par essence, classe d'âge et classe de fertilité dans le but de connaître l'effet net du drainage sur l'accroissement.

Dans certains cas, il a été possible de calculer par déduction le taux moyen annuel d'augmentation dans l'accroissement annuel périodique. Les études de croissance pour des peuplements situés ailleurs ont permis de proposer des hypothèses de croissance pour le Québec. Un modèle de simulation a été développé puis appliqué afin d'obtenir, pour le Québec, un ensemble de modèles de croissance. Ces modèles tiennent compte des facteurs suivants: essence, classe de fertilité, classe de densité (surface terrière), âge du peuplement

au moment du creusement du réseau et période de réaction du peuplement. Un certain nombre de ces modèles de croissance ont été éliminés après vérification et comparaison avec certaines informations recueillies lors de la mission en Finlande. Finalement, il a été possible d'estimer le volume ligneux additionnel résultant du drainage.

De façon générale, le principal modèle mathématique développé dans cette étude est le suivant:

$$VM_D = VM_{SD} + N \times ACPA_{SD} (1 + i)^N \qquad \text{(équation 1)}$$

où

VM_D = volume marchand après drainage et à la coupe finale, en m^3/ha

VM_{SD} = volume marchand avant drainage, en m^3/ha

N = période de réaction au drainage, c'est-à-dire entre l'intervention et la coupe finale, en années

$ACPA_{SD}$ = accroissement annuel périodique ou accroissement courant durant la période mais sans drainage

i = taux moyen annuel d'augmentation dans l'accroissement annuel périodique, avec drainage.

La période N varie de 10 à 30 ans.

2.3 IDENTIFICATION DES ESSENCES ET TYPES FORESTIERS À DRAINER

Quelles essences et classes de fertilité devraient faire l'objet de travaux de drainage dans les forêts privées au Québec? Après consultation et analyse, nous avons retenu les essences suivantes: l'épinette noire, le sapin baumier, l'épinette blanche, le thuya, l'érable rouge et le peuplier. Pour une essence donnée, toutes

les classes de fertilité ne sont pas à retenir; en effet, il est nécessaire de déterminer les stations humides. Le choix des classes de fertilité humides ou susceptibles d'être drainées s'est fait par l'identification, l'analyse et le regroupement des types forestiers humides selon divers auteurs (chapitre IV).

2.4 ASPECTS ÉCONOMIQUES

Cette étude économique constitue essentiellement une analyse marginale qui consiste à comparer le coût additionnel du drainage (coût marginal) au revenu retiré de la production d'un volume ligneux marchand additionnel (revenu marginal). Le coût du drainage a été calculé à la suite de la mission effectuée en Finlande de façon à tenir compte de la technologie recommandée par les experts finlandais pour le Québec.

La rentabilité directe du drainage forestier, c'est-à-dire correspondant à l'entreprise privée, s'obtient en tenant compte de la valeur du bois sur pied et du volume ligneux additionnel découlant du drainage. La valeur du bois sur pied est calculée en tenant compte de divers facteurs tels que la nature du produit, les coûts d'exploitation, etc. La rentabilité pour l'État est celle qui tient aussi compte des bénéfices indirects, c'est-à-dire les bénéfices fiscaux découlant de l'exploitation et de la transformation du bois additionnel récolté à la suite du drainage. Les redevances fiscales comprennent l'impôt sur le revenu personnel, l'impôt sur les bénéfices des entreprises, les taxes indirectes de vente et d'achat et les contributions à l'assurance-chômage, au régime d'assurance-maladie, au régime des rentes et à la Commission de santé et de sécurité du

travail. La valeur retenue pour les bénéfices indirects a été obtenue à la suite d'une réévaluation récente de certains chiffres déjà disponibles au Service de la recherche du Ministère et également après consultations avec le Service de l'aide à la forêt privée et le ministère de l'Industrie et du Commerce.

Le principal modèle économique utilisé dans cette étude de rentabilité s'exprime mathématiquement de la façon suivante:

$$TIR = PR \sqrt{\frac{(VAD)\ (REVU) - CE}{ID_o}} - 1 \quad \text{(équation 2)}$$

NOTE: si PR < 25, CE = 0

où

TIR = taux interne de rendement sur investissement, en décimales

PR = période de réaction au drainage, en années, c'est-à-dire période entre l'intervention et la coupe finale

VAD = volume ligneux additionnel dû au drainage et récolté à la fin de la révolution, en m^3/ha

REVU = revenu unitaire additionnel dû au drainage;
REVU = VBSP = valeur du bois sur pied, dans le cas de la rentabilité directe;
REVU = BÉN. IND. = revenu unitaire indirect additionnel, c'est-à-dire bénéfices indirects unitaires dans le cas de la rentabilité pour l'État, en $/m^3$

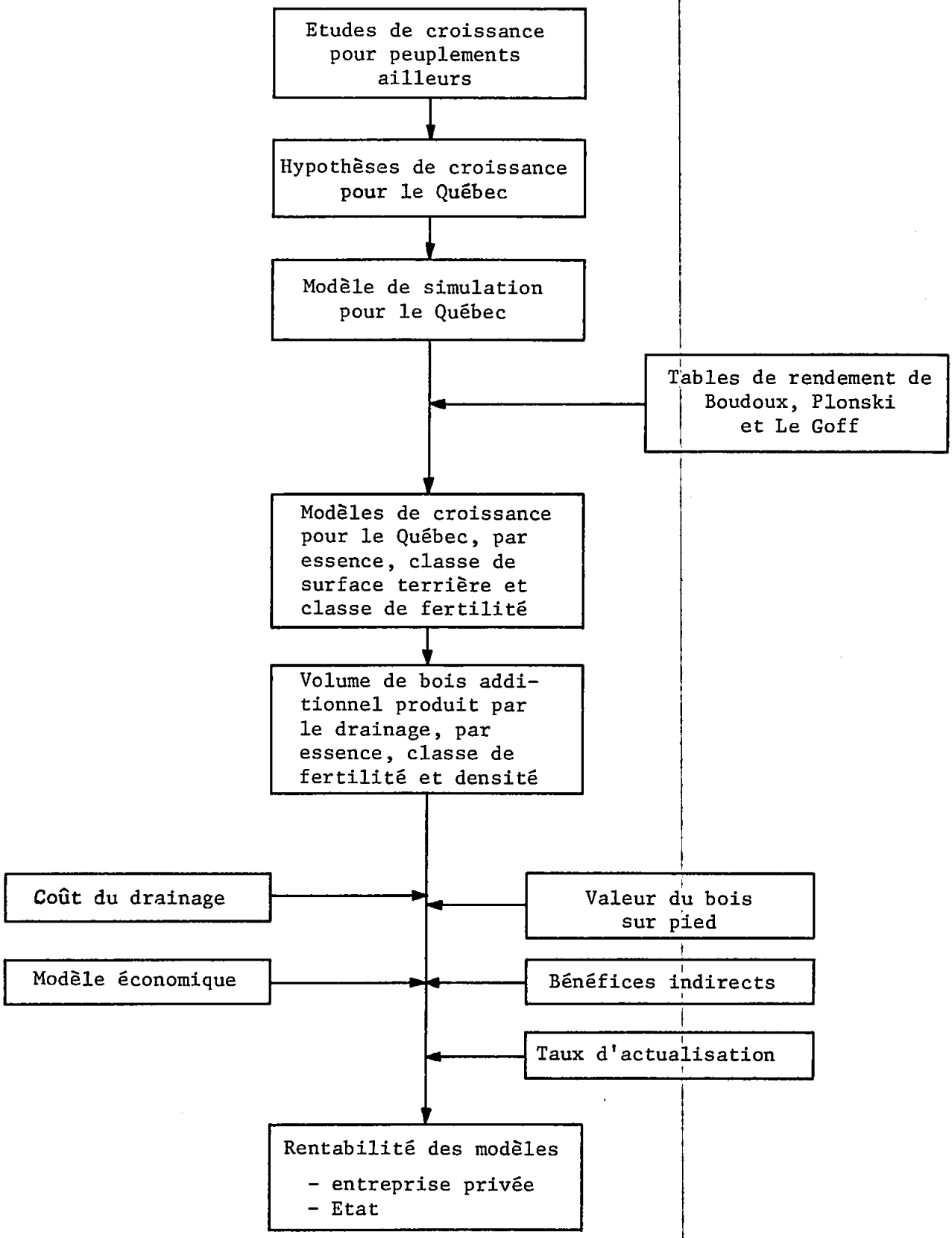
CE = coût d'entretien du réseau de drainage, en $/ha

ID_o = investissement initial ou coût de mise en place du drainage à la période 0, en $/ha.

2.5 CHEMINEMENT DE L'ÉTUDE

Les principales étapes méthodologiques parcourues dans cette étude sont résumées sous forme d'un diagramme présenté à la figure 1 (ci-contre).

Figure 1 - Cheminement de l'étude



CHAPITRE III

MISSION EN FINLANDE

Jean-Paul Nadeau

3.1 GÉNÉRALITÉS

Voici un bref compte rendu de la mission d'une semaine que j'ai effectuée en Finlande en septembre 1980 en vue de donner une dimension plus concrète et plus pratique au projet de recherche en cours. La Finlande, dont l'expérience dans le drainage forestier remonte au milieu du 19e siècle, est l'un des pays les plus riches en tourbières au monde. La superficie des tourbières dans ce pays s'élève à plus de 10 millions d'hectares. À ce jour, la superficie totale drainée dans ce pays s'élève à plus de 5 millions d'hectares et d'ici 1990, on s'attend d'augmenter ce chiffre à 6 millions d'hectares. La longueur des fossés de drainage forestier est de 2,5 millions de kilomètres. On entretient et nettoie annuellement 30 000 kilomètres de fossés.

Pour répondre aux besoins des recherches sur le drainage forestier, la Finlande a créé un département distinct au sein de

l'Institut de recherche forestière et, également, un département distinct à l'Université d'Helsinki. De plus, des recherches expérimentales sont menées dans plusieurs régions du pays.

Les objectifs généraux de cette mission étaient les suivants:

1- connaître les travaux et les techniques de drainage forestier en Finlande;

2- évaluer dans quelle mesure les techniques de drainage forestier en Finlande peuvent être appliquées au Québec.

De façon plus spécifique, mon objectif était d'obtenir des informations concernant certains aspects importants du drainage, à savoir:

1- aspects écologiques et hydrologiques;

2- aspects sylvicoles:
   - choix des essences forestières ayant une meilleure réaction au drainage
   - effet du drainage sur la croissance des peuplements en tenant compte des facteurs essences, classe de fertilité, période de réaction, âge d'intervention, densité du peuplement, climat et utilisation;

3- aspect coûts des diverses techniques;

4- aspect méthodes et équipements;

5- aspect types et intensité du drainage;

6- aspect rentabilité et autres aspects financiers tels que le financement des travaux par l'État et l'octroi de contrats.

Cette mission, qui a duré du 20 au 27 septembre 1980, était formée de trois participants québécois: l'auteur de ces lignes (Dr Jean-Paul Nadeau) à titre de chef de mission, et MM. Fernand

Blanchard et Clément Boivin, respectivement ingénieur mécanicien et agent commercial au Centre de recherche industrielle du Québec (C.R.I.Q.).

Au total, j'ai rencontré 20 personnes aux endroits suivants: Helsinki, Ruotsinkylä, Säkylä, Tampere, Parkana, Pori et Hyytiälä.

Un aspect important de l'approche utilisée lors de cette mission a été, d'abord, de définir de façon très précise et avant la mission elle-même, les objectifs poursuivis, de préparer un certain nombre de questions à l'avance et, finalement, dès le début de la mission, d'informer les autorités finlandaises des objectifs précis poursuivis de façon à adapter le programme de la mission aux besoins.

La Division de recherche en économie forestière au ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec a entrepris, il y a quelque temps, des recherches concernant la rentabilité du drainage dans les forêts privées. Ces recherches ont été demandées par le Service des prêts forestiers de l'Office du crédit agricole. Elles ont d'abord pour but d'évaluer l'effet du drainage sur la croissance des peuplements et, ensuite, de déterminer la rentabilité économique du drainage pour l'entreprise et l'État. Le drainage permet d'accroître la productivité des terres à vocation forestière dont le rendement des sols est affecté par un surplus d'eau. Le drainage des tourbières boisées permet d'abaisser la nappe phréatique (figure 3), d'améliorer l'oxygénation du sol, d'accroître l'activité des microorganismes du sol, de rendre plus assimilables les éléments nutritifs du sol et, par conséquent, de stimuler la croissance des peuplements.

Le drainage permet d'augmenter la quantité et la profondeur des racines.

Le drainage dans certaines forêts privées permettrait d'accroître la productivité et la possibilité de ces forêts, mais il ne doit pas se faire à n'importe quel prix et dans n'importe quelles conditions. Il s'agit donc de déterminer dans quelles conditions (essences, classe de fertilité, âge d'intervention, période de réaction, technologie, méthode de drainage, coûts et revenus) le drainage est avantageux, d'une part pour un propriétaire privé et d'autre part pour l'État.

3.2 GÉNÉRALITÉS SUR LA FORÊT ET LE DRAINAGE FORESTIER EN FINLANDE

L'importance capitale de la forêt dans l'économie finlandaise est due au fait que la forêt constitue la principale ressource naturelle du pays. La superficie totale de la Finlande s'élève à 337 000 km^2 dont 65 p. 100 sont recouverts de forêt. Environ 63,9 p. 100 des forêts appartiennent à des propriétaires privés et 23,9 p. 100 appartiennent à l'État; le reste revient aux compagnies (8,0 p. 100) et également aux communes et paroisses (4,2 p. 100). Les principales essences forestières sont le pin sylvestre (45 p. 100), l'épinette de Norvège (37 p. 100), le bouleau pubescent (15 p. 100), l'aulne et le tremble (3 p. 100).

La principale industrie forestière est celle des pâtes et papiers (57 p. 100 du volume ligneux), suivie du sciage (36 p. 100 du volume ligneux total). La consommation totale de bois s'élève à environ 47 millions de m^3 par an. Le secteur forestier représente

42 p. 100 des exportations totales du pays. Plus de 80 p. 100 des produits de l'industrie du bois sont exportés. La part de la Finlande dans l'exportation mondiale est de 9 p. 100 pour la pâte, 16 p. 100 pour le papier et le carton, 9 p. 100 pour le bois de sciage et 9 p. 100 pour le contre-plaqué. Pour ce qui est du marché européen, la part de la Finlande est encore plus grande: 19 p. 100 pour la pâte, 32 p. 100 pour le papier et le carton, 22 p. 100 pour le bois de sciage et 42 p. 100 pour le contre-plaqué. L'industrie de la pâte et du papier compte pour environ 36 p. 100 des bénéfices de l'exportation finlandaise. L'industrie forestière finlandaise est compétitive et bien intégrée.

Quant au drainage forestier proprement dit, un tiers de la superficie forestière productive a été drainé à ce jour, soit 5 millions d'hectares. On draine surtout les tourbières boisées. Les tourbières déboisées sont reboisées immédiatement après la mise en place du réseau de drainage. Au cours des années 1990, on aura terminé l'implantation du réseau et l'on mettra l'accent sur l'entretien des vieux drains.

3.3 REVUE SUCCINCTE DE QUELQUES PRINCIPAUX POINTS DE LA MISSION

3.3.1 HYDROLOGIE

Dans les tourbières, la nappe phréatique se situe de façon générale à environ 5 à 15 cm de la surface du sol (figure 2) et le drainage permet de l'abaisser de manière à ce qu'elle soit à un minimum de 20 à 30 cm et de 40 à 50 cm sous la surface du sol, selon qu'il s'agit du début ou du milieu de la saison de croissance (Paivanen et Wells, 1977)

3.3.2 ÉCOLOGIE

La classification des tourbières utilisée en Finlande est basée sur l'oeuvre de Cajander. Elle comprend trois catégories de tourbières et six classes de fertilité. Les cinq classes supérieures sont l'objet de travaux de drainage mais seules les trois classes supérieures nécessitent de la fertilisation.

Il existe 20 types de tourbières à l'état naturel en Finlande.

3.3.3 SYLVICULTURE

Comme nous l'avons mentionné antérieurement, les travaux de drainage permettent d'accroître la productivité des terres à vocation forestière dont le rendement des sols est affecté par un surplus d'eau. Cependant, la profondeur des racines ne s'accroît que légèrement.

Le choix des superficies à drainer se fait en tenant compte de la fertilité du sol, du climat, du peuplement forestier original et de la rentabilité. Les tourbières pauvres sont fertilisées de 2 à 5 ans après le drainage.

Avant l'excavation, on récolte d'abord les arbres sur une largeur de 5 mètres (figure 4); cette récolte, souvent accompagnée d'un nettoiement du peuplement, permet d'annuler le coût du déboisement sur l'emplacement des fossés, à cause du revenu tiré du bois coupé. De plus, on effectue souvent deux ou trois éclaircies entre la mise en place du drainage et la récolte finale, de manière à

Figure 2 - Aire inondée
(photo J.-P. Nadeau)

Figure 3 - Fossé récent
(photo J.-P. Nadeau)

accroître la rentabilité de l'opération, surtout si l'on veut produire du bois de sciage (qualité des tiges).

La période moyenne de drainage est d'environ 20 ans (période de croissance maximale). Cependant, malgré un déclin important après 20 ans, l'augmentation de l'accroissement ligneux dû au drainage se poursuit jusqu'à 40 ans et est supérieure à celle qu'on aurait sans drainage. Dans le cas où l'on fait des éclaircies, la période moyenne de réaction est de 30 ans pour l'épinette dans les meilleures classes de fertilité, alors qu'elle varie entre 15 et 55 ans pour le pin.

Certains travaux de drainage ont permis d'augmenter l'accroissement ligneux de l'épinette de 3 m^3/ha à 10 m^3/ha en 10 ans.

3.3.4 TECHNIQUE

L'espacement moyen entre les fossés est d'environ 30 à 50 m et la profondeur varie entre 70 et 80 cm (figure 4). Le fossé principal peut avoir 120 cm de profondeur alors que les fossés ordinaires peuvent en avoir 90.

La largeur du fossé au sommet est de 2 mètres. Il faut nettoyer les fossés tous les 20 ans, surtout à cause de la croissance de la végétation (figure 5). On creuse entre 250 et 300 mètres de fossés par hectare (moyenne de 270 mètres); la section moyenne retenue est d'environ 0,7 m^3/mètre.

3.3.5 ÉQUIPEMENT

Les types d'équipement utilisés en Finlande pour les travaux de drainage sont la charrue, l'excavatrice hydraulique ou la

Figure 4 - Largeur du déboisement: 5 mètres.
Profondeur moyenne: 70 cm
(photo J.-P. Nadeau)

Figure 5 - Vieux fossé rempli de végétation
(photo J.-P. Nadeau)

pelle hydraulique, les rétrocaveuses (96 p. 100) (figures 6 et 7) et les machines à fossé soit rotatives, soit à disque.

Quelques-uns des avantages des rétrocaveuses sont leur grande mobilité, leurs dimensions réduites, la possibilité de servir à la fois pour l'excavation et l'entretien et, finalement, la durée des fossés.

L'excavatrice hydraulique sert peu, surtout à cause de sa faible mobilité, de ses grandes dimensions et de son coût élevé de fonctionnement.

3.3.6 ÉCONOMIE

En 1980, le coût du drainage forestier (sans entretien) en Finlande s'élevait en moyenne à 116 $/ha; le coût moyen de l'entretien était presque aussi élevé que celui de l'excavation, soit 82 $/ha. Finalement, le coût de la planification et de la supervision totalisait en moyenne 65 $/ha.

Le rendement moyen sur investissement pour ces travaux de drainage atteint 5%. La rentabilité est calculée à partir du rapport bénéfices-coûts et d'un taux d'escompte de 3%. L'objectif de rentabilité est 3%; ceci apparaît raisonnable pour la Finlande à cause du sous-emploi.

3.4 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Dans l'ensemble, les objectifs prévus ont été atteints au cours de cette mission, malgré l'ampleur du sujet et la courte durée du séjour. Même si l'aspect pratique du drainage forestier en était le principal objectif, j'ai pu préciser plusieurs points théoriques plus ou moins connus. Ce voyage m'a permis de connaître les aspects

Figure 6 - Rétrocaveuse
(photo J.-P. Nadeau)

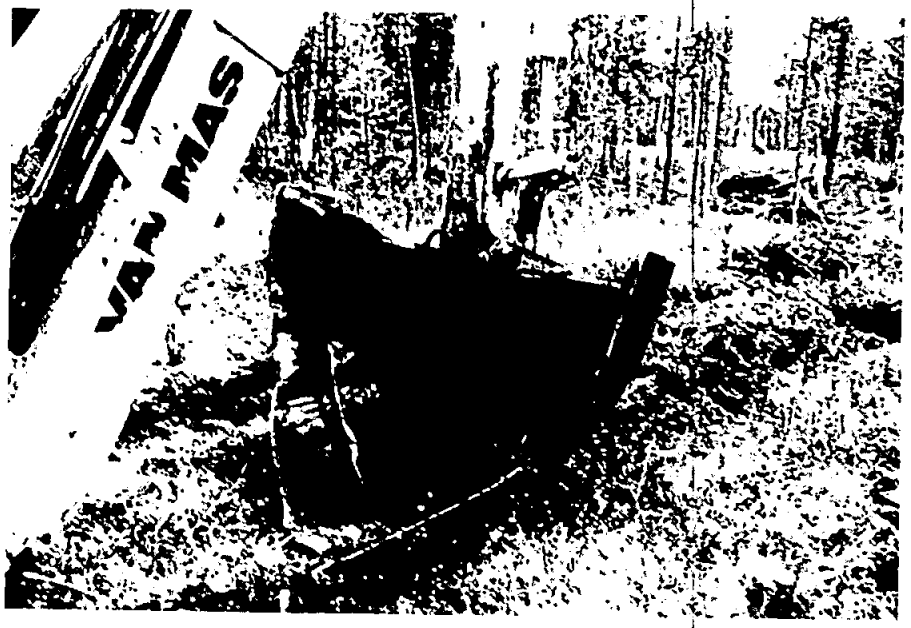


Figure 7 - Benne de rétrocaveuse
(photo J.-P. Nadeau)

hydrologiques, écologiques, édaphiques, sylvicoles, technologiques, techniques, administratifs et économiques du drainage forestier en Finlande. L'analyse sur place d'un sujet aussi complexe, avec des experts finlandais, m'a permis de profiter de la très longue expérience de ce pays dans le domaine.

Cette mission constitue une étape importante dans la réalisation du projet de recherche entrepris à la Division de recherche en économie forestière du M.E.R. La présente étude tente d'intégrer autant que possible toute l'information pratique recueillie pendant ces quelques jours.

Le sujet du drainage présente actuellement au Québec beaucoup d'intérêt, d'une part, pour les propriétaires de boisés privés et, d'autre part, pour le Service de l'aide à la forêt privée du M.E.R. et le Service des prêts forestiers de l'Office du crédit agricole. Mentionnons en passant que le sujet du concours de l'Ordre du mérite forestier en 1982 a été le drainage forestier.

La principale recommandation formulée par les Finlandais concerne la nécessité à court terme d'effectuer au Québec un minimum d'expériences avant de se lancer dans l'entreprise sur une grande échelle. Il serait souhaitable, au cours d'une première année, d'organiser une démonstration de drainage forestier au Québec, avec l'aide d'un entrepreneur et de certains experts finlandais dans le domaine de la planification et de l'exécution des travaux de drainage. Cette démonstration durerait deux mois et couvrirait 100 hectares. Ses buts seraient: 1) d'initier notre personnel ou nos propres ressources à ce genre de travaux et 2) de vérifier l'espacement entre les

fossés à l'intérieur des peuplements de diverses classes de fertilité, pour quelques essences forestières. Chaque grande classe climacique serait l'objet d'une zone d'expérience de 100 hectares, à cause de l'importance du climat sur l'effet du drainage.

Finalement, l'importation d'équipement finlandais de drainage n'est pas absolument nécessaire, car il est possible de modifier, sans trop de frais, les rétrocaveuses existant déjà au Québec.

CHAPITRE IV

IDENTIFICATION DES ESSENCES ET TYPES FORESTIERS OU ASSOCIATIONS VÉGÉTALES À DRAINER

Blaise Parent

Après consultation et analyse, on peut conclure que les principales essences forestières susceptibles d'être drainées au Québec sont l'épinette noire, le sapin baumier, l'épinette blanche, le thuya, l'érable rouge et le peuplier. De plus, nous devons exclure certaines essences à cause de l'absence de tables de rendement les concernant. Notre étude ne constitue pas une analyse exhaustive de l'écologie des tourbières au Québec, car ce sujet très complexe en dépasse le cadre.

Comme nous l'avons mentionné antérieurement (chapitre II sur la méthodologie), le choix des classes de fertilité humides ou susceptibles d'être drainées s'est fait en procédant à l'identification, l'analyse et le regroupement des types forestiers humides selon divers auteurs. Par la suite, il a fallu faire une certaine élimination dans le but d'éviter certains dédoublements, d'uniformiser et de rendre notre méthode plus consistante.

Nous avons d'abord regroupé les auteurs qui effectuent une classification des principaux types forestiers ou associations végétales au Québec en se servant de la végétation. Les principales études sont celles de Lafond (1960 et 1964), Linteau (1959), Gauthier et Grandtner (1975), Gauthier (1971), Blouin et Grandtner (1971) et Grandtner (1960).

Chaque auteur est étudié séparément. Dans une première étape, tous les types ou associations végétales identifiés comme humides et mal drainés ou ayant une nappe phréatique élevée, sont retenus et regroupés dans un tableau où leur description est notée en détail. Le problème est que chaque auteur a créé sa propre classification. Après élimination, on obtient finalement un tableau-synthèse (tableau 1) identifiant, par auteur: l'essence; les types forestiers ou associations végétales; les classes de fertilité (description en appendice A); les classes de drainage (description en appendice B); la situation topographique; les essences dominantes, codominantes et compagnes; les strates arbustives, herbacées et muscinales, et la régénération.

Les figures 8 à 13 illustrent, à titre d'exemple, quelques types forestiers ou associations végétales humides ou susceptibles d'être drainés au Québec.

Figure 8 - Pessière noire à sphaigne, clintonie et quatre-temps

Figure 9 - Sapinière à sphaigne et osmonde

Tableau 1 - Identification des essences et types forestiers ou associations végétales à drainer

Essences	Types ou associations végétales	Classes de fertilité	Classes de drainage	Situation topographique	Essences dominantes (Do.) Co-dominantes (Co.-Do.) Compagnes (Cp.)	Strates			Régénération	Auteur
						Arbustive	Herbacée	Muscinale		
Épinette noire assoc. Hypnacées	a) *Calliergon-Sphagnum* b) *Calliergon-Petasites*	II III	3 4	L'un des plus grands climax boréaux entre le 49e et le 52e (présence de *hardpan*)	Do. EPn Co.-Do. SAba, BOp parfois PEt et PIg				EPn SAba BOp	Lafond
Épinette noire assoc. *Kalmia*	*Kalmia-Ledum*	III	5	À la limite des stations productives	Do. EPn	*Kalmia* *Ledum* *Vaccinium*	*Carex*	*Sphagnum* et les hypnacées	EPn (marcottage)	Lafond
Épinette noire assoc. *Ledum*	a) *Ledum-Rubus* b) *Chamaedaphne-Ledum* c) *Ledum-Calliergon*	III	5	Le long des lacs	Do. EPn	*Ledum* *Kalmia*		Hypnacées dominées par *Calliergon schreberi*	EPn	Lafond
Épinette noire assoc. *Sphagnum*	1) Sous-ass. Aulne: a) *Sphagnum-Petasites* b) *Sphagnum-Polytricum* c) *Sphagnum-Oxalis*	II, III	3	Sol argileux	Do. EPn Co.-Do. faible		*Petasites palmatus* *Rosa palustris*	*Sphagnum, Polytricum* *Sphagnum, Oxalis montana*	Epn ME1	Lafond
	2) Sous-ass. *Carex* a) *Sphagnum-Rubus* b) *Sphagnum-Carex*	IV	6	Tourbière	Do. EPn Co.-Do. faible ME1	*Kalmia* *Ledum* *Rubus* *Chamaedaphne*		*Sphagnum sp.*		Lafond (Côte-Nord)
Épinette noire	*Hypnum-Kalmia*	III	4	Au pied des montagnes et au pourtour des lacs	Do. EPn Cp. PIg, BOp, PEt, SAba	*Kalmia* *Vaccinium*	*Cornus canadensis*	*Calliergon* *Hypnum crista-castrensis* *Dicranum undulatum* *Hylocomium splendens*	EPn	Linteau
Épinette noire	*Chamaedaphne calyculata*	IV	6	Près des tourbières, humidité du sol élevée	Do. EPn Cp. ME1	*Chamaedaphne calyculata* *Kalmia angustifolia* *Kalmia polifolia* *Ledum groenlandicum* *Vaccinium angustifolium* *(Andromeda glaucophylla)*	*Sarracenia purpurea* *Eriophorum spissum* *Drosera rotundifolia* *Vaccinium oxycoccos* *Scheuchzeria palustris var.americana* *Carex limosa* et *paupercula* *Eriophorum virginicum, chamissonis* Gaultheria hispidula Carex trisperma	*(Sphagnum magellanicum, parvifolium, rubellum, fuscum, apiculatum)* *Pleurozium schreberi* *Mylia anomala* *Dicranum undulatum* *Polytrichum juniperinum*	EPn	(Gauthier et Grandtner) et celle de Gauthier
Épinette noire	*Kalmia angustifolia*	IV	6	Tourbière	Do. EPn Cp. ME1, PIg	Kalmia angustifolia *Chamaedaphne calyculata* (et les éricacées de la sous-ass. à *Chamaedaphne*)	Sarracenia purpurea *Eriophorum spissum* *Drosera rotundifolia* *Vaccinium oxycoccos* *Scheuchzeria palustris* *Carex limosa* et *paupercula* *Eriophorum virginicum* et *chamissonis* et *spissum* *Gaultheria hispidula* *Carex trisperma* *Rubus chamaemorus*	Couvertes à 85% de mousses et lichens Deux variantes: a) *Kalmia* (plus humide formée de sphaignes) b) *Cladonia* (plus sèche formée de lichens tels que: *Cladonia rangiferana, mitis, alpestris*) espèces communes: *Pleurozium* *Mylia* *Dicranum* *Polytrichum*	EPn	(Gauthier et Grandtner) et celle de Gauthier

Essences	Types ou associations végétales	Classes de fertilité	Classes de drainage	Situation topographique	Essences dominantes (Do.) Co-dominantes (Co.-Do.) Compagnes (Cp.)	Arbustive	Herbacée	Muscinale	Régénération	Auteur
						Strates				
Épinette noire	*Ledum groenlandicum*	IV	6	Périphérie des tourbières	Do. EPn Cp. MEl	*Kalmia angustifolia* *Chamaedaphne calyculata* *Ledum groenlandicum* *Vaccinium angustifolium* *Kalmia polifolia* *Nemopanthus mucronata* *Viburnum cassinoides*	*Gaultheria hispidula* *Drosera rotundifolia* *Vaccinium oxycoccos* *Eriophorum spissum* (*Carex trisperma*, *Rubus chamaemorus*, *Sarracenia purpurea* sont moins fréquents)	*Pleurozium schreberi* *Cladonia* *Ptilidium ciliare* *Dicranum fuscescens* et *polysetum* *Bazzania trilobata*	EPn	(Gauthier et Grandtner) et celle de Gauthier
Épinette noire	*Nemopanthus mucronata*	III	4	Périphérie des tourbières	Do. EPn Cp. MEl THo SAba	*Nemopanthus mucronata* *Viburnum cassinoides* *Vaccinium myrtilloides* (*Vaccinium angustifolium* et *Kalmia angustifolia*)	*Cornus canadensis* *Coptis groenlandica* *Maianthemum canadense* *Vaccinium vitis-idaea* *Clintonia borealis* *Trientalis borealis* *Osmunda cinnamomea* (*Carex trisperma* et *Gaultheria hispidula*)	*Pleurozium schreberi* *Ptilidium ciliare* *Dicranum fuscescens* *Dicranum polysetum* *Dicranum scoparium* *Bazzania trilobata* *Ptilium crista-castrensis* *Hylocomium splendens*	EPn	(Gauthier et Grandtner) et celle de Gauthier
Sapin baumier	Sapinière humide à thuya et némophante	III IV	5	Platières au pourtour des dépressions tourbeuses	Do. SAba Cp. EPn MEl THo BOp ERr	*Kalmia angustifolia* *Ledum groenlandicum* *Nemopanthus mucronata* *Viburnum cassinoides* *Smilacina trifolia* *Carex trisperma*	*Calamagrostis canadensis* *Rubus pubescens* *Osmunda cinnamomea* *Maianthemum canadense* *Trientalis borealis* *Coptis groenlandica* *Cornus canadensis*	*Sphagnum sp.*	SAba	(Blouin et Grandtner)
Sapin baumier	Sapinière à thuya et némopanthe var. à prêle	III	4-5	Station à pente faible (groupements provenant d'incendie)	Do. SAba Cp. THo EPn	*Acer spicatum* *Lonicera canadensis*			SAba	(Blouin et Grandtner)
Sapin baumier	Sapinière à thuya typique	III	4-5	Au bas des pentes	Do. SAba Cp. THo FRn PEb (EPn)	*Acer spicatum* *Dryopteris disjuncta* *Lonicera canadensis* *Dryopteris phegopteris* *Mitella nuda* *Athyrium filix-femina* *Ribes lacustre* *Ribes triste* *Ribes hirtellum*		*Pleurozium schreberi* *Hylocomium splendens* *Rhytidiadelphus triquetrus* *Ptilium crista-castrensis*	SAba	(Blouin et Grandtner)
Sapin baumier	Sapinière à *Dryopteris-Oxalis*	I II	4	Au bas des pentes, le long des ruisseaux	Do. SAba Cp. EPb BOp		*Dryopteris spinulosa* *Oxalis*	*Hylocomium proliferum* *Sphagnum*	SAba	Lafond (Côte-Nord)
Sapin baumier	Sapinière à *Hylocomium-Mitella*	I II	4	Confinée aux berges des rivières, partie inondée par les crues printanières	Do. SAba Cp. EPb	*Acer spicatum* *Alnus*	*Mitella nuda* *Cornus* *Oxalis*	*Hylocomium proliferum*	SAba	Lafond (Côte-Nord)
Sapin baumier	Sapinière à *Hylocomium-Cornus*	II	4-5	Terrain tourbeux, au bas des vallées	Do. SAba Cp. EPn	*Chiogenes hispidula*	*Cornus canadensis* *Maianthemum canadense*	*Hylocomium splendens* *Calliergon schreberi* *Hypnum crista-castrensis*	SAba EPn	Linteau
Sapin baumier	Sapinière à *Hypnum-Hylocomium*	II	4	Les basses pentes, terrasses des rivières (till ou dépôt alluvial)	Do. SAba, EPn, EPb Co.-Do. SAba, EPn, BOp	*Kalmia angustifolia* *Vaccinium canadense* *Vaccinium pensylvanicum*	*Cornus canadensis* *Coptis groenlandica* *Clintonia borealis* *Maianthemum canadense*	*Hylocomium splendens* *Calliergon schreberi* *Hypnum crista-castrensis* *Sphagnum*	SAba	Linteau

Tableau 1 - Identification des essences et types forestiers ou associations végétales à drainer (suite)

Tableau 1 - Identification des essences et types forestiers ou associations végétales à drainer (suite)

Essences	Types ou associations végétales	Classes de fertilité	Classes de drainage	Situation topographique	Essences dominantes (Do.) Co-dominantes (Co.-Do.) Compagnes (Cp.)	Strates			Régénération	Auteur
						Arbustive	Herbacée	Muscinale		
Thuya («Cèdre»)	Cédrière tourbeuse	III IV	5	Périphérie des tourbières	Do. THo Cp. ME1 SAba EPn BOp	*Betula pumila* *Myrica gale* *Ledum groenlandicum* *Cornus stolonifera* *Pyrus decora* *Alnus rugosa* var. *americana* *Acer spicatum*	*Nitella nuda* *Viola incognita* *Rubus pubescens* *Osmunda cinnamomea* *Galium triflorum* *Cornus canadensis* *Trientalis borealis* *Linnaea borealis* *Carex leptalea* *Carex trisperma* *Ribes lacustre* *Gaultheria hispidula* *Clintonia borealis* *Maianthemum canadense*	*Hylocomium splendens* *Rhytidiadelphus triquetrus* *Mnium punctatum* *Campylium stellatum* *Hylocomium pyrenaicum* *Fissidens adiantoides* *Thuidium delicatulum* *Sphagnum warnstorfianum* *Climacium dendroides* *Ptilium crista-castrensis* *Dicranum scoparium* *Bazzania trilobata* *Pleurozium schreberi*	THo	(Gauthier et Grandtner)
Thuya («Cèdre»)	Cédrière à sapin:	III IV	5-6	Platières tourbeuses	Do. THo Cp. SAba sur site riche FRn EPn sur site pauvre ME1	*Alnus rugosa* var. *americana*	espèces hygrophiles et mésotrophes		THo	
	et *Smilacina*	IV	6	Platières tourbeuses	Do. THo Cp. EPn, SAba	*Populus balsamifera* *Alnus rugosa* *Kalmia angustifolia* *Vaccinium myrtilloides* *Nemopanthus mucronata* *Viburnum cassinoides* *Smilacina trifolia* *Chiogenes hispidula* *Carex trisperma* *Petasites palmatus*	*Lycopodium lucidulum* *Dryopteris disjuncta* *Dryopteris phegopteris* *Linnaea borealis* *Coptis groenlandica* *Trientalis borealis* *Cornus canadensis* *Maianthemum canadense*	*Sphagnum* *Hylocomium splendens* *Pleurozium schreberi* *Dicranum polysetum* *Ptilium crista-castrensis*	THo	(Blouin et Grandtner)
	et *Rhytidiadelphus*	III	6	Platières tourbeuses et bord des cours d'eau	Do. THo SAba Cp. FRn PEb	*Acer spicatum* *Lonicera canadensis* *Lycopodium lucidulum* *Dryopteris disjuncta* *Galium triflorum* *Dryopteris phegopteris* *Nitella nuda* *Athyrium filix-femina* *Osmunda cinnamomea* *Dryopteris noveboracencis*	*Polypodium virginianum* *Chrysoplenium americanum*	*Sphagnum* *Rhytidiadelphus triquetrus* *Mnium punctatum* var. *elatum* *Mnium affine*	THo	
Érable rouge	Érablière rouge à thuya	III	5-6	À proximité des tourbières	Do. ERr THo SAba BOj BOg FRn	*Alnus rugosa* var. *americana* *Viburnum cassinoides*	Les espèces compagnes de l'aulne	Les espèces compagnes de l'aulne	Rejet de souche	Grandtner
Érable rouge	Érablière rouge à osmonde	III	5	À proximité des tourbières	Do. ERr Cp. ME1	*Ilex verticillata*	Osmonde et les plantes des tourbières		Rejet de souche	Grandtner

Essences	Types ou associations végétales	Classes de fertilité	Classes de drainage	Situation topographique	Essences dominantes (Do.) Co-dominantes (Co.-Do.) Compagnes (Cp.)	Arbustive	Herbacée	Muscinale	Régénération	Auteur
						Strates				
Peuplier	Peupleraie boréale à mitrelle (série de la cèdrière tourbeuse)	II	5	Platières tourbeuses	Do. PEb FRn Cp. THo SAba	*Acer spicatum* *Cornus stolonifera* *Ribes lacustre*	*Dryopteris disjuncta* *Galium triflorum* *Actaea rubra* *Rubus pubescens* *Mitella nuda* *Circaea alpina* *Matteuccia struthiopteris* *Aralia racemosa*	*Rhytidiadelphus triquetrus* *Mnium punctatum* var. *elatum* *Mnium affine*	Groupement de transition THo - SAba	(Blouin et Grandtner)
Peuplier	Tremblaie à aulne (série de la sapinière humide à thuya)	III IV	5	Station à pente faible	Do. PEt	*Alnus rugosa* var. *americana*	*Aster puniceus* *Solidago rugosa* *Solidago graminifolia* *Rubus pubescens* *Equisetum sylvaticum* *Coptis groenlandica* *Linnaea borealis* *Cornus canadensis* *Maianthemum canadense*		Groupement de transition	(Blouin et Grandtner)
Peuplier	Tremblaie à aulne et aémopanthe (Série de la sapinière humide à thuya)	III IV	5	Basses terres de l'estuaire (colonise un podzol gleyifié)	Do. PEt Cp. BOp SAba ERr EPn	*Acer spicatum* *Nemopanthus mucronata* *Kalmia angustifolia* *Viburnum cassinoides*			Groupement de transition	(Blouin et Grandtner)
Peuplier	Tremblaie à aulne et viorne cassinoïde (série de la sapinière humide à thuya)	III	5	Basses terres de l'estuaire (colonise des podzols gleyifiés) platières argileuses	Do. PEt	*Alnus rugosa* var. *americana* *Viburnum cassinoides*	*Spiraea latifolia* *Dryopteris cristata* *Iris versicolor* *Calamagrostis canadensis*		Groupement de transition PEt et AUr	(Blouin et Grandtner)
Peuplier	Tremblaie à aulne et à mitrelle (série de la sapinière à thuya)	III	4-5	Basses terres de l'estuaire (colonise des podzols gleyifiés et humifères)	Do. PEt Cp. PEb FRn Co.-Do. SAba THo BOj	*Acer spicatum* *Alnus rugosa* var. *americana* *Corylus cornuta*	*Lonicera canadensis* *Dryopteris disjuncta* *Dryopteris phegopteris* *Prenanthes trifoliata* *Prenanthes altissima* *Mitella nuda* *Athyrium filix-femina*	*Sphagnum sp.* *Pleurozium schreberi* *Ptilium crista-castrensis*	Groupement de transition PEt et PEb	(Blouin et Grandtner)
Peuplier	Peupleraie à frêne noir et onoclée (série de la frênaie à orme)	II	4	Sur des dépôts alluviaux	Do. PEb Co.-Do. FRn ORa	*Prunus virginiana* *Corylus cornuta* *Cornus stolonifera* *Acer spicatum*	*Matteuccia struthiopteris* *Laportea canadensis* *Onoclea sensibilis* *Thalictrum pubescens* *Impatiens capensis* *Clematis virginiana* *Galium asprellum* *Calamagrostris canadensis* *Circaea alpina* *Eupatorium maculatum*		Groupement de transition PEb et FRn	(Blouin et Grandtner)
Peuplier	Tremblaie à érable à sucre et à frêne noir (série de l'érablière à bouleau jaune)	II	4	Le long de ruisseaux	Do. PEt Cp. FRn PEb		*Mitella nuda* *Thalictrum pubescens* *Eupatorium rugosum* *Sanicula marilandica*		Groupement de transition	(Blouin et Grandtner)

Tableau 1 - Identification des essences et types forestiers ou associations végétales à drainer (suite et fin)

Figure 10 - Sapinière à thuya et à carex

Figure 11 - Sapinière à épinette noire

Figure 12 - Cédrière à sapin

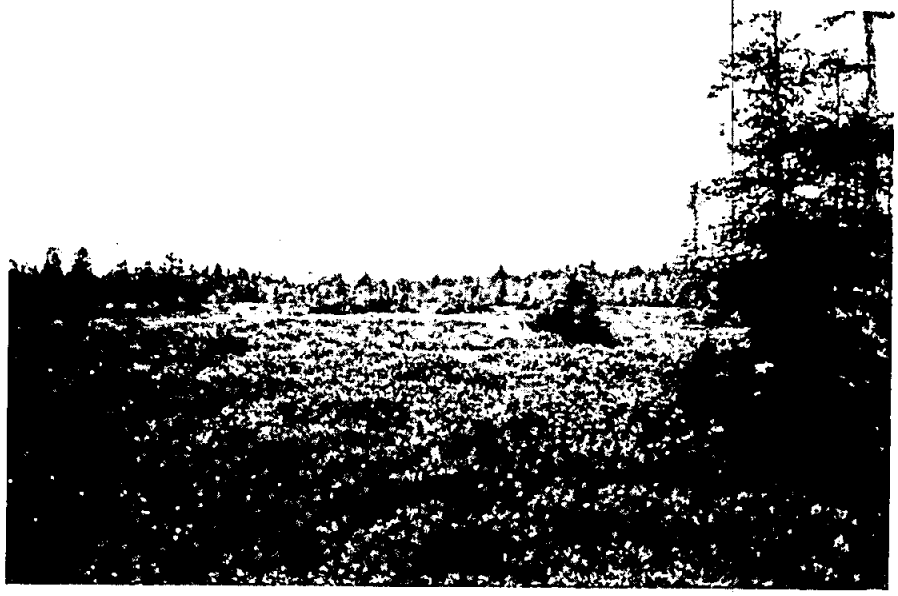


Figure 13 - Tourbière à éricacées

CHAPITRE V

ASPECTS TECHNIQUES DU DRAINAGE FORESTIER

Blaise Parent

A partir de la littérature pertinente, nous décrivons ici la technique de planification d'un réseau de drainage forestier de même que la technologie et l'équipement qui existent pour l'excavation de ces réseaux. Les sections 5.1 et 5.2 s'inspirent largement de Heikurainen (1972) et Otava (1970) respectivement.

5.1 - MÉTHODE TECHNIQUE DE PLANIFICATION D'UN RÉSEAU DE DRAINAGE FORESTIER

5.1.1 OUTILS TECHNIQUES

On établit un plan détaillé d'un réseau de drainage au moyen des cartes topographiques (1:10 000), des cartes de végétation et des photographies aériennes de l'endroit en question, à la plus grande échelle possible. Un personnel qualifié analyse et interprète ces documents. La forme et la pente du terrain, les peuplements forestiers, les types de végétation, etc. lui permettent d'identifier provisoirement les types de sols et la classe de drainage, et de

localiser ensuite la ligne de contour du bassin de ce réseau, ses fossés principaux et ses fossés latéraux, et d'établir son aire de drainage.

Le tracé préliminaire ainsi obtenu constitue une base nécessaire qu'il ne faut toutefois pas surestimer; un travail important reste à faire sur le terrain. Il s'agit d'aller chercher et de vérifier les informations techniques qui permettront de localiser définitivement le tracé du réseau. On peut énumérer quelques-uns de ces relevés techniques: la mesure des niveaux et des pentes à intervalles réguliers, la profondeur de la tourbe et les obstacles rencontrés. Les nouvelles informations recueillies, transposées sur la carte topographique de base du début, fixent les variantes du tracé préliminaire et déterminent le tracé final.

5.1.2 CHOIX ET DESCRIPTION DU MODÈLE D'UN RÉSEAU DE DRAINAGE FORESTIER

D'après les expériences et les études faites à ce sujet, on arrive à la conclusion que ce sont les fossés à grand espacement (c'est-à-dire espacés de 30 à 60 mètres) qui semblent les mieux appropriés à nos conditions générales de terrain (terrains tourbeux boisés).

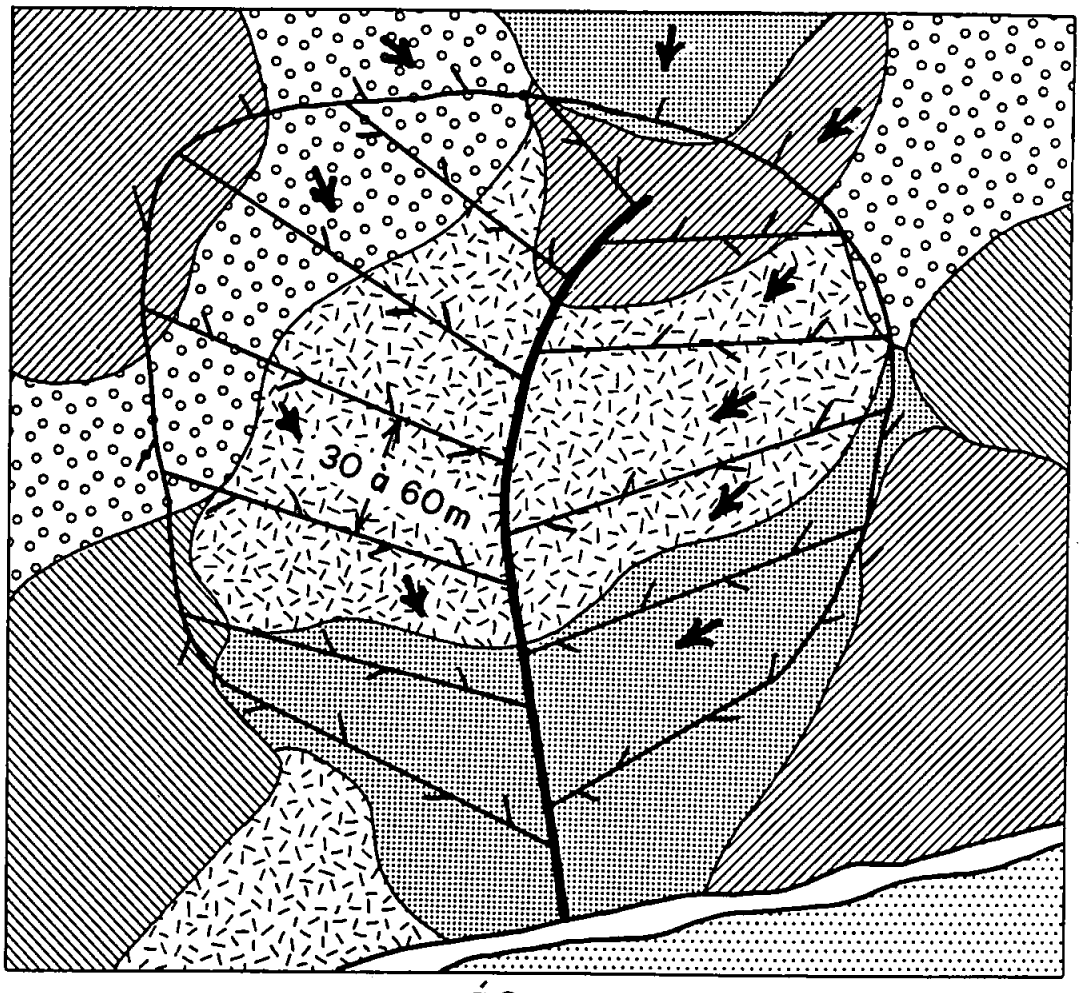
Le choix de ce modèle implique, en plus des fossés latéraux à intervalles réguliers, des fossés principaux (figure 14) pour évacuer l'eau et, parfois, selon le terrain, un fossé de contour du réseau (figure 15).

Pour être efficaces, les fossés latéraux (figure 16) doivent se prolonger de petites trouées (embranchements ou saignées) qui

Figure 14 - Fossé principal
(photo: J.-P. Nadeau)

Figure 15

RÉSEAU DE DRAINAGE



LÉGENDE

VÉGÉTATION

- Tourbière d'épinette noire
- Sapin et épinette
- Épinette
- Sapin baumier
- Cédrière
- Aulnaie

- Fossé principal
- Fossés latéraux et de contours
- Direction des pentes
- Rivière
- Trouées (saignées)

Figure 16 - Fossé latéral

sont des plus importantes pour compléter le réseau. Les dimensions suggérées pour les fossés latéraux varient en moyenne de 90 à 140 cm au sommet, de 60 à 90 cm de profondeur et de 15 à 30 cm de largeur au fond du fossé. La figure 17 indique les sections recommandées pour un fossé latéral ouvert en Finlande. Habituellement, on creusera en moyenne 270 mètres de fossé latéral par hectare.

Les fossés principaux se trouvent, dans la plupart des cas, dans les parties basses ou au bas des pentes. Leurs dimensions sont calculées en fonction de la quantité d'eau qu'ils doivent évacuer. L'aire de drainage étant établie sur les cartes topographiques, il est alors possible d'évaluer le débit du fossé principal et de trouver ainsi ses dimensions. Le fossé de contour, lorsqu'il est nécessaire, délimite le bassin de drainage du réseau et évacue son eau dans les fossés principaux. Il est essentiel que tous ces fossés (de contour, latéraux et principaux) respectent une pente moyenne de 0,7 à 1 pour 100 pour que le fossé s'égoutte et ne soit pas envahi par la végétation, les mauvaises herbes, etc. (figure 18).

Tous ces chiffres et ces données sont interreliés et soumis à une grande variable: le terrain.

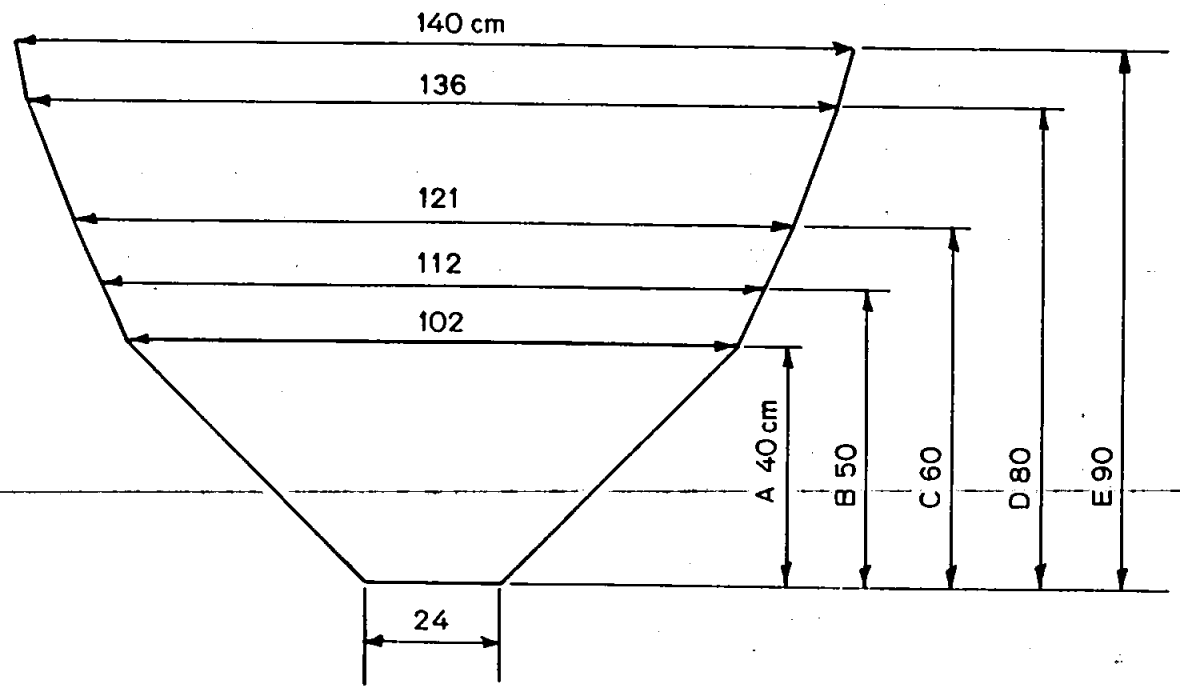
5.2 ÉQUIPEMENT DE DRAINAGE FORESTIER

De nos jours, pour faire du drainage forestier, on utilise la méthode mécanique en tout premier lieu. On emploie de la machinerie spécialisée, surtout des excavatrices à commande hydraulique (figures 19, 20 et 21). Toutefois, l'excavation à la dynamite apparaît souhaitable dans certaines circonstances, par exemple, pour de courtes sections de fossé, pour nettoyer les débris obstruant l'écoulement

Figure 17

Sections recommandées pour un fossé latéral ouvert

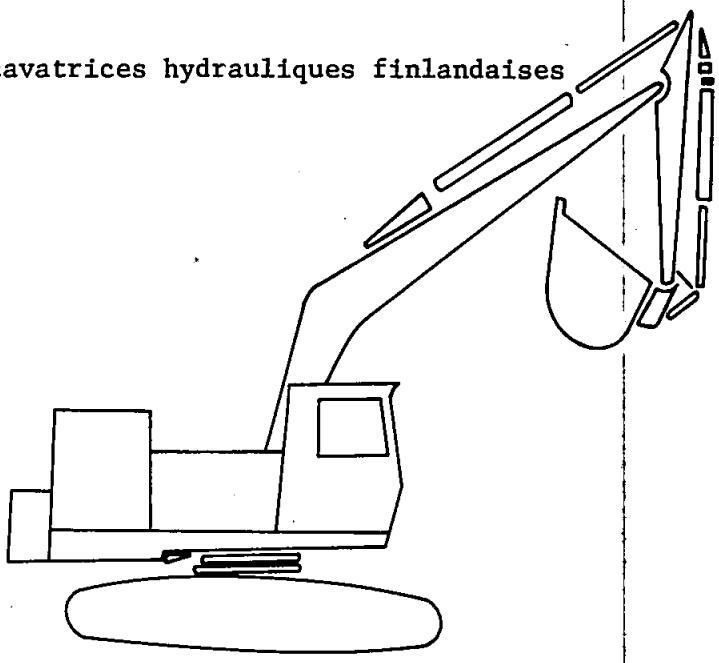
en Finlande



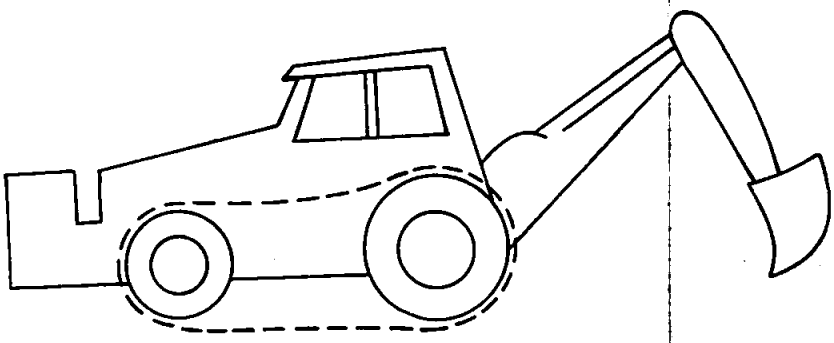
Source: Päivänen et Wells (1978)

Figure 18 - Fossé avec mauvaises herbes
(Photo: J.-P. Nadeau)

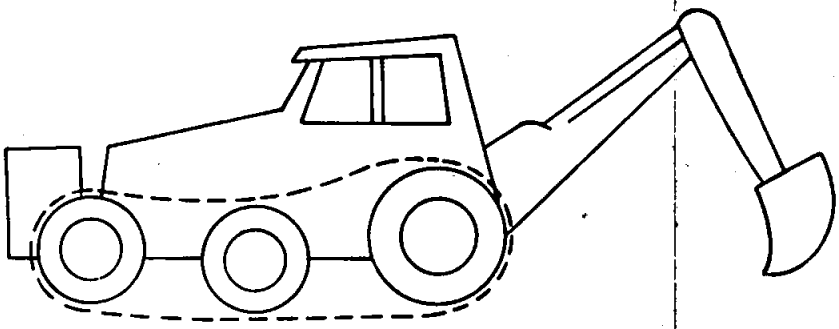
Figure 19: Excavatrices hydrauliques finlandaises



a) Pelle hydraulique



b) Rétrocaveuse à deux essieux



c) Rétrocaveuse à trois essieux

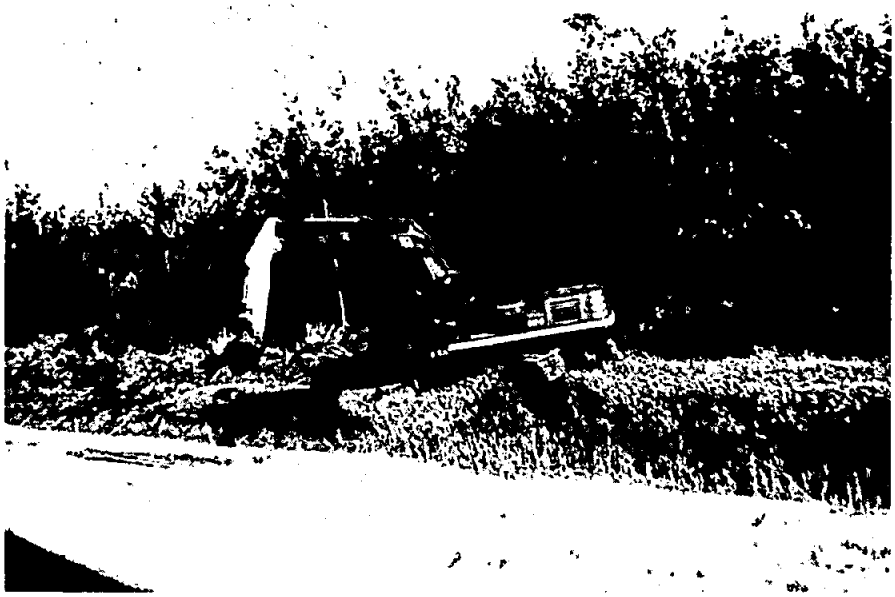


Figure 20 - Pelle à commande hydraulique
(photo: J.-P. Nadeau)

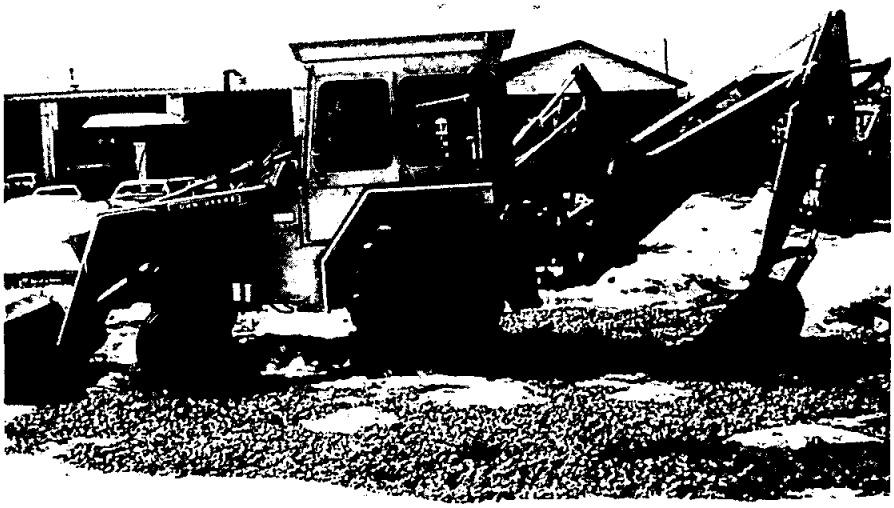


Figure 21 - Rétrocaveuse
(photo: M. Gagnon)

de l'eau, pour déplacer de gros blocs rocheux ou des souches, etc. et plus particulièrement lorsque les coûts de construction deviennent excessifs parce que certains endroits sont inaccessibles à la machinerie. La méthode est simple (Demers 1978); il s'agit de placer dans la ligne du fossé, tous les 30 cm, un bâton de dynamite à une profondeur d'environ 18 cm. Si l'on rencontre des obstacles majeurs, on dépose les bâtons à une profondeur plus grande tout en diminuant l'écart entre eux.

5.2.1 EQUIPEMENT UTILISÉ AILLEURS DANS LE MONDE

On peut observer les principaux types de machinerie utilisés pour le drainage dans les pays scandinaves et plus particulièrement en Finlande en raison de sa longue expérience en ce domaine.

Il existe plusieurs modèles de charrues. Outre la charrue (figure 22) habituellement tirée par un tracteur et servant dans les grandes tourbières non boisées, on trouve entre autres la charrue *Cuthbertson*, la *Lokomo NA 17*, la *Warkaus* et la *KLM-240* de *Marttiini Steel*. Toutes ces charrues doivent être tirées par un tracteur pesant moins de 13,6 tonnes* et d'une puissance de 75 à 112 kW.* Leur capacité d'excavation est de l'ordre de 70 à 80 cm de profondeur, de 135 à 140 cm de largeur au sommet et d'une production de 500 à 600 m/h.* Ce type de charrue consiste tout simplement en un sabot qui ouvre le sol par la force de traction du tracteur en mouvement.

Dans les mêmes tourbières non boisées, on utilise encore l'excavatrice à roue (*rotary ditcher*) dont les principaux modèles sont

---

* kW = kilowatt m/h = mètre/heure tonne = tonne métrique

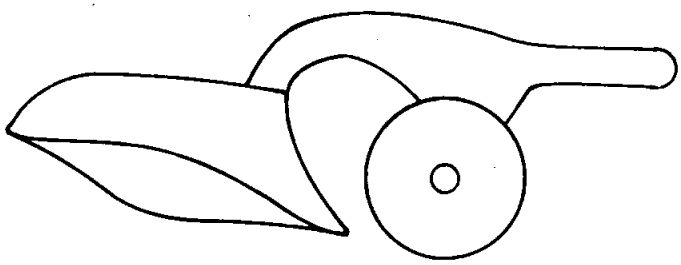


Figure 22: Charrue de drainage forestier, en Finlande

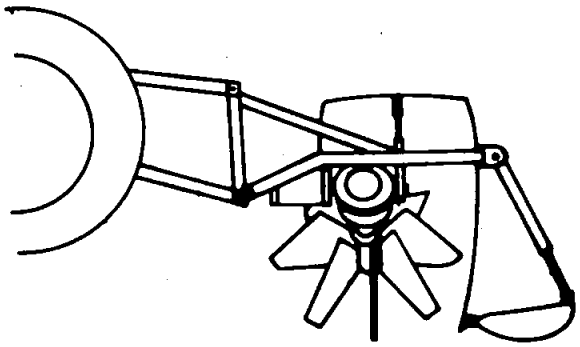


Figure 23: Excavatrice à roue, modèle *Fishars Vakojyrsin*

la *Fiskars Vakojyrsin* (figure 23), la *Kopo AOJ 55/20x60* et la *Kopo MOJ 35x100*. Cette excavatrice doit être tirée par un tracteur d'une puissance d'au moins 45 kW pour une excavation de 50 à 60 cm de profondeur et 55 à 65 cm au sommet et une production de 300 à 700 m/h. Cette machine (figure 23) consiste en une grande roue munie de godets qui amène le sol excavé soit sur un convoyeur, soit directement sur les bords du fossé. D'autres modèles consistent en une vis sans fin qui tourne et projette le sol de chaque côté du fossé. Ces machines sont généralement installées sur un châssis à l'arrière d'un tracteur à roues ou à chenilles.

Il y a ensuite les excavatrices traditionnelles, c'est-à-dire les excavatrices à câble et les excavatrices à commande hydraulique. Ces dernières comprennent la pelle à commande hydraulique (figures 19a et 20) et la rétrocaveuse (figure 19b, 19c et 21). Elles servent sur des sols plus fermes, c'est-à-dire des sols minéraux dans les tourbières boisées.

La pelle à commande hydraulique remplace l'excavatrice à câble ou *dragline*, qui n'est pratiquement plus employée. Certains modèles de pelle à commande hydraulique comme l' *Ara Ak 31E* et la *Dinosaurus* ont une production en forêt de 60 à 70 m^3/h pour un poids de 7 à 12 tonnes; par contre, d'autres modèles, comme la *Lokomo T 320B*, ont une production de 100 à 150 m^3/h, mais un poids de 17 tonnes.

Le fonctionnement de la pelle à commande hydraulique est simple car elle se compose d'un bras articulé muni d'une benne (0,2 à 0,7 m^3) qui excave le sol et le dépose sur un côté du fossé. Elle se déplace sur chenilles et son moteur peut avoir une puissance de 45 à 75 kW.

Quant à la rétrocaveuse (communément appelée «pépine» au Québec), elle est très populaire dans les tourbières boisées et en terrain accidenté. Ses avantages sont son poids, ses dimensions plus réduites et ses possibilités techniques. On compte une grande variété de modèles, tels *l'Ahma 535S* et la *Lokomo L 260* dont la production est de 40 à 50 m^3/h, la *James 610S* à 50 à 60 m^3/h, le *Ukko-Mestari* et le *Vammas Kersantti* à 50 à 70 m^3/h, etc. Le poids de la rétrocaveuse varie de 2 000 à 4000 kg et sa puissance, de 22 à 45 kW. Son fonctionnement est à peu de chose près identique à celui de la pelle à commande hydraulique. Par contre, elle est montée sur roues avec ou sans chenilles (figures 19b, 19c et 20).

5.2.2 ÉQUIPEMENT UTILISÉ AU QUÉBEC

La seule machinerie présentement utilisée au Québec pour faire du drainage en terrain boisé est celle qu'emploie le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation lorsqu'il doit occasionnellement traverser des lots boisés pour compléter le réseau de drainage agricole. En fait, ce type de machinerie peut se résumer ici à deux modèles, c'est-à-dire la pelle à commande hydraulique et la rétrocaveuse. Au Québec, on utilise presque exclusivement la pelle à commande hydraulique. Les caractéristiques techniques de celle-ci sont les suivantes: puissance d'environ 110 kW, benne de 0,7 m^3, production approximative de 60 m^3/h.

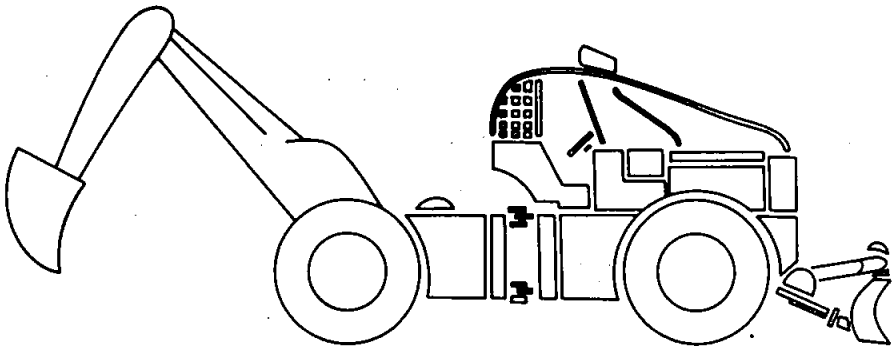
Tout compte fait, la pelle à commande hydraulique et la rétrocaveuse utilisées au Québec peuvent se comparer à celles utilisées dans les pays scandinaves. Cependant, certaines modifications devraient leur être apportées surtout au niveau de la capacité de

support (pression exercée au sol) et de la mobilité en forêt. Il s'agit tout simplement d'adapter ce type de machinerie au terrain forestier humide en lui ajoutant soit un système de doubles roues, soit des chenilles plus larges et des pare-chocs. Ces améliorations pourraient être confiées à des organismes qui se pencheraient sur la question. Il y a déjà eu en Ontario (Haavisto et Atkinson 1977) une tentative de modification de débusqueuses pour fins de drainage (figure 24) en les munissant d'un bras articulé à commande hydraulique. On obtint de bons résultats même en terrain tourbeux.

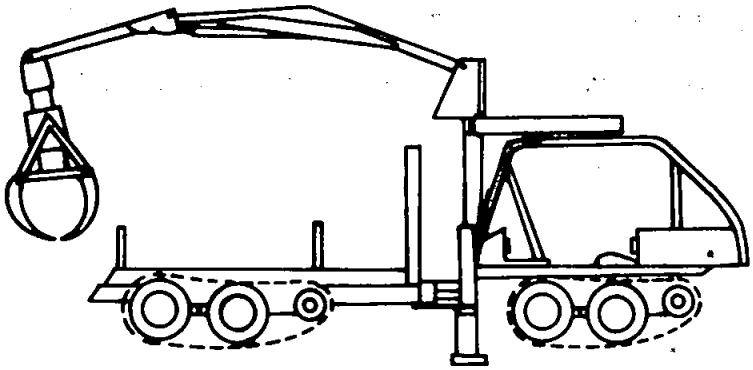
5.2.3 CONCLUSION

La machinerie présentement utilisée au Québec par le ministère de l'Agriculture et préconisée par les entrepreneurs québécois est l'excavatrice, c'est-à-dire la pelle à commande hydraulique (figure 19a et 20). Mais il ne semble pas que ce soit la machinerie idéale, surtout par rapport à ce qu'on trouve de par le monde et compte tenu des coûts. Il y aurait avantage à regarder plutôt du côté d'une rétrocaveuse adaptée à nos conditions, car elle est moins dispendieuse, plus légère, plus mobile et moins encombrante en forêt.

Figure 24: Débusqueuse et débardeuse modifiées, en Ontario



a) Débusqueuse à roues *Timberjack* modèle *215*, munie d'une bineuse arrière classique (avant modifications)



b) Débardeuse à chenilles *Bombardier Terrain-Master*, munie d'un chargeur *Prentice* et d'un grappin "bivalve" (*clam*)

CHAPITRE VI

VOLUME LIGNEUX ADDITIONNEL

Jean-Paul Nadeau

Quel serait le volume marchand additionnel net (toutes essences) de bois produit à la suite du drainage des peuplements du Québec? Comme il ne s'effectue à peu près pas de drainage forestier comme tel sur une base opérationnelle au Québec, il faut nécessairement estimer cette réaction des peuplements en se servant d'expériences faites ailleurs, soit pour les mêmes essences ou pour d'autres essences comparables.

6.1 MODÈLES DE CROISSANCE

Grâce à une étude détaillée de la volumineuse littérature concernant l'effet du drainage sur la croissance des peuplements, il a été possible d'analyser la croissance de peuplements drainés ailleurs et de formuler certaines hypothèses de croissance réalistes et conservatrices pour les peuplements du Québec. J'ai élaboré un modèle de simulation du drainage forestier et l'ai appliqué à des

tables de rendement du Québec (Boudoux, 1979; Plonski, 1974; Le Goff, Ménard et Richard, 1976) dans le but d'obtenir des modèles de croissance pour le Québec.

Le tableau 2 présente, à titre d'exemple, un groupe de modèles de croissance pour l'épinette noire dans l'Est du Québec. Chaque groupe de modèles tient compte de l'essence, de la classe de fertilité, de l'âge du peuplement lors du drainage, de la période de réaction au drainage, de l'âge à la récolte finale, du taux annuel moyen d'augmentation dans l'accroissement annuel périodique et, finalement, de la classe de densité.

Le tableau 3 résume la distribution du nombre retenu de modèles de croissance en fonction du peuplement et de la période de réaction au drainage. Parmi tous les modèles de croissance élaborés, environ 400 ont finalement été retenus pour fins d'analyse, après une certaine élimination. Celle-ci tient compte d'un certain nombre de placettes d'échantillonnage de peuplements drainés que nous avons visités et analysés lors de la mission effectuée en Finlande. Seuls ont été retenus les modèles dont le volume marchand additionnel dû au drainage est inférieur ou égal à 7,0 m^3/ha.an pour les résineux et à 10,0 m^3/ha.an pour les feuillus.

La variation du nombre de modèles entre les essences est due en partie à la disponibilité des données dans les tables de rendement. Ce nombre est supérieur pour l'épinette noire et le sapin baumier parce que les tables de rendement utilisées pour ces deux essences (Boudoux, 1979) tiennent compte de plusieurs classes de densité alors que les autres (Le Goff, Ménard et Richard, 1976) n'en tiennent pas compte.

Tableau 2

Simulation de la croissance de peuplements drainés: groupe de modèles n° EPn 15-9

Essence: épinette noire
Région: est
Classe de fertilité: IV
Age du peuplement lors de la mise en place du drainage: 75 ans
Age à la récolte finale: 90 ans
Taux annuel moyen d'augmentation dans l'accroissement annuel périodique: 6,91%

Classe de surface terrière	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	Peu. drainé	P. non drainé	Peu. drainé	P. non drainé	Peu. drainé	P. non drainé	Peu. drainé	P. non drainé	Peu. drainé	P. non drainé	Peu. drainé	P. non drainé	Peu. drainé	P. non drainé	Peu. drainé	P. non drainé	Peu. drainé	P. non drainé
Age	Volume marchand résineux (en m^3/ha.an)																	
75					69	69	62	62	55	55	50	50	44	44	39	39	33	33
90					113	85	103	77	96	70	88	64	82	58	75	52	68	46
Δ Volume marchand net résineux m^3/ha.an		-		-	28	-	26	-	26	-	24	-	24	-	23	-	22	
Taux moy. annuel d'augmen. volume marchand rés. net en %					3,24	1,40	3,44	1,45	3,78	1,62	3,84	1,66	4,24	1,86	4,46	1,94	4,94	2,24
Acc. pério. annuel m^3/ha.an					2,93	1,07	2,73	1,00	2,73	1,00	2,53	0,93	2,53	0,93	2,40	0,87	2,33	0,87
Δ accrois. annuel périodique dû au drainage m^3/ha.an		-		-	1,86		1,73		1,73		1,60		1,60		1,53		1,46	

Tableau 3

Distribution du nombre de modèles de croissance en fonction du peuplement et de la période de réaction au drainage

Peuplement	Période de réaction (années)	Nombre de modèles (unités)
Épinette noire	10	54
	15	66
	20	83
	25	84
	30	53
Total		340
Sapin baumier	10	12
	15	19
	20	16
Total		47
Thuya («cèdre»)	10	1
	15	2
	20	2
	25	3
	30	2
Total		10
Peuplier (L)	10	2
Érable rouge	10	2
TOTAL		401

6.2 VOLUME MARCHAND ADDITIONNEL

Pour chacun des 401 modèles de croissance retenus, nous avons calculé le volume marchand additionnel net produit par le drainage. Le tableau 4 indique, à titre d'exemple, pour un peuplement d'épinette noire drainé sur une période de 15 ans, les volumes marchands additionnels récoltés après drainage. Ainsi, dans le cas d'un peuplement d'épinette noire (groupes Epn 15-9) de classe de fertilité IV, et dont le drainage se fait à l'âge de 75 ans, soit 15 ans avant la récolte finale, le volume marchand additionnel dû au drainage est estimé à 28 m^3/ha lorsque la surface terrière (densité) au moment du traitement est de classe 3 (22 m^2/ha), ce qui correspond à un volume marchand résineux de 69 m^3/ha.

Le tableau 5 présente, pour chaque modèle de croissance, la prévision du volume marchand additionnel à récolter après drainage des peuplements.

6.3 EFFET DU DRAINAGE SUR L'ACCROISSEMENT

Les 401 modèles de croissance retenus appartiennent à divers groupes, chaque groupe correspondant à une essence et à une classe de fertilité données, une période de réaction au drainage et – dans le cas des peuplements d'épinette noire et d'épinette et sapin – un certain nombre de classes de surface terrière. Pour chacun des groupes (par exemple Epn 10-1), un taux annuel moyen d'augmentation de l'accroissement annuel périodique a été calculé et introduit dans le modèle mathématique de simulation dans le but de simuler divers modèles de croissance. Le tableau 6 donne un aperçu de la moyenne de ces taux. Ainsi, dans le cas du peuplement d'épinette noire drainé

Tableau 4

Volume marchand additionnel d'épinette noire récolté après drainage, selon les modèles et les classes de surface terrière

Modèle de croissance*	Classe de fertilité	Age d'intervention (années)	Age de révolution (années)	Volume marchand additionnel en m^3/ha								
				C.S.T.** 1	C.S.T. 2	C.S.T. 3	C.S.T. 4	C.S.T. 5	C.S.T. 6	C.S.T. 7	C.S.T. 8	C.S.T. 9
EPn 15- 1	III	60	75							27	27	24
EPn 15- 2	III	60	75							36	36	33
EPn 15- 3	III	60	75							22	22	20
EPn 15- 4	III	60	75							26	26	24
EPn 15- 5	III	65	80								25	24
EPn 15- 6	III	65	80								35	33
EPn 15- 7	III	65	80								21	20
EPn 15- 8	III	65	80								25	24
EPn 15- 9	IV	75	90			28	26	26	24	24	23	22
EPn 15-10	IV	75	90			15	14	14	13	13	12	12
EPn 15-11	IV	75	90			60	56	56	53	42	49	49
EPn 15-12	IV	75	90			18	17	17	16	16	15	15
EPn 15-13	IV	85	100				9	9	9	9	8	8
EPn 15-14	IV	85	100				9	9	8	8	8	7
EPn 15-15	IV	85	100				10	10	10	10	9	9

* EPn 15-1 signifie épinette noire, période de réaction 15 ans et premier modèle de ce groupe; et ainsi de suite.
** C.S.T.: classe de surface terrière.

Tableau 5

Volume marchand additionnel récolté après drainage, selon les modèles et les classes de surface terrière

Modèle de croissance**	Classe de fertilité	Age d'intervention (années)	Age de révolution (années)	Volume marchand additionnel en m^3/ha								
				C.S.T.* 1	C.S.T. 2	C.S.T. 3	C.S.T. 4	C.S.T. 5	C.S.T. 6	C.S.T. 7	C.S.T. 8	C.S.T. 9
EPn 10- 1	III	65	75								10	9
EPn 10- 2	III	65	75								13	12
EPn 10- 3	III	65	75								8	8
EPn 10- 4	III	65	75								10	9
EPn 10- 5	III	70	80									8
EPn 10- 6	III	70	80									11
EPn 10- 7	III	70	80									7
EPn 10- 8	III	70	80									8
EPn 10- 9	IV	80	90				9	7	8	8	8	8
EPn 10-10	VI	80	90				5	3	4	4	4	4
EPn 10-11	IV	80	90				16	14	15	15	15	15
EPn 10-12	IV	80	90				6	6	5	5	5	5
EPn 10-13	IV	90	100				4	3	3	3	3	3
EPn 10-14	IV	90	100				3	3	3	3	3	3
EPn 10-15	IV	90	100				4	4	4	4	4	3

* C.S.T. : classe de surface terrière

** EPn : épinette noire
SAba : sapin baumier
THo : thuya occidental ("cèdre")
PEt (L) : peuplier faux-tremble selon Le Goff, Richard et Ménard
ERr : érable rouge

Tableau 5 (suite)

Volume marchand additionnel récolté après drainage, selon les modèles et les classes de surface terrière

Modèle de croissance	Classe de fertilité	Age d'intervention (années)	Age de révolution (années)	Volume marchand additionnel en m^3/ha								
				C.S.T. 1	C.S.T. 2	C.S.T. 3	C.S.T. 4	C.S.T. 5	C.S.T. 6	C.S.T. 7	C.S.T. 8	C.S.T. 9
EPn 15- 1	III	60	75							27	27	24
EPn 15- 2	III	60	75							36	36	33
EPn 15- 3	III	60	75							22	22	20
EPn 15- 4	III	60	75							26	26	24
EPn 15- 5	III	65	80								25	24
EPn 15- 6	III	65	80								35	33
EPn 15- 7	III	65	80								21	20
EPn 15- 8	III	65	80								25	24
EPn 15- 9	IV	75	90			28	26	26	24	24	23	22
EPn 15-10	IV	75	90			15	14	14	13	13	12	12
EPn 15-11	IV	75	90			60	56	56	53	52	49	49
EPn 15-12	IV	75	90			18	17	17	16	16	15	15
EPn 15-13	IV	85	100				9	9	9	9	8	8
EPn 15-14	IV	85	100				9	9	8	8	8	7
EPn 15-15	IV	85	100				10	10	10	10	9	9
EPn 20- 1	II	45	65								130	124
EPn 20- 2	II	45	65								136	130
EPn 20- 3	III	55	75					65	64	60	58	54
EPn 20- 4	III	55	75					94	91	86	83	78
EPn 20- 5	III	55	75					54	52	49	48	45
EPn 20- 6	III	55	75					64	62	58	57	55
EPn 20- 7	III	60	80						62	60	56	52
EPn 20- 8	III	60	80						88	86	80	75
EPn 20- 9	III	60	80						50	49	46	43
EPn 20-10	III	60	80						60	58	55	51
EPn 20-11	IV	70	90		70	67	65	62	59	56	56	53
EPn 20-12	IV	70	90		36	34	33	31	30	28	28	27
EPn 20-13	IV	70	90		45	43	41	39	37	36	36	34
EPn 20-14	IV	80	100			22	21	20	19	19	18	18
EPn 20-15	IV	80	100			20	19	19	17	17	16	16
EPn 20-16	IV	80	100			24	23	22	20	20	19	19

Tableau 5 (suite)

Volume marchand additionnel récolté après drainage, selon les modèles et les classes de surface terrière

Modèle de croissance	Classe de fertilité	Age d'intervention (années)	Age de révolution (années)	Volume marchand additionnel en m^3/ha								
				C.S.T. 1	C.S.T. 2	C.S.T. 3	C.S.T. 4	C.S.T. 5	C.S.T. 6	C.S.T. 7	C.S.T. 8	C.S.T. 9
EPn 25- 1	III	50	75			131	128	128	123	118	107	103
EPn 25- 2	III	50	75			106	104	104	99	95	86	83
EPn 25- 3	III	50	75			128	125	125	120	115	105	100
EPn 25- 4	III	55	80				133	130	125	119	111	105
EPn 25- 5	III	55	80				106	104	99	95	88	84
EPn 25- 6	III	55	80				70	68	66	63	58	55
EPn 25- 7	IV	65	90	71	69	67	63	61	59	57	55	53
EPn 25- 8	IV	65	90	91	88	86	80	78	75	73	70	67
EPn 25- 9	IV	75	100	42	41	41	38	37	35	34	34	33
EPn 25-10	IV	75	100	38	37	37	34	33	32	31	31	30
EPn 25-11	IV	75	100	46	45	45	42	40	39	37	37	36
EPn 30- 1	III	45	75						224	212	195	188
EPn 30 -2	III	45	75						177	168	153	148
EPn 30 -3	III	45	75						217	206	189	183
EPn 30- 4	III	50	80							208	200	189
EPn 30- 5	III	50	80							165	158	149
EPn 30- 6	III	50	80							202	195	183
EPn 30- 7	IV	60	90			122	114	110	106	102	97	91
EPn 30- 8	IV	60	90			161	150	145	139	134	128	120
EPn 30- 9	IV	70	100				66	63	61	59	58	56
EPn 30-10	IV	70	100				60	57	55	53	52	50
EPn 30-11	IV	70	100				73	70	67	66	64	61

Tableau 5 (suite et fin)

Volume marchand additionnel récolté après drainage, selon les modèles et les classes de surface terrière

Modèle de croissance	Classe de fertilité	Age d'intervention (années)	Age de révolution (années)	Volume marchand additionnel en m^3/ha								
				C.S.T. 1	C.S.T. 2	C.S.T. 3	C.S.T. 4	C.S.T. 5	C.S.T. 6	C.S.T. 7	C.S.T. 8	C.S.T. 9
SAba 10-1	II	35	45								17	16
SAba 10-2	III	45	55		28	28	27	27	25	25	25	24
SAba 10-3	II	35	45								16	16
SAba 15-1	II	30	45					55	53	51	54	45
SAba 15-2	III	40	55	92	89	87	84	81	79	78	76	73
SAba 15-3	II	30	45					52	50	47	45	44
SAba 20-1	II	25	45	142	139	137	133	131	126	120	113	104
SAba 20-2	II	25	45			144	133	119	113	108	102	99
THo 10-1	35	105	115					8				
THo 15-1	35	100	115					23				
THo 15-2	45	85	100					30				
THo 20-1	35	95	115					50				
THo 20-2	45	80	100					63				
THo 25-1	35	90	115					95				
THo 25-2	45	75	100					119				
THo 25-3	55	70	95					223				
THo 30-1	35	85	115					173				
THo 30-2	45	70	100					214				
PEt (L) 10-1	3	65	75					106				
PEt (L) 10-2	4	65	75					81				
ERr 10-1	2	65	75					61				
ERr 10-2	3	70	80					50				

sur une période de 10 ans par exemple, la valeur moyenne des taux utilisés s'élève à 5,51 p. 100. Le but du tableau 6 est de donner un ordre de grandeur des taux utilisés et n'indique pas les taux eux-mêmes, faute d'espace. Ces taux ont été définis à partir de l'analyse d'expériences effectuées ailleurs et sont conservateurs. Pour les peuplements résineux, ces taux supposent que le drainage augmente l'accroissement entre deux à cinq fois (moyenne de trois fois), alors que pour les feuillus, l'accroissement augmente en moyenne de trois à quatre fois.

Tableau 6

Taux annuel moyen d'augmentation dans l'accroissement annuel périodique, en fonction de l'essence et de la période de réaction au drainage

Essence	Période de réaction au drainage	Taux %
Épinette noire	10	5,5
	15	5,5
	20	5,4
	25	4,7
	30	4,3
Sapin baumier	10	5,6
	15	5,1
	20	4,1
Thuya («cèdre»)	15	4,9
	20	4,9
	25	5,3
	30	4,9
Peuplier (L)	10	13,4
Érable rouge	10	13,4

CHAPITRE VII

COÛTS DU DRAINAGE

Jean-Paul Nadeau

7.1 GÉNÉRALITÉS

Il faut maintenant déterminer les coûts de l'opération de drainage forestier au Québec et les comparer ensuite aux revenus, afin d'analyser la rentabilité de l'opération. Cette étude de coûts s'inspire de certaines données et de l'expérience recueillie en Finlande lors de ma mission, mais adapte les valeurs finlandaises au contexte québécois.

Les coûts d'établissement d'un réseau de drainage sont calculés pour deux types de machines: la rétrocaveuse modifiée et l'excavatrice ou pelle hydraulique. Par rétrocaveuse modifiée, j'entends ici la modification d'une rétrocaveuse ou «pépine» conventionnelle telle qu'on la trouve au Québec (figure 22), en vue de lui donner les caractéristiques d'une rétrocaveuse finlandaise (figures 6, 7, 25, 26). Les principales modifications à apporter à la rétrocaveuse conventionnelle consistent à allonger le châssis, ajouter un

troisième essieu, un réservoir et des chenilles et changer la benne ou godet. Ces changements peuvent se faire pour environ 20 000$ (source: F. Blanchard, ingénieur mécanicien au C.R.I.Q.). La machine recommandée pour le Québec est la rétrocaveuse modifiée plutôt que l'excavatrice hydraulique à cause de ses avantages (mobilité, etc.) et de son coût inférieur (chapitre III, section 3.3.5). D'ailleurs, les Finlandais utilisent surtout la rétrocaveuse; la pelle hydraulique ne sert que dans environ 5 p. 100 des cas.

Les coûts de l'excavatrice hydraulique ne sont calculés ici qu'à titre de comparaison avec ceux de la rétrocaveuse modifiée.

Finalement, il est important de noter que les coûts de cette intervention ont été calculés en décembre 1980; les valeurs retenues et utilisées dans les calculs de rentabilité sont celles de décembre 1980 auxquelles j'ai ajouté un taux d'inflation prévu de 10,5 p. 100 au moment des calculs par ordinateur.

7.2 DÉFINITIONS

Les principales opérations liées au drainage forestier lui-même sont le déboisement sur une largeur de 5 mètres, l'excavation des fossés, l'épandage du sol et l'entretien des fossés. Le déboisement consiste à enlever, à la scie mécanique, tous les arbres pouvant nuire au passage et au fonctionnement de la rétrocaveuse dans l'axe des fossés. Cette opération n'est cependant pas toujours nécessaire. De façon générale, le coût du déboisement est annulé par le revenu tiré de la récolte du bois dans la bande de cinq mètres, revenu auquel s'ajoute souvent celui provenant du nettoiement du peuplement adjacent.

Figure 25 - Rétrocaveuse finlandaise
(photo: J.-P. Nadeau)

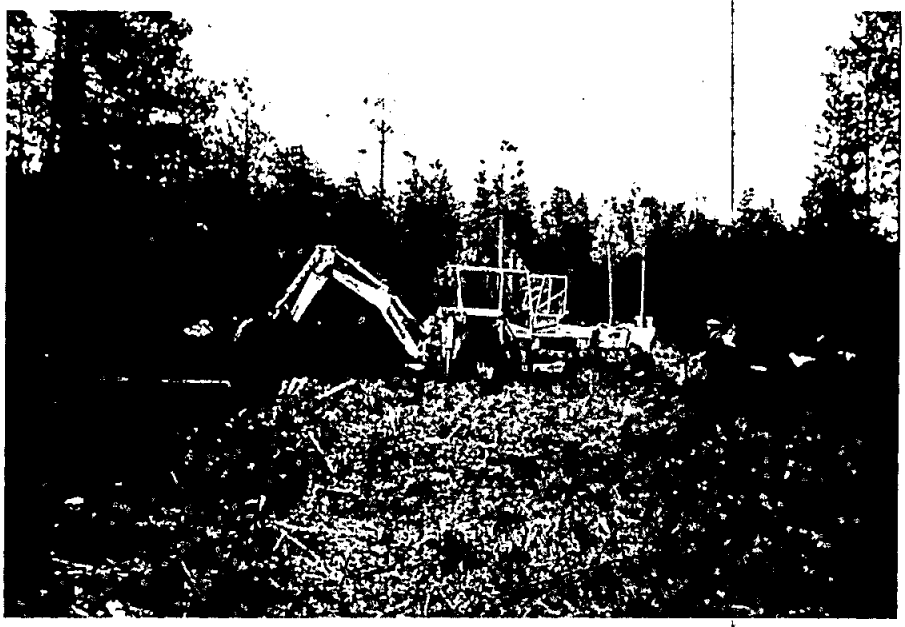


Figure 26 - Rétrocaveuse finlandaise
(photo: J.-P. Nadeau)

L'excavation est la principale étape des travaux de drainage forestier. Elle consiste à enlever le sol, à l'aide d'une rétrocaveuse ou d'une pelle hydraulique, de façon à obtenir un canal de dimensions données.

L'épandage consiste à répartir le sol prélevé de chaque côté du fossé et de manière à favoriser le ruissellement (dépôt en tas plutôt que de façon continue comme avec une charrue).

L'entretien comprend le nettoiement du fond et des côtés du fossé, à la suite d'éboulis (surtout de sable) et d'accumulation de débris végétaux tels les quenouilles (*Typha sp.*) et autres plantes aquatiques, etc. (figures 5, 19 et 21). Habituellement, l'entretien a lieu 20 ans après l'excavation; cependant, il doit être beaucoup plus fréquent en terrain sableux. Son coût est presque égal à celui de l'excavation elle-même.

7.3 DONNÉES FINLANDAISES

Avant de déterminer le coût total de l'opération de drainage forestier par unité de superficie au Québec, il importe de spécifier certaines variables affectant directement ce coût. Le tableau 7 présente les valeurs moyennes d'espacement, de densité, de profondeur et de dimensions des drains dans les tourbières boisées en Finlande (Paivanen et Wells, 1977).

Ces données servent à établir le cubage moyen ainsi que le coût d'excavation et d'épandage.

Le calcul des coûts qui suit (sections 7.4 à 7.5) a été effectué avec la collaboration de F. Blanchard du C.R.I.Q.

Tableau 7

Valeurs moyennes d'espacement, de densité, de profondeur et de dimensions des fossés dans les tourbières boisées en Finlande

Espacement (m)	Densité ou longueur (m/ha)	Profondeur (m)	Dimensions (m^3/m)
40	261	0,68	0,65

7.4 COÛTS DU DRAINAGE AVEC RÉTROCAVEUSE MODIFIÉE

7.4.1 COÛTS TOTAUX D'EXCAVATION

Les coûts totaux d'excavation comprennent les coûts fixes, les coûts d'opération et les coûts de la main-d'oeuvre.

7.4.1.1 Données de base

Prix d'achat de la rétrocaveuse modifiée: (P)

P = 80 000$

Valeur de rachat: (S)

S = P (20%) = 80 000$ (20%) = 16 000$

Période de vie utile: (N)

N = 3 ans

Nombre d'heures de fonctionnement: (HF)

$$HF = \left(\frac{8\ h}{jour}\right)(250\ jours/an) = 2\ 000\ h/an$$

Nombre d'heures productives: (HP)

HP = HF (67%) = (2 000) (67%) = 1 340 h/a

Densité du drainage: 261 m/ha

Section: 0,65 m^3/m

Cubage: 169,65 m^3/ha

Capacité de la machine: 90 m^3/h.

7.4.1.2 Frais fixes

Le propriétaire de la rétrocaveuse doit assumer les frais fixes correspondants à la dépréciation, aux intérêts, aux assurances et aux taxes.

Dépréciation: (D)

$$D = \frac{(P-S)}{N} = \frac{80\ 000\ \$ - 16\ 000\ \$}{3\ \text{ans}} = 21\ 333\ \$/\text{an}$$

Intérêts, assurances et taxes: (IAT)

$$IAT = 18\% \left[\frac{(P-S)\ (N+1)}{2N}\right] + S$$

$$= \left[\frac{(80{,}000\ \$ - 16\ 000\ \$)\ (4)}{6\ \text{ans}}\right] + 16\ 000\ \$$$

$$= 10\ 560\$$$

Coûts fixes annuels: (CFA)

$$CFA = D + IAT = 31\ 893\ \$/\text{an}$$

Coûts fixes horaires: (CFH)

$$CFH = \frac{CFA}{HP} = 23{,}80\ \$/\text{h}.$$

7.4.1.3 Frais d'opération (sans opérateur)

Les coûts d'opération comprennent les frais d'entretien et de réparations, le coût de carburant et le coût de l'huile de lubrification.

Coût d'entretien et de réparations: (CER)

$$CER = D\ (50\%) = 21\ 333\$\ (50\%) \rightarrow 7{,}96\ \$/\text{h}.$$

Coût du carburant: (F)

$$F = (18{,}5\ell/h)\ (0{,}27\ \$/\ell) = 5{,}00\$/h.$$

Coût de l'huile: (H)

$$H = 3{,}50\ \$/h$$

Coût horaire de fonctionnement: (CHF)

$$CHF = CER + F + H$$

$$= 7{,}96\ \$ + 5{,}00\ \$ + 3{,}50\ \$ = 16{,}46\ \$/h$$

Coût horaire de l'équipement (sans opérateur): (CHM)

$$CHM = CFH + CHF$$

$$= 23{,}80\ \$ + 16{,}46\ \$ = 40{,}26\ \$/h.$$

7.4.1.4 Frais de main-d'oeuvre

Coût de la main-d'oeuvre productive: (CT)

$$CT = (CTU)\left(\frac{HF}{HP}\right)$$

où: CTU = salaire horaire = 14,60 $

$$CT = (14{,}60)(4/h)\left(\frac{2\ 000\ h}{1\ 340\ h}\right) = 21{,}9\ \$/h.$$

Coût horaire total de l'équipement avec opérateur: (CHTM)

$$CHTM = CHM + CT$$

$$= 40{,}26\ \$/h + 21{,}79\ \$/h = 65{,}05\ \$/h.$$

7.4.1.5 Coûts totaux d'excavation

Coûts totaux d'excavation: (CTE)

$$CTE = \frac{CHTM}{\text{superficie drainée/h}} = \frac{CHTM}{\text{capacité horaire de la machine/cubage}} =$$

$$= \frac{(62{,}05\ \$/h)}{\left(\frac{90\ m^3/h}{169{,}65\ m^3/ha}\right)} = \frac{62{,}05\ \$/h}{0{,}53\ ha/h}$$

$$= 117{,}16\ \$/ha.$$

7.4.2 COÛTS DE PLANIFICATION ET DE SUPERVISION

À partir des données recueillies en Finlande lors de la mission (65 $/ha), il est possible d'estimer à environ 98 $/ha le coût de planification et de supervision des travaux de drainage forestier au Québec.

7.4.3 COÛTS D'ENTRETIEN DES FOSSÉS

Les coûts d'entretien s'élèvent à environ 71 p. 100 des coûts d'excavation, soit 83$/ha.

7.4.4 COÛTS TOTAUX DE DRAINAGE

Le tableau 8 résume les coûts totaux (avec et sans entretien) du drainage forestier au Québec, avec rétrocaveuse modifiée, en 1980 et 1981.

Tableau 8

Coûts totaux (avec ou sans entretien) du drainage forestier au Québec, avec rétrocaveuse modifiée, en 1980 et 1981

Coûts \ Années	1980 $/ha	1981 $/ha
Excavation	117,16	129,46
Planification et supervision	98,10	108,40
Entretien	82,79	91,43
Total sans entretien	215,26	237,86
Total avec entretien	298,05	329,29

Ce sont les valeurs de 1981 qui ont été retenues pour le calcul de rentabilité.

7.5 COÛTS DU DRAINAGE AVEC EXCAVATRICE HYDRAULIQUE

Les coûts du drainage avec une excavatrice hydraulique pour le Québec ont été estimés à partir de ceux de la Finlande, tels qu'analysés lors de la mission, mais en tenant également compte du fait que le Québec dispose déjà d'une certaine expérience avec ce type d'équipement dans le drainage agricole et forestier. Le tableau 9 présente les coûts totaux (avec et sans entretien) du drainage forestier au Québec, avec une excavatrice hydraulique, en 1981.

Tableau 9

Coûts totaux (avec et sans entretien) du drainage forestier au Québec, avec excavatrice hydraulique, en 1981

Coûts	1981 Coûts en $/ha
Excavation	200,62
Planification et supervision	113,35
Entretien	141,68
Total sans entretien	313,97
Total avec entretien	455,65

La comparaison des tableaux 8 et 9 indique que les coûts totaux du drainage avec une excavatrice hydraulique sont de beaucoup supérieurs à ceux de la rétrocaveuse modifiée (32 p. 100 sans entretien et 38 p. 100 avec entretien).

CHAPITRE VIII

VALEUR DU BOIS SUR PIED

Jean-Paul Nadeau

La détermination de la rentabilité de l'opération de drainage forestier nécessite que l'on attribue une valeur monétaire au volume ligneux additionnel récolté à la suite du drainage afin de la comparer au coût de l'opération. Dans le cas de l'entreprise privée où l'on calcule la rentabilité directe, il s'agit de comparer le coût du drainage (coût marginal) à la valeur sur pied de la quantité additionnelle de bois produit par l'intervention (revenu marginal).

8.1 DÉFINITION DE LA VALEUR DU BOIS SUR PIED

La valeur du bois sur pied (VBSP) est, par définition, la rémunération du facteur de production terre, tout comme le salaire est la rémunération du facteur travail. Elle est une valeur économique résiduelle correspondant à la différence entre, d'une part, le prix de vente du produit et, d'autre part, le coût de production et la marge de profit et de risque.

C'est-à-dire:

$$VBSP = P - (C-M)$$

où

VBSP = valeur du bois sur pied
P = prix de vente du produit
C = coût de production à un point donné
M = marge de profit et de risque.

Par définition, la valeur du bois sur pied tient compte d'un nombre élevé de facteurs liés aux conditions du milieu, à la nature du produit, aux coûts d'exploitation et au prix de vente du produit. Parmi ces facteurs, il y a les caractéristiques physiques du peuplement et du terrain, telles que l'essence, la qualité de station, la nature du terrain, le type de pente et l'utilisation. Parmi les caractéristiques techniques se trouvent la proportion des routes par classe de qualité, la charge et la distance de transport. Enfin, il faut également considérer les frais fixes d'exploitation, les salaires, les coûts de construction des routes et le prix de vente du produit f.a.b. usine.

Ainsi, tout changement affectant l'un ou l'autre de ces facteurs influence la valeur du bois sur pied.

8.2 ÉTUDE DE CLOUTIER *et al.*

La détermination de la valeur du bois sur pied dans les forêts privées au Québec constitue en soi une tâche énorme qui déborde le cadre de la présente étude et aucune analyse n'en a encore été réalisée. Cependant, un certain nombre d'études ont été faites sur le sujet dans les forêts publiques, la principale en 1973 par Cloutier

et al. au Service de la recherche du ministère des Terres et Forêts (depuis 1979, le ministère de l'Énergie et des Ressources). Dans cette étude, le Québec a été subdivisé en 52 zones d'exploitation et une valeur du bois sur pied a été calculée pour chacune.

8.3 VALEURS RETENUES

Pour les besoins de cette étude, j'ai regroupé les zones d'exploitation correspondant aux cinq régions administratives principales au point de vue superficie des petites forêts privées (88,4 p. 100), soit: Québec, Bas-Saint-Laurent - Gaspésie, Montréal, Outaouais et Trois-Rivières. La valeur moyenne du bois sur pied dans ces cinq régions, pour le sapin et l'épinette transformés en pâte, s'élevait à 1,87 $/m^3 en 1973. Si l'on applique à cette valeur le taux annuel moyen d'inflation entre 1973 et 1980, on obtient pour 1980 une valeur qui correspond d'ailleurs curieusement au montant fixé comme taux de vente du bois sur pied par le ministère de l'Énergie et des Ressources en vertu du décret 3277-72, pour les bois résineux coupés dans les forêts domaniales.

Les valeurs du bois sur pied finalement obtenues pour les calculs de rentabilité sont celles de 1981 — soit celles de 1980 gonflées par l'inflation — c'est-à-dire les suivantes:

3,90 $/m^3: épinette noire, épinette blanche, sapin baumier et thuya occidental;

3,41 $/m^3: érable rouge et bouleau blanc;

1,85 $/m^3: peuplier faux-tremble.

CHAPITRE IX

BÉNÉFICES INDIRECTS DE L'ÉTAT

Jean-Paul Nadeau

9.1 GÉNERALITÉS

La prochaine étape consiste à définir ce qu'on entend par bénéfices indirects ou redevances fiscales et à déterminer le montant de ces bénéfices, par essence et catégorie d'utilisation, pour les fins des calculs ultérieurs concernant la rentabilité du drainage forestier pour l'État. Le secteur forestier procure non seulement des revenus directs aux employés affectés à l'abattage et à la transformation mais aussi des revenus indirects à l'État. Les redevances fiscales comprennent généralement l'impôt sur le revenu personnel, l'impôt sur les bénéfices des entreprises, les taxes indirectes (taxes de ventes et d'achat) et les contributions parafiscales à l'assurance-chômage, au régime d'assurance-maladie, au régime des rentes et à la Commission de santé et de sécurité du travail. Ces quatre principaux groupes de redevances fiscales concernent à la fois le Gouvernement du Québec et le Gouvernement fédéral.

9.2 MODÈLE D'ANALYSE INTERSECTORIELLE DU MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE ET DU COMMERCE

Le point de départ des calculs de redevances fiscales pour chacune des essences retenues dans cette étude est le résultat récent du modèle d'analyse intersectorielle du ministère de l'Industrie et du Commerce (Service des études structurelles, communication personnelle) Il s'agit ici des résultats remis à jour en décembre 1979 pour l'industrie des papeteries et en février 1980 pour l'industrie du sciage.[1] Ce modèle indique, à l'exclusion des impôts sur les bénéfices des entreprises, le montant des redevances fiscales par 1000$ de vente dans une industrie donnée.

9.2.1 BUT DU MODÈLE DU M.I.C

Le modèle économétrique du ministère de l'Industrie et du Commerce (M.I.C.) sert à estimer l'impact sur l'économie québécoise d'une augmentation de la production dans les industries des pâtes et papiers et du sciage. Le modèle calcule, entre autres choses, l'effet d'entraînement ou les retombées économiques d'une variation de la demande finale de biens produits par l'industrie des pâtes et papiers ou du sciage sur l'ensemble de tous les secteurs productifs au Québec. Par exemple, quel est l'impact, dans l'économie québécoise, d'une augmentation de 50 millions $ de la demande finale de papier journal?

---

[1] Les premiers résultats du modèle apparaissent dans un rapport préparé en décembre 1977 par M. Richard Carrier du M.I.C. dans le cadre d'une étude sur la rentabilité des investissements publics en forêt privée effectuée pour le ministère de l'Énergie et de Ressources par la firme Darveau, Grenier, Lussier et Associés (Lussier, 1978).

Ce modèle détermine non seulement l'effet d'entraînement de cette demande finale, mais aussi l'emploi, les salaires et autres revenus produits ainsi que les taxes indirectes et les importations. Le modèle du M.I.C. est donc très utile pour connaître les effets sur les revenus fiscaux.

9.2.2 RÉSULTATS DU MODÈLE DU M.I.C.

Les résultats remis à jour du modèle du M.I.C. sont présentés dans le tableau 10 pour les papeteries (décembre 1979) et le tableau 11 pour les scieries (février 1980). Dans le cas des papeteries par exemple (tableau 10), l'ensemble des redevances fiscales fédérales et provinciales s'élevait à 1 676 000$ par 10 millions $ de vente, c'est-à-dire à 167,60$ par 1 000$ de vente, comparativement à 1 850 000$ par 10 millions $ de vente dans les scieries, c'est-à-dire 185$ par 1 000$ de vente (tableau 11).

9.3 CALCUL DES REDEVANCES FISCALES PAR ESSENCE

Pour les fins du calcul de la rentabilité du drainage forestier pour l'État, il faut connaître les redevances fiscales non pas par 10 millions $ de vente (modèle du M.I.C.) ou par 1 000 $ de vente dans une industrie donnée, mais plutôt par essence dans une industrie donnée et en dollars par mètres cubes de bois marchand utilisé. Considérons séparément les papeteries et les scieries.

9.3.1 PAPETERIES

Dans l'industrie des papeteries, les redevances fiscales se calculent à l'aide de la formule suivante (p. 98):

Tableau 10

Effets directs et indirects d'un accroissement de 10 millions $ de la production des papeteries, résultats remis à jour en décembre 1979[1]

Catégories	Impact[2] en millions de dollars		
	Direct	Indirect	Total
Emploi total (en hommes-années)	119	167	286
Salaires et gages avant impôts	2 426	2 626	5 052
Autres revenus bruts avant impôts	2 410	1 754	4 164
Revenus du Gouvernement du Québec dont:			
impôts sur salaires et gages	244	215	459
parafiscalité	112	157	269
taxes indirectes	-	85	85
impôts sur bénéfices des entreprises[3]	39	28	67
Revenus du Gouvernement fédéral			
impôts sur salaires et gages	199	166	365
parafiscalité	53	74	127
taxes indirectes	-	79	79
impôts sur bénéfices des entreprises[3]	130	95	225
Total des redevances fiscales			1 676

[1] Source: Service des études structurelles, B.S.Q. et Service de l'aide à la forêt privée, M.E.R. Communications personnelles.

[2] Impact selon le scénario d'aménagement n° 2 (Lussier, 1978)

[3] La dernière version du modèle ne fournit pas cette donnée; c'est pourquoi il a fallu l'estimer.

Tableau 11

Effets directs et indirects d'un accroissement de 10 millions $ de la production des scieries, résultats remis à jour en février 1980[1]

Catégories	Impact[2] en millions de dollars		
	Direct	Indirect	Total
Emploi total (en hommes-années)	170	252	422
Salaires et gages avant impôts	2 112	3 833	5 945
Autres revenus bruts avant impôts	2 797	2 038	4 835
Revenus du Gouvernement du Québec dont:			
impôts sur salaires et gages	132	312	444
parafiscalité	148	233	381
taxes indirectes	-	109	109
impôts sur bénéfices des entreprises[3]	53	24	77
Revenus du Gouvernement fédéral			
impôts sur salaires et gages	93	232	325
parafiscalité	76	112	188
taxes indirectes	-	65	65
impôts sur bénéfices des entreprises[3]	183	78	261
Total des redevances fiscales			1 850

[1] Source: Service des études structurelles, B.S.Q. Communication personnelle.

[2] Impact selon le scénario d'aménagement n° 2 (Lussier, 1978)

[3] Les impôts sur les bénéfices des entreprises sont une estimation personnelle car la dernière version du modèle ne fournit pas cette donnée.

$$R.F._p = D\left(\frac{10^6\ cm^3}{m^3}\right)\left(\frac{1\ kg}{10^3\ kg}\right)(P)\ (R)\ (R.F.V._p)$$

(équation 9.1)

où

$R.F._p$	=	redevances fiscales dans les pâtes et papiers en $\$'000/m^3$ de bois marchand utilisé
D	=	densité basale du bois en gr/cm^3
P	=	prix de vente net, c'est-à-dire le prix du marché moins les frais de transport et de vente, en $ canadiens/kg
R	=	rendement du produit fini
$R.F.V._p$	=	redevances fiscales en $/1 000$ de vente.

Le produit (P) (R) peut s'appeler le prix moyen pondéré pour le rendement du procédé et l'importance relative du produit.

La densité utilisée pour chacune des essences (forêts privées) est la suivante:[1]

épinette blanche	:	0,382 gr/cm^3
épinette noire	:	0,41 gr/cm^3
sapin baumier	:	0,34 gr/cm^3
érable et bouleau	:	0,556 gr/cm^3
peuplier	:	0,375 gr/cm^3.

---

1 Source: VÉZINA, S., 1975.

En 1979, le prix de vente net et pondéré a été établi à 0,337$/kg (305,65$/tonne) pour les résineux (papier journal, autres papiers, carton et pâtes) d'une part, et à 0,199$/kg (180,78$/tonne)[1] pour les feuillus (autres papiers, cartons et pâtes) d'autre part. Ce prix, exprimé en dollars canadiens, tient compte du rendement du procédé et de l'importance relative du produit pour les résineux ou les feuillus dans l'industrie. Ces deux valeurs correspondent donc au produit (P) (R) dans l'équation 9.1 précédente.

Les redevances fiscales par essence, dans les papeteries et les scieries, ont été calculées pour décembre 1979; les valeurs finalement retenues et utilisées dans les calculs de rentabilité sont celles de 1981, c'est-à-dire celles de décembre 1979 auxquelles a été ajouté un taux d'inflation moyen prévu pour la période 1979-1981. Le tableau 12 présente les redevances fiscales par essence dans l'industrie des pâtes et papiers au Québec en 1979 et 1981, en $/m^3.

Tableau 12

Redevances fiscales par essence dans l'industrie des pâtes et papiers au Québec en 1979 et 1981, en $/m^3

Essences	Redevances fiscales en $/m^3	
	1979	1981
épinette blanche	21,58	26,35
épinette noire	23,16	28,28
sapin baumier	19,20	23,44
sapin-épinette	21,20	25,89
érable et bouleau	18,54	22,64
peuplier	12,51	15,28

[1] Source: LA BARRE, communication personnelle.

9.3.2 SCIERIES

Parmi les essences retenues dans cette étude, seul le thuya («cèdre») est destiné à l'industrie du sciage, principalement à la fabrication de bardeaux, les autres essences étant destinées à l'industrie des pâtes et papiers.

Dans l'industrie du sciage et, de façon plus spécifique, dans le cas de la fabrication de bardeaux, les redevances fiscales se calculent à l'aide de la formule suivante:

$$R.F._s = (P - T - V)\ R.F.V._s \qquad \text{(équation 9.2)}$$

où

$R.F._s$ = redevances fiscales dans les scieries en $\$/m^3$ de bois marchand utilisé

P = prix de vente en $\$/m^3$

T = frais de transport en $\$/m^3$

V = frais de vente en $\$/m^3$

$R.F.V._s$ = redevances fiscales en \$/1 000\$ de vente dans les scieries.

Les données d'entrée pour 1979 sont les suivantes:

P = 67,42$\$/m^3$

T = 4,33$\$/m^3$

V = 0,81$\$/m^3$

$R.F.V._s$ = 185\$/\$1 000 de vente.

On obtient alors 11,52$\$/m^3$ comme redevances fiscales pour le thuya dans l'industrie des scieries au Québec en 1979; finalement, la valeur retenue et utilisée dans les calculs de rentabilité est celle de 1981, c'est-à-dire celle de 1979 ajustée pour l'inflation, soit 14,07$\$/m^3$.

CHAPITRE X

RENTABILITÉ DU DRAINAGE POUR L'ÉTAT

Jean-Paul Nadeau et Blaise Parent

L'analyse de la rentabilité de l'opération de drainage pour l'État implique les étapes suivantes: 1) identifier le critère de choix des modèles ou options, 2) identifier les modèles ou options les plus rentables, 3) déterminer les limites de variation du taux de rendement sur investissement, 4) connaître la période optimale de réaction au drainage, 5) effectuer une analyse de sensibilité pour les principales variables, 6) estimer le volume additionnel minimum et, finalement, 7) évaluer le revenu supplémentaire de l'État dû au drainage.

Il est important de noter ici que les résultats présentés ci-après, soit pour l'État (chapitre X), soit pour l'entreprise privée (chapitre XI), ne tiennent pas compte des coûts d'entretien des fossés parce que ceux-ci ne sont encourus que 20 ans après l'excavation.

10.1 CRITÈRES DE DÉCISION

La valeur minimale (calculs en dollars constants) retenue comme seuil du taux de rendement sur investissement (taux d'escompte) est 4,12 p. 100, soit le taux déterminé et retenu par le Service général de la planification du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec.

10.2 RENTABILITÉ POUR L'ÉTAT, AVEC RÉTROCAVEUSE MODIFIÉE

10.2.1 OPTIONS AYANT UN TAUX DE RENDEMENT ÉGAL OU SUPÉRIEUR À 4,12 p. 100

Le tableau 13 présente les résultats de l'analyse de rentabilité du drainage forestier au point de vue de l'État et pour les modèles dont le taux de rendement sur investissement est égal ou supérieur à 4,12 p. 100, en dollars constants. Par exemple, dans le cas de l'épinette noire de classe de fertilité 3, et dont la densité correspond à la classe de surface terrière 8, on obtient un T.I.R. de 4,45 p. 100 en dollars constants lorsque le drainage se fait à l'âge de 65 ans, soit 10 ans avant la coupe finale.

10.2.2 LIMITES DE VARIATION DU TAUX INTERNE DE RENDEMENT

Les tableaux 14 à 18 indiquent les limites inférieure et supérieure de variation du taux de rendement sur investissement pour l'État et pour les modèles dont le T.I.R. est ≧ 4,12 p. 100. Ainsi, par exemple, au tableau 14, dans le cas des peuplements d'épinette noire drainés sur 20 ans, le T.I.R. varie entre 4,10 p. 100 et 14,96 p. 100, pour la moyenne des classes de fertilité; ce tableau indique également que, dans le cas des résineux, le T.I.R. maximum est atteint après 15 ans (13,99 p. 100) et 20 ans (14,93 p. 100).

Tableau 13 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.*	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 10-2	8	3	65	75	71	4,4
10-11	4	4	80	90	68	6,6
	5				61	5,2
	6				56	6,0
	7				50	6,0
	8				44	6,0
					38	6,0

* C.S.T.: classe de surface terrière (densité)

Tableau 13 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 15-1	7	3	60	75	69	8,1
	8				63	8,1
	9				58	7,2
15-2	7	3	60	75	69	10,2
	8				63	10,2
	9				58	7,2
15-3	7	3	60	75	69	6,6
	8				63	6,6
	9				58	5,9
15-4	7	3	60	75	69	7,8
	8				63	7,8
	9				58	7,2
15-5	8	3	65	80	68	7,5
	9				62	7,2
15-6	8	3	65	80	68	10,0
	9				62	10,0
15-7	8	3	65	80	68	6,3
	9				62	5,9
15-8	8	3	65	80	68	7,5
	9				62	7,2

Tableau 13 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 15-9	3	4	75	90	69	8,4
	4				62	7,8
	5				55	7,8
	6				50	7,2
	7				44	7,2
	8				39	6,9
	9				33	6,6
15-11	3	4	75	90	69	14,0
	4				62	13,5
	5				55	13,5
	6				50	13,1
	7				44	12,9
	8				39	12,5
	9				33	12,5
15-12	3	4	75	90	69	5,2
	4				62	4,8
	5				55	4,8
	6				50	4,4
	7				44	4,4

Tableau 13 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m³/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 20-1	8	2	45	65	67	14,7
	9				61	14,4
20-2	8	2	45	65	68	14,9
	9				63	14,7
20-3	5	3	55	75	69	10,7
	6				64	10,7
	7				59	10,3
	8				54	10,1
	9				49	9,7
20-4	5	3	55	75	69	12,8
	6				64	12,6
	7				59	12,3
	8				54	12,1
	9				49	11,8
20-5	5	3	55	75	69	9,7
	6				64	9,5
	7				59	9,2
	8				54	9,1
	9				49	8,7
20-6	5	3	55	75	69	10,7
	6				64	10,5
	7				59	10,1
	8				54	10,0
	9				49	9,8
20-7	6	3	60	80	70	10,5
	7				64	10,3
	8				59	9,9
	9				54	9,5

Tableau 13 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 20-8	6	3	60	80	70	12,5
	7				64	12,3
	8				59	11,9
	9				54	11,6
20-9	6	3	60	80	70	9,3
	7				64	9,2
	8				59	8,9
	9				54	8,5
20-10	6	3	60	80	70	10,3
	7				64	10,1
	8				59	9,8
	9				54	9,4
20-11	2	4	70	90	67	11,2
	3				61	10,9
	4				54	10,8
	5				48	10,5
	6				43	10,2
	7				38	9,9
	8				32	9,9
	9				27	9,6
20-12	2	4	70	90	67	7,5
	3				61	7,2
	4				54	7,1
	5				48	6,7
	6				43	6,6
	7				38	6,2
	8				32	6,2
	9				27	6,0

Tableau 13 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 20-13	2	4	70	90	67	8,8
	3				61	8,5
	4				54	8,2
	5				48	8,0
	6				43	7,7
	7				38	7,5
	8				32	7,5
	9				27	7,2
20-14	3	4	80	100	65	4,9
	4				58	4,7
	5				51	4,4
	6				45	4,2
	7				38	4,2
20-15	3	4	80	100	65	4,4
	4				58	4,2
	5				51	4,2
20-16	3	4	80	100	65	5,4
	4				58	5,2
	5				51	4,9
	6				45	4,4
	7				38	4,4
	8				32	4,2
	9				25	4,2

Tableau 13 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 25-1	3	3	50	75	69	11,5
	4				63	11,4
	5				57	11,4
	6				53	11,2
	7				48	11,0
	8				43	10,6
	9				39	10,4
25-2	3	3	50	75	69	10,5
	4				63	10,4
	5				57	10,4
	6				53	10,2
	7				48	10,0
	8				43	9,6
	9				39	9,4
25-3	3	3	50	75	69	11,4
	4				63	11,3
	5				57	11,3
	6				53	11,1
	7				48	10,9
	8				43	10,5
	9				39	10,3
25-4	4	3	55	80	69	11,6
	5				63	11,5
	6				58	11,3
	7				53	11,1
	8				49	10,7
	9				44	10,5
25-5	4	3	55	80	69	10,5
	5				63	10,4
	6				58	10,2
	7				53	10,0
	8				49	9,7
	9				44	9,5

Tableau 13 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 25-6	4	3	55	80	69	8,6
	5				63	8,5
	6				58	8,4
	7				53	8,2
	8				49	7,8
	9				44	7,5
25-7	1	4	65	90	64	8,7
	2				58	8,6
	3				52	8,4
	4				46	8,2
	5				40	8,0
	6				35	7,9
	7				30	7,7
	8				25	7,5
	9				20	7,4
25-8	1	4	65	90	64	9,8
	2				58	9,7
	3				52	9,6
	4				46	9,2
	5				40	9,1
	6				35	9,0
	7				30	8,8
	8				25	8,6
	9				20	8,4
25-9	1	4	75	100	71	6,3
	2				64	6,2
	3				57	6,2
	4				51	5,8
	5				44	5,7
	6				38	5,5
	7				32	5,3
	8				25	5,3
	9				19	5,2

Tableau 13 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 25-10	1	4	75	100	71	5,8
	2				64	5,7
	3				57	5,7
	4				51	5,3
	5				44	5,2
	6				38	5,0
	7				32	4,9
	8				25	4,9
	9				19	4,7
25-11	1	4	75	100	71	6,7
	2				64	6,6
	3				57	6,6
	4				51	6,3
	5				44	6,1
	6				38	6,0
	7				32	5,7
	8				25	5,7
	9				19	5,6

Tableau 13 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 30-1	8	3	45	75	32	11,0
	9				28	10,8
30-2	6	3	45	75	40	10,6
	7				36	10,4
	8				32	10,1
	9				28	10,0
30-3	7	3	45	75	36	11,2
	8				32	10,9
	9				28	10,7
30-4	7	3	50	80	42	11,2
	8				37	11,1
	9				33	10,9
30-5	7	3	50	80	42	10,4
	8				37	10,2
	9				33	10,0
30-6	7	3	50	80	42	11,1
	8				37	11,0
	9				33	10,7
30-7	3	4	60	90	41	9,2
	4				36	9,0
	5				30	8,8
	6				26	8,7
	7				21	8,6
	8				17	8,4
	9				13	8,1

Tableau 13 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 30-8	3	4	60	90	41	10,3
	4				36	10,0
	5				30	9,9
	6				26	9,7
	7				21	9,6
	8				17	9,4
	9				13	9,2
30-9	4	4	70	100	42	6,9
	5				36	6,8
	6				30	6,6
	7				24	6,5
	8				18	6,4
	9				12	6,3
30-10	4	4	70	100	42	6,6
	5				36	6,4
	6				30	6,2
	7				24	6,1
	8				18	6,0
	9				12	5,9
30-11	4	4	70	100	42	7,3
	5				36	7,2
	6				30	7,0
	7				24	6,9
	8				18	6,8
	9				12	6,6

Tableau 13 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
SAba 10-1	8	2	35	45	68	5,3
	9				60	4,7
10-3	8	2	35	45	70	4,7
	9				65	4,7
10-2	2	3	45	55	99	10,7
	3				91	10,7
	4				84	10,3
	5				76	10,3
	6				69	9,4
	7				61	9,4
	8				53	9,4
	9				46	9,0
SAba 15-1	5	2	30	45	70	11,9
	6				64	11,7
	7				58	11,4
	8				52	11,8
	9				46	10,4
15-3	5	2	30	45	70	11,5
	6				65	11,2
	7				61	10,8
	8				56	10,4
	9				51	10,3
15-4	1	3	40	55	93	15,8
	2				86	15,6
	3				79	15,4
	4				72	15,1
	5				65	14,9
	6				58	14,7
	7				50	14,6
	8				43	14,4
	9				36	14,1

Tableau 13 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
SAba 20-1	2	2	25	45	60	14,0
	3				55	13,9
	4				51	13,7
	5				45	13,6
	6				40	13,4
	7				35	13,2
	8				31	12,8
	9				27	12,3
20-2	4	2	25	45	55	13,7
	5				49	13,1
	6				45	12,8
	7				42	12,6
	8				38	12,1
	9				34	12,1

Tableau 13 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
THo 20-1	5	2	95	115	110	5,6
20-2	5	3	80	100	128	6,8
25-1	5	2	90	115	100	6,8
25-2	5	3	75	100	114	7,9
30-1	5	2	85	115	90	7,9
PEt(L)10-1	5	3	65	75	219	21,1
10-2	5	4	65	75	145	17,9
ERr 10-1	5	2	65	90	100	19,2
10-2	5	3	70	80	86	16,9

Tableau 14: Limites inférieure et supérieure du T.I.R., par période et par essence, pour toutes les classes de fertilité, pour l'État, T.I.R. ≧ 4,12%, rétrocaveuse modifiée

Essence	Période (années)	10		15		20		25		30	
	Limites	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls
EPn		4,5	6,6	4,4	14,0	4,2	14,9	4,7	11,6	5,9	11,0
SAba		4,6	10,7	10,3	15,8	12,1	14,0	-	-	-	-
THo		-	-	-	-	5,6	6,8	6,8	7,9	-	7,9
PEt (L)		17,9	21,1	-	-	-	-	-	-	-	-
ERr		16,9	19,2	-	-	-	-	-	-	-	-

Li: limite inférieure
Ls: limite supérieure

Selon le tableau 15, les périodes de 15 ans (15,83 p. 100) et 20 ans (14,93 p. 100) semblent les meilleures pour les résineux. Le T.I.R. maximum pour les résineux est atteint avec le sapin (tableau 16).

Le tableau 17 indique les limites inférieure et supérieure du T.I.R., par essence, période et classe de fertilité. Finalement, le tableau 18 indique les limites inférieure et supérieure du T.I.R., par classe de fertilité et groupe d'essences, pour l'État.

10.2.3 PÉRIODE OPTIMALE DE DRAINAGE

L'analyse du tableau 19 tend à démontrer que, pour les résineux, le drainage paraît plus rentable sur 15 et 20 ans (15,83 p. 100 et 14,93 p. 100).

10.2.4 OPTIONS LES PLUS RENTABLES POUR L'ÉTAT

Le tableau 20 résume, par classe de T.I.R., les options de drainage les plus rentables pour l'État, c'est-à-dire celles dont le T.I.R. est supérieur à 10,6 p. 100. Dans la classe de T.I.R. variant de 10,6 à 11,5 p. 100, on retrouve surtout l'épinette noire, dans la classe de fertilité 3 et sur une période de 25 et 30 ans. L'épinette noire l'emporte dans la classe 11,6 à 12,5, pour la classe de fertilité 3 sur 20 ans. Dans la classe 12,6 à 13,5, le sapin dans la classe de fertilité 2 et sur 20 ans, domine; le sapin d'indice 2, sur 20 ans, l'emporte dans la classe 13,6 à 14,5.

Le tableau 21 indique la répartition des options les plus rentables pour l'État, par essence et groupe d'essences, en fonction de la période de réaction au drainage. Pour les résineux et pour l'ensemble des essences, les périodes de 20 ans et 15 ans l'emportent, en termes du nombre d'options les plus rentables pour l'État.

Tableau 15: Limites inférieure et supérieure du T.I.R., par période, pour toutes les classes de fertilité, pour l'État, T.I.R. ≧ 4,12%, rétrocaveuse modifiée

Toutes les essences				
10 ans	4,5	→	21,1	1
15 ans	4,4	→	15,8	2
20 ans	4,2	→	14,9	3
25 ans	4,7	→	11,6	4
30 ans	5,9	→	11,0	5
Résineux				
10 ans	4,5	→	10,7	5
15 ans	4,4	→	15,8	1
20 ans	4,2	→	14,9	2
25 ans	4,7	→	11,6	3
30 ans	5,9	→	11,0	4
Feuillus				
10 ans	16,9	→	21,1	1

Tableau 16: Variation de la limite supérieure du T.I.R. en fonction de la période, pour toutes les classes de fertilité, par essence, pour l'État, T.I.R. ≧ 4,12%, rétrocaveuse modifiée

		Toutes les essences	Résineux	Feuillus
EPn	6,6 → 14,9	4	2	
SAba	10,7 → 15,8	3	1	
THo	6,8 → 7,9	5	3	
PEt (L)	21,1	1		1
ERr	19,2	2		2

Tableau 17: Limites inférieure et supérieure du T.I.R., par essence, période et classe de fertilité, pour l'État, T.I.R. ≧ 4,12%, rétrocaveuse modifiée

Période (années)		10		15		20		25		30	
	Limites	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls
Essence	Classe de fertilité										
EPn	II	-	-	-	-	14,4	14,9	-	-	-	-
	III	-	4,5	5,9	10,2	8,5	12,8	7,5	11,6	10,0	11,1
	IV	5,2	6,6	4,4	14,0	4,2	11,2	4,7	9,8	5,9	10,3
SAba	II	4,7	5,3	10,3	11,9	12,1	14,0	-	-	-	-
	III	9,0	10,7	14,1	15,8	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
THo	II	-	-	-	-	-	5,6	-	6,8	-	7,9
	III	-	-	-	-	-	6,8	-	7,9	-	-
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PEt (L)	III	-	21,1	-	-	-	-	-	-	-	-
	IV	-	17,9	-	-	-	-	-	-	-	-
	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ERr	II	-	19,2	-	-	-	-	-	-	-	-
	III	-	16,9	-	-	-	-	-	-	-	-

Li: limite inférieure
Ls: limite supérieure

Tableau 18: Limites inférieure et supérieure de T.I.R., par classe de fertilité et groupe d'essences, pour l'État, T.I.R. ≧ 4,12%, rétrocaveuse modifiée

Classe de fertilité	Toutes les essences
II III VI	4,7 → 19,2 4,5 → 21,1 4,2 → 17,9
	Résineux
II III IV	4,7 → 14,9 4,5 → 15,8 4,2 → 14,0
	Feuillus
II III IV	19,2 16,9 → 21,1 17,9

Tableau 19: Période optimale de drainage, toutes les classes de fertilité pour l'État, T.I.R. ≧ 4,12%, équipement modifié

Toutes les essences	
10 ans	21,1
15 ans	15,8
20 ans	14,9
25 ans	11,6
30 ans	11,0
Résineux	
15 ans	15,8
20 ans	14,9
25 ans	11,6
30 ans	11,0
10 ans	10,7
Feuillus	
10 ans	21,1

Tableau 20 : Options de drainage les plus rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 10,6%), rétrocaveuse modifiée

CLASSE DE T.I.R.	MODÈLE DE CROISSANCE	C.S.T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
10,6 à 11,5	EPn 20-3	5	3	55	75	69	10,7
	20-3	6	3	55	75	64	10,7
	20-6	5	3	55	75	69	10,7
	20-8	9	3	60	80	54	11,6
	20-11	2	4	70	90	67	11,2
	20-11	3	4	70	90	61	10,9
	20-11	4	4	70	90	54	10,8
	25-1	3	3	50	75	69	11,5
	25-1	4	3	50	75	63	11,4
	25-1	5	3	50	75	57	11,4
	25-1	6	3	50	75	53	11,2
	25-1	7	3	50	75	48	11,0
	25-3	3	3	50	75	69	11,4
	25-3	4	3	50	75	63	11,3
	25-3	5	3	50	75	57	11,3
	25-3	6	3	50	75	53	11,1
	25-3	7	3	50	75	48	10,9
	25-4	4	3	55	80	69	11,6
	25-4	5	3	55	80	63	11,5
	25-4	6	3	55	80	58	11,3
	25-4	7	3	55	80	53	11,1
	25-4	8	3	55	80	49	10,7

* T.I.R.: taux interne de rendement
** C.S.T.: classe de surface terrière (densité)

Tableau 20 : Options de drainage les plus rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 10,6%), rétrocaveuse modifiée

CLASSE DE T.I.R.	MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
10,6 à 11,5	EPn 30-1	8	3	45	75	32	11,0
	30-1	9	3	45	75	28	10,8
	30-2	6	3	45	75	40	10,6
	30-3	7	3	45	75	36	11,2
	30-3	8	3	45	75	32	10,9
	30-3	9	3	45	75	28	10,7
	30-4	7	3	50	80	42	11,2
	30-4	8	3	50	80	37	11,1
	30-4	9	3	50	80	33	10,9
	30-6	7	3	50	80	42	11,9
	30-6	8	3	50	80	37	11,0
	30-6	9	3	50	80	33	10,7
10,6 à 11,5	SAba 10-2	2	3	45	55	99	10,7
	10-2	3	3	45	55	91	10,7
	15-1	7	2	30	45	58	11,4
	15-3	5	2	30	45	70	11,5
	15-3	6	2	30	45	65	11,2
	15-3	7	2	30	45	61	10,8

Tableau 20 : Options de drainage les plus rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 10,6%), rétrocaveuse modifiée

CLASSE DE T.I.R.	MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
11,6 à 12,5	EPn 15-11	8	4	75	90	39	12,5
	15-11	9	4	75	90	33	12,5
	20-4	7	3	55	75	59	12,3
	20-4	8	3	55	75	54	12,1
	20-4	9	3	55	75	49	11,8
	20-8	6	3	60	80	70	12,5
	20-8	7	3	60	80	64	12,3
	20-8	8	3	60	80	59	11,9
	SAba 15-1	5	2	30	45	70	11,9
	15-1	6	2	30	45	64	11,7
	15-1	8	2	30	45	52	11,8
	20-1	9	2	25	45	27	12,3
	20-2	7	2	25	45	42	12,6
	20-2	8	2	25	45	38	12,2
	20-2	9	2	25	45	34	12,1

Tableau 20 : Options de drainage les plus rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 10,6%), rétrocaveuse modifiée

CLASSE DE T.I.R.	MODÈLE DE CROISSANCE	C.S.T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
12,6 à 13,5	EPn 15-11	4	4	75	90	62	13,5
	15-11	5	4	75	90	55	13,5
	15-11	6	4	75	90	50	13,1
	15-11	7	4	75	90	44	12,9
	20-4	5	3	55	75	69	12,8
	20-4	6	3	55	75	64	12,6
	SAba 20-1	6	2	25	45	40	13,4
	20-1	7	2	25	45	35	13,2
	20-1	8	2	25	45	31	12,8
	20-2	5	2	25	45	49	13,1
	20-2	6	2	25	45	45	12,8

Tableau 20 : Options de drainage les plus rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 10,6%), rétrocaveuse modifiée

CLASSE DE T.I.R.	MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
13,6 à 14,5	EPn 15-11	3	4	75	90	69	14,0
	20-1	9	2	45	65	61	14,4
	SAba 15-2	7	3	40	55	50	14,6
	15-2	8	3	40	55	43	14,4
	15-2	9	3	40	55	36	14,1
	20-1	2	2	25	45	60	14,0
	20-1	3	2	25	45	55	13,9
	20-1	4	2	25	45	51	13,7
	20-1	5	2	25	45	45	13,6
	20-2	4	2	25	45	55	13,7

Tableau 20 : Options de drainage les plus rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 10,6%), rétrocaveuse modifiée

CLASSE DE T.I.R.	MODÈLE DE CROISSANCE	C.S.T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
14,6 à 15,5	EPn 20-1	8	2	45	65	67	14,7
	20-2	8	2	45	65	68	14,9
	20-2	9	2	45	65	63	14,7
	SAba 15-2	2	3	40	55	86	15,6
		3	3	40	55	79	15,4
		4	3	40	55	72	15,1
		5	3	40	55	65	14,9
		6	3	40	55	58	14,7
15,6 à 16,5	SAba 15-2	1	3	40	55	93	15,8
16,6 à 17,5	ERr 10-2	5	3	70	80	86	16,9
17,6 à 18,5	PEt(L)10-2	5	4	65	75	145	17,9
18,6 à 19,5	ERr 10-1	5	2	65	90	109	19,2
20,6 à 21,5	PET(L)10-1	5	3	65	75	219	21,1

Tableau 21: Répartition des options les plus rentables pour l'État, par essence et par groupe d'essences (résineux et feuillus), en fonction de la période de réaction au drainage (T.I.R. ≧ 10,6%)

Période (années)	10		15		20		25		30		
Essences	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	Total
EPn	-	-	7	30	19	58	15	100	12	100	53
SAba	2	33,3	16	70	14	42	-	-	-	-	32
Total résineux	2	33,3	23	100	33	100	15	100	12	100	85
ERr	2	33,3	-	-	-	-	-	-	-	-	2
PEt (L)	2	33,3	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Total feuillus	4	66,6	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Total toutes essences	6	100	23	100	33	100	15	100	12	100	89

10.2.5 ANALYSE DE SENSIBILITÉ

De façon générale, la rentabilité du drainage semble plus grande dans la classe de fertilité moyenne (classe 3) que dans les classes excellente ou pauvre. Pour l'État, les options les plus rentables (tableau 20) se retrouvent principalement dans la classe de fertilité 3 (58 p. 100), suivie de la classe 2 (29 p. 100) et de la classe 4 (13 p. 100).

Si l'on considère toutes les options dont le T.I.R. est ≧ 4,12 p. 100 pour l'État (tableau 13), la classe de fertilité 3 l'emporte avec 56 p. 100 des options, suivie de la classe 4 (32 p. 100 des modèles) et de la classe 2 (13 p. 100 des modèles). Chez l'épinette noire, la classe de fertilité 3 domine alors que la classe 2 l'emporte chez le sapin et le thuya.

Comme tendance générale, la réaction des peuplements au drainage semble se faire sentir surtout au cours des 15 ou 20 premières années après l'intervention.

La rentabilité du drainage augmente avec la densité du peuplement lors de l'intervention. Ainsi, plus le volume par hectare est élevé lors du début du drainage, plus rentable est le drainage pour une période donnée de réaction et une classe donnée de fertilité.

10.2.6 VOLUME ADDITIONNEL MINIMUM

Le tableau 22 indique le volume ligneux additionnel minimum, par période et par année, pour atteindre la rentabilité de 4,12 p. 100 définie par l'État, avec rétrocaveuse modifiée. Le volume se situe entre 1,0 et 2,5 m^3/ha.an selon l'essence et la période; les

Tableau 22: Volume additionnel minimum par période (m^3/ha.période) et par année (m^3/ha.an) pour la rentabilité de l'État, avec rétrocaveuse modifiée, en 1981 (T.I.R. ≧ 4,12%)

Essence	EPn		SAba		THo		PEt (L)		ERr	
Période (années)	Volume/ période m^3/ha	Volume/an m^3/ha.an	Volume/ période m^3/ha	Volume/an m^3/ha.an	Volume/ période m^3/ha	Volume/an m^3/ha.an	Volume/ période m^3/ha	Volume/an m^3/ha.an	Volume/ période m^3/ha	Volume/an m^3/ha.an
10	12,6	1,3	15,2	1,5	25,3	2,5	23,3	2,3	15,7	1,6
15	15,4	1,0	18,6	1,2	31,0	2,1	28,5	1,9	19,2	1,3
20	18,9	0,9	22,9	1,1	38,0	1,9	35,0	1,7	23,6	1,2
25	27,0	1,1	32,7	1,3	54,3	2,2	50,0	2,0	33,7	1,3
30	33,1	1,1	40,0	1,3	66,5	2,2	61,3	2,0	41,3	1,4

résultats de certaines placettes d'échantillonnage en Finlande indiquent en moyenne 2 à 4 m^3/ha.an.

10.3 REVENU SUPPLÉMENTAIRE DE L'ÉTAT DÛ AU DRAINAGE

Certains calculs de la valeur actualisée moyenne du revenu supplémentaire de l'État au Québec (T.I.R. ≧ 4,12 p. 100) indiquent que, pour l'ensemble des essences résineuses et des classes de fertilité ainsi que pour la moyenne des périodes de réaction de 15 et 20 ans, l'État retire environ 500$/ha de bénéfices indirects alors qu'il lui en coûte moins de 250$/ha pour effectuer du drainage avec rétrocaveuse modifiée (entretien exclus).

10.4 RENTABILITÉ POUR L'ÉTAT, AVEC EXCAVATRICE HYDRAULIQUE

La liste des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≧ 4,12 p. 100) avec excavatrice hydraulique est présentée en appendice C (p. 163). On remarque que, même si la rétrocaveuse modifiée est recommandée et plus rentable, il est possible de faire du drainage rentable pour l'État avec l'autre type de machine.

10.5 CONCLUSION POUR L'ÉTAT

Nos principales conclusions sont donc que le drainage forestier semble rentable pour l'État, s'il se fait dans les conditions décrites dans cette étude, et que l'État dispose de nombreux choix.

CHAPITRE XI

RENTABILITÉ DU DRAINAGE POUR L'ENTREPRISE PRIVÉE

Jean-Paul Nadeau et Blaise Parent

Voyons maintenant les résultats de l'analyse de rentabilité du point de vue de l'entreprise privée, c'est-à-dire en ignorant les bénéfices indirects et en ne tenant compte que de la valeur du bois sur pied.

11.1 CRITÈRE DE DÉCISION

Le taux minimum d'escompte retenu pour l'entreprise privée est 1 p. 100; ce taux suppose un taux d'emprunt de 18 p. 100, un taux d'inflation de 12 p. 100 et une subvention du crédit agricole équivalente à 5 p. 100.

11.2 RENTABILITÉ POUR L'ENTREPRISE PRIVÉE, AVEC RÉTROCAVEUSE MODIFIÉE

11.2.1 OPTIONS AYANT UN T.I.R. ≧ 1,0 p. 100

Le tableau 23 présente les résultats de l'analyse de rentabilité du drainage forestier du point de vue de l'entreprise privée (avec subvention) et pour les modèles dont le taux de rendement sur investissement est supérieur ou égal à 1,0 p. 100. On se rend compte que la rentabilité pour l'entreprise privée est beaucoup moins élevée que pour l'État.

11.2.2 LIMITES DE VARIATION DU T.I.R.

Les tableaux 24 à 28 indiquent les limites inférieure et supérieure de variation du taux de rendement sur investissement pour l'entreprise privée et pour les modèles dont le T.I.R. est ≧ 1,0 p. 100. Selon le tableau 24, si l'on regroupe les classes de fertilité, le T.I.R. maximum pour l'épinette noire et le sapin est atteint après une période de 20 ans. Quant au tableau 25, il montre que, pour toutes les essences ou pour l'ensemble des résineux, le T.I.R. maximum est atteint après 20 ans. L'analyse du tableau 27 indique que le T.I.R. maximum est atteint 1) après 20 ans et dans la classe de fertilité II pour l'épinette noire, 2) après 20 ans et dans la classe de fertilité II pour le sapin.

Tableau 23 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'entreprise privée (T.I.R. ≥ 1,0 p. 100), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.*	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 20-1	8	2	45	65		3,9
	9					3,6
20-2	8	2	45	65		4,1
	9					3,9
20-4	5	3	55	75		2,2
	6					2,0
	7					1,7
	8					1,6
	9					1,2
20-8	6	3	60	80		1,9
	7					1,7
	8					1,4
	9					1,0
EPn 25-1	3	3	50	75		2,3
	4					2,2
	5					2,2
	6					2,0
	7					1,8
	8					1,3
	9					1,1
25-2	3	3	50	75		1,2
	4					1,1
	5					1,1

* C.S.T.: classe de surface terrière (densité)

Tableau 23 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'entreprise privée (T.I.R. ≥ 1,0 p. 100), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 25-3	3	3	50	75		2,2
	4					2,1
	5					2,1
	6					1,9
	7					1,6
	8					1,2
25-4	4	3	55	80		2,4
	5					2,3
	6					2,1
	7					1,8
	8					1,5
	9					1,2
25-5	4	3	55	80		1,2
	5					1,1

Tableau 23 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'entreprise privée (T.I.R. ≥ 1,0 p. 100), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 30-1	8	3	45	75		3,5
	9					3,4
30-2	6	3	45	75		3,1
	7					2,9
	8					2,5
	9					2,4
30-3	7	3	45	75		3,7
	8					3,4
	9					3,3
30-4	7	3	50	80		3,8
	8					3,6
	9					3,4
30-5	7	3	50	80		2,9
	8					2,7
	9					2,4
30-6	7	3	50	80		3,7
	8					3,5
	9					3,3
30-7	3	4	60	90		1,6
	4					1,3
	5					1,2
	6					1,0

Tableau 23 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'entreprise privée (T.I.R. ≥ 1,0 p. 100), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 30-8	3	4	60	90		2,8
	4					2,5
	5					2,3
	6					2,2
	7					2,0
	8					1,8
	9					1,5

Tableau 23 : Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'entreprise privée (T.I.R. ≥ 1,0 p. 100), rétrocaveuse modifiée

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
SAba 15-2	1	3	40	55		2,8
	2					2,6
	3					2,4
	4					2,2
	5					1,9
	6					1,7
	7					1,7
	8					1,5
	9					1,2
SAba 20-1	2	2	25	45		4,2
	3					4,1
	4					4,0
	5					3,9
	6					3,7
	7					3,4
	8					3,1
	9					2,7
20-2	4	2	25	45		4,0
	5					3,4
	6					3,1
	7					2,9
	8					2,6
	9					2,5
THo 25-2	5	3	75	100		1,8
30-1	5	2	85	115		3,0

Tableau 24: Limites inférieure et supérieure du T.I.R., par période et par essence, pour toutes les classes de fertilité, pour le propriétaire privé, T.I.R. ≧ 1 p. 100, rétrocaveuse modifiée

Période (années)	10		15		20		25		30	
Limites	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls
Essence										
EPn	-	-	-	-	1,0	4,1	1,1	2,4	1,0	3,8
SAba	-	-	1,2	2,8	2,5	4,2	-	-	-	-
THo	-	-	-	-	-	-	-	1,8	-	3,0
PEt (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ERr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Li: limite inférieure
Ls: limite supérieure

Tableau 25: Limites inférieure et supérieure du T.I.R. par période, pour toutes les classes de fertilité, pour l'entreprise privée; T.I.R. ≧ 1,0 p. 100, rétrocaveuse modifiée

	Toutes les essences	
10 ans	— → —	-
15 ans	1,2 → 2,8	3
20 ans	1,0 → 4,2	1
25 ans	1,1 → 2,4	4
30 ans	1,0 → 3,8	2
	Résineux	
10 ans	-	-
15 ans	1,2 → 2,8	3
20 ans	1,0 → 4,2	1
25 ans	1,1 → 2,4	4
30 ans	1,0 → 3,8	2
	Feuillus	
10 ans	-	-

Tableau 26: Variation de la limite supérieure du T.I.R., pour toutes les classes de fertilité, par essence, pour l'entreprise privée; T.I.R. ≧ 1 p. 100, rétrocaveuse modifiée

	Toutes les essences	Résineux	Feuillus
EPn	2,4 → 4,1	2	2
SAba	2,8 → 4,2	1	1
SAba - EPb THo	1,8 → 3,0	3	3
PEt (L)	-		
ERr	-		

Tableau 27: Limites inférieure et supérieure du T.I.R., par essence, période et classe de fertilité, pour l'entreprise privée; T.I.R. ≧ 1 p. 100, rétrocaveuse modifiée*

Période (années)		10		15		20		25		30	
	Limites	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls	Li	Ls
Essence	Classe de fertilité										
EPn	II	-	-	-	-	3,6	4,1	-	-	-	-
	III	-	-	-	-	1,0	2,2	1,1	2,4	2,4	3,8
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	2,8
SAba	II	-	-	-	-	2,5	4,2	-	-	-	-
	III	-	-	1,2	2,8	-	-	-	-	-	-
THo	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0
	III	-	-	-	-	-	-	-	1,8	-	-
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*PEt (L) et ERr exclus parce que T.I.R. < 1 p. 100.

Tableau 28: Limites inférieure et supérieure du T.I.R., par essence, période et classe de fertilité, pour l'entreprise privée; T.I.R. ≧ 1 p. 100, rétrocaveuse modifiée

Classe de fertilité	Toutes les essences	
II	2,5 → 4,2	1
III	1,4 → 3,8	2
IV	1,0 → 2,8	3
	Résineux	
II	2,5 → 4,2	1
III	1,0 → 3,8	2
IV	1,0 → 2,8	3
	Feuillus	
II	-	
III	-	
IV	-	

Tableau 29: Période optimale de drainage, pour toutes les classes de fertilité, pour l'entreprise privée; T.I.R. ≧ 1 p. 100, rétrocaveuse modifiée

	Toutes les essences
20 ans	4,2
30	3,8
15	2,8
25	2,4
	Résineux
20	4,2
30	3,8
15	2,8
25	2,4

Tableau 30 : Options de drainage les plus rentables pour l'entreprise privée (T.I.R. ≥ 2,0 p. 100), rétrocaveuse modifiée

CLASSE DE T.I.R.	MODÈLE DE CROISSANCE	C.S.T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
2,6 à 3,5	SAba 15-2	1	3	40	55		2,8
		2	3	40	55		2,6
	20-2	7	2	25	45		3,4
		8					3,1
		9					2,7
	20-2	5	2	25	45		3,4
		6					3,1
		7					2,9
		8					2,6
		9					2,5
	THo 30-1	5	2	85	115		3,0
2,6 à 3,5	EPn 30-1	8	3	45	75		3,5
		9					3,4
	30-2	6	3	45	75		3,1
		7					2,9
		8					2,5
	30-3	8	3	45	75		3,4
		9					3,3
	30-4	9	3	50	80		3,4
	30-5	7	3	50	80		2,9
		8					2,7
	30-6	8	3	50	80		3,5
		9					3,3
	30-8	3	4	60	90		2,8

* T.I.R.: taux interne de rendement
** C.S.T.: classe de surface terrière (densité)

Tableau 30 : Options de drainage les plus rentables pour l'entreprise privée (T.I.R. ≥ 2,0 p. 100), rétrocaveuse modifiée

CLASSE DE T.I.R.	MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
3,6 à 4,5	EPn 20-1	8	2	45	65		3,9
		9					3,6
	20-2	8	2	45	65		4,1
		9					3,9
	EPn 30-3	7	3	45	75		3,7
	30-4	7	3	50	80		3,8
		8					3,6
	30-6	7	3	50	80		3,7
3,6 à 4,5	SAba 20-1	2	2	25	45		4,2
		3					4,1
		4					4,0
		5					3,9
		6					3,7
	20-2	4	2	25	45		4,0

11.2.3 PÉRIODE OPTIMALE DE DRAINAGE

L'analyse du tableau 29 (p. 147) indique que, pour les résineux, le drainage paraît plus rentable sur 20 ans (4,2 p. 100).

11.2.4 OPTIONS LES PLUS RENTABLES POUR L'ENTREPRISE PRIVÉE

Le tableau 30 (p. 148-149) présente, par classe de T.I.R., les options de drainage les plus rentables pour l'entreprise privée, c'est-à-dire celles dont le T.I.R. est supérieur à 2,0 p. 100. Dans la classe de T.I.R. variant de 2,6 à 3,5 p. 100, on retrouve surtout des peuplements de classe de fertilité 3, avec l'épinette noire; dans la classe de T.I.R. variant de 3,6 à 4,5 p. 100, l'épinette noire domine dans la classe de fertilité 3.

11.3 RENTABILITÉ POUR L'ENTREPRISE PRIVÉE, AVEC EXCAVATRICE HYDRAULIQUE

La liste des options de drainage dont le T.I.R. est $\geqq$ 1 p. 100 pour l'entreprise privée et avec excavatrice hydraulique, est présentée en appendice D (p. 175).

11.4 CONCLUSION POUR L'ENTREPRISE PRIVÉE

La principale conclusion à tirer de ces données est que le drainage forestier est peu rentable pour l'entreprise privée, même avec une subvention gouvernementale équivalente à 5 p. 100.

CONCLUSION

Jean-Paul Nadeau

À la lumière de l'information disponible, il semble qu'il serait rentable pour l'État de favoriser le drainage dans les forêts privées au Québec, du moins dans le contexte de la présente étude (équipement, espacement et profondeur des fossés, etc). Si l'on tient compte des diverses variables (essence, classe de fertilité, classe de densité, période de réaction, etc), l'État dispose de plusieurs options ou choix.

Cette recherche, d'abord méthodologique, donne un aperçu général de la rentabilité du drainage forestier au Québec et laisse entrevoir qu'il représente un potentiel pour l'avenir. Le drainage forestier doit être perçu comme un des nombreux choix possibles en sylviculture et il faut comparer ce choix à d'autres selon les besoins de matière ligneuse et les disponibilités de capital.

Même s'il peut paraître très attrayant à prime abord de faire du drainage forestier au Québec, il importe de faire à court terme un minimum de travaux expérimentaux (par exemple concernant l'effet de l'espacement des fossés pour un classe de fertilité donnée ou l'effet de la classe de fertilité pour un espacement donné) avant de se lancer sur une grande échelle dans ce type d'opération.

BIBLIOGRAPHIE

ANON., 1974. *Proceedings of the international symposium on forest drainage*. Jyväskylä-Oulu, Finland. 416 p.

ANON., 1976. *Drainage souterrain*. Ministère de l'Agriculture du Québec. Conseil des producteurs végétales du Québec. Agdex («Adgex») 555. 39 p.

AVERELL, J.L. et P.C. McGREW, 1929. *The reaction of swamps forests to drainage in Northern Minnesota*. State of Minn. Dep. of Drainage and Waters. 53 p.

BARETTE, Y. et D.P. LANGEVIN, 1979. *Ressources et Activités en forêt privée*. Gouv. du Québec, Min. Terres et Forêts. Dir. gén. des forêts. TFI 4000-2. 144 p.

BERNIER, B. et L. CARRIER, 1977. *Guide pour la prise des notes au cours des relevés pédologiques en forêt*. Gouv. du Québec, Min. des Terres et Forêts. Serv. de la recherche, Guide n° 2. 33 p.

BLOUIN, J.-L. et M.M. GRANDTNER, 1971. *Étude écologique et cartographie de la végétation du comté de Rivière-du-Loup*. Gouv. du Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la recherche. Mémoire n° 6. 371 p.

BOUDOUX, M., 1978. *Tables de rendement empirique pour l'épinette noire, le sapin baumier et le pin gris. Version métrique*. Gouv. du Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de l'information. 101 p.

CLOUTIER, G., R. PERREAULT et R. DESROSIERS, 1974. *Modèle pour déterminer la valeur du bois sur pied en fonction des systèmes d'exploitation et des types d'utilisation*. Rapport non publié. Gouv. du Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de la recherche. 174 p.

DAVIS, K.P., 1966. *Forest management: regulation and valuation*. McGraw-Hill. New York. 519 p.

FRASER, A.I., 1962. *The soil and roots as factors in tree stability.* Forestry, Vol. 35(2): 117-127.

DEMERS, O., 1978. *Le drainage en forêt.* Gouv. du Québec, Min. des Terres et Forêts, Serv. de l'information. 4 p.

GAUTHIER, R., 1971. *Étude de cinq tourbières du Bas-Saint-Laurent. I - Écologie. II - Tourbe litière.* Gouv. du Québec, Min. des Richesses naturelles, Dir. gén. des mines, Serv. gîtes min., ES-10, 25 p.

GAUTHIER, R. et M.M. GRANDTNER, 1975. *Étude phytosociologique des tourbières du Bas-Saint-Laurent, Québec.* Naturaliste canadien, Vol. 102, n° 1: 189-153.

GEVORKIANTZ, S.R. et W.A. DUERR, 1939. *Volume and yield of Northern white cedar in the Lake States.* U.S.D.A., Forest Service, Lake States For. Exp. Station, St. Paul, Minn., 55 p.

GRANDTNER, M.M., 1960. *La forêt de Beauséjour, comté de Lévis, Québec. Étude phytosociologique.* Fonds de recherches forestières de l'université Laval. Québec. 62 p.

HAAVISTO, V.F. et G.T. ATKINSON, 1977. *Capabilities of a modified «Timberjacks» and a «Terrain-Master» for ditching on peatlands.* Dep. of Fisheries and the Environ., Can. For. Serv., Great Lakes Forest Res. Cen., 0-X-264. 11 p.

HEIKURAINEN, L., 1961. *Metsäojituksen Vaikutuksesta Puuston Kasvuum ja Poistumaan.* Acta Forestalis Fenniae. Helsinki, Finland. 71 p.

HEIKURAINEN, L., 1964. *Forest drainage and the forest balance.* Economic Review, No 2: 75-81.

HEIKURAINEN, L., 1964. *Improvement of forest growth on poorly drained peat soils.* Dep. of peatland forestry, Un. of Helsinki, Finland. 101 p.

HEIKURAINEN, L., 1968. *Results of draining peatland for forestry in Finland.* Second International Peat Congress, Edinburgh, Transactions, Vol. II: 773-780.

HEIKURAINEN, L., 1968. *Peatlands of Newfoundland and possibilities of utilizing them in forestry.* Dep. of For. and Rural Develop., For. Branch, For. Res. Lab., St. Johns, Newfoundland, N-X-16. 57 p.

HEIKURAINEN, L., 1971. *The need for forest drainage and the risks involved.* Economic Review, No 4: 156-170.

HEIKURAINEN, L., 1972. *Utilization of peatlands for forestry purposes. Finnish peatlands and their utilization.* Suoseura ry (Finnish Peatland Society), 29-35.

HEIKURAINEN, L. et K. KUUSELA, 1962. *Revival of the tree growth after drainage and its dependance on the tree size and age.* Communicationes Instituti Forestalis Fenniae. 15 p.

HEIKURAINEN, L., 1980. *Imput and output in Finnish forest drainage activity.* Proceedings of the 6th International Peat Congress. Duluth, Minn., U.S.A., p. 398-402.

HEIKURAINEN, L., 1981. *Today's problems in the field of forestry on peatland.* XXII IUFRO World Congress, Kyoto, Japan. Proceedings - Referate - Exposés, Division I: 413-420.

HEIKURAINEN, L. et J. PAÏVÄNEN, 1970. *The effect of thinning, clear cutting and fertilization on the hydrology of peatland drained for forestry.* Helsinki, 22 p.

HEINSELMAN, M.L., 1963. *Forest sites, bog processes and peatland types in the glacial lake Agassiz region, Minnesota.* U.S.D.A., Forest Serv., Ecological Monographs, Vol. 33, No. 4: 327-373.

HUIKARI, O., 1959. *Drainage of swamps lands for forestry purposes in Finland.* Journal of Forestry, Vol. 57, No. 2: 128-129.

HUIKARI, O. *et al.*, 1967. *On the potential tree growth on drained peatlands in northern Finland.* Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 51 p.

JASMIN, J.-J. et H.B. HEENEY, 1962. *Assainissement des tourbières à calotte acide.* Gouv. du Canada, Min. de l'Agric., Division de l'information, 1089. 18 p.

KLAWITTER, R.A., 1965. *Woodland drainage in the Southeast.* Journal of Soil and Water Conservation, Vol. 20, No. 4: 181-182.

KIVINEN, E. *et al.*, 1972. *Finnish peatlands and their utilization.* Suoseura ry. 61 p.

LAFOND, A., 1960. *Notes pour l'identification des types forestiers. 2e édition.* La Cie Québec North Shore Paper. Baie-Comeau. 93 p.

LAFOND, A., 1964. *La classification écologique des forêts par la végétation. Application à la province de Québec.* Fac. d'arp. et de génie forestier, Univ. Laval. 106 p.

LEBARRON, R.K., 1945. *Adjustment of black spruce root systems to increasing depth of peat.* Ecology, Vol. 26, No. 3: 309-311.

LEBARRON, R.K. et J.R. NEETZEL, 1942. *Drainage of forested swamps.* Ecology, Vol. 23, No. 4: 457-465.

LE GOFF, N. *et al.*, 1976. *Recherche et développement sur le peuplier dans la région de l'Est-du-Québec. VIII - Tables de rendement pour les peupleraies naturelles dans les comtés de Montmagny à Rimouski.* Gouv. du Québec, Min. des Terres et Forêts. Serv. de la rech., Mémoire n° 32. 78 p.

LINTEAU, A., 1959. *Classification des stations forestières de la section du Nord-Est, région forestière Boréale du Québec.* Gouv. du Can., Min. du Nord canadien et des Ressources nat. Bulletin n° 118. 93 p.

LUKKALA, O.J., 1951. *Experiences from Jaakkoinsuo experimental drainage area.* Communicationes Instituti Forestalis Fenniae. 53 p.

LULL, H.W. et W.E. SOPPER, 1969. *Hydrologic effects from urbanization of forested watersheds in the Northeast.* U.S. Dept. of Agriculture, For. Serv., N.E. Forest Exp. Station. NE-146. 31 p.

LUNDBERG, G., 1952. *Skogsdikningarna på Bjurfors kronopark.* Bilaga till Svenska Skogsvå. Tidskrift nr 2/1952. 89 p.

LUSSIER, L.-J., 1978. *Rentabilité de l'aménagement forestier en forêt privée et forêt publique adjacente. Région Bas-Saint-Laurent, Gaspésie. Vol. 1.* Darveau, Grenier, Lussier et Ass., Québec. 35 p.

McEWEN, J.K., 1969. *Effects of drainage on a black spruce stand.* Gouv. of Ontario. Dept. of Lands and Forests. Research Branch. No. 71. 12 p.

MIKOLA, P., 1963. *Vakvaturpeisten soiden ojitusvaikenksista.* Suo 1963 (1). Finlande.

MIKOLA, P., 1966. *Special techniques for poorly drained sites including peat bogs, swamps, etc.* World Symposium on Man-made Forests and their Industrial Importance, Canberra. F.A.O.: 367-382.

NADEAU, J.-P., 1977. *La fertilisation aérienne des forêts, un investissement rentable? Expérience avec le pin gris en Mauricie, Québec.* Gouv. du Québec., Min. des Terres et Forêts, Serv. de la rech. Mémoire n° 35. 46 p.

NADEAU, J.-P., 1978. *Étude de détermination d'une politique globale d'arrosage aérien contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette à partir de critères économiques au Québec.* Gouv. du Québec, Min. des Terres et Forêts. Serv. de la rech. 356 p.

NADEAU, J.-P., 1981. *Rapport circonstancié sur la mission en Finlande de J.-P. Nadeau.* Non publié. Gouv. du Québec, Min. de l'Énergie et des Ressources, Serv. de la rech. 24 p.

NADEAU, J.-P., 1982. *Le drainage forestier en Finlande et au Québec.* Conférence présentée à la journée du Mérite forestier au Québec. Non publié. 7 p.

OTAVA, H.K., 1970. *Finnish forest improvement technics and machinery.* The Forest Drainage Foundation, Helsinki, Finland. 59 p.

PAÏVÄNEN, J. et E.D. WELLS, 1977. *Guidelines for the development of peatland drainage system for forestry in Newfoundland.* Gov. of Canada, Fisheries and Envir., Forestry Serv., Newfoundland For. Res. Cen., N-X-156. 44 p.

PARKER, R.E., 1962. *The problems of peatland forestry. An introduction.* Journal of the Society of Irish Foresters, Peatland Forestry. Vol. 19, No. 1. 15 p.

PAYANDEH, B., 1973a. *Analysis of a forest drainage experiment in northern Ontario. I - Growth analysis.* Canadian Journal of For. Res., 3(3): 387-398.

PAYANDEH, B., 1973b. *Analysis of a forest drainage experiment in northern Ontario. II - An economic analysis.* Canadian Journal of For. Res., 3(3): 399-408.

PAYANDEH, B., 1975. *Growth and economic analysis of a forest drainage experiment in northern Ontario.* Gouv. du Can., Dept. Env., Can. For. Serv., Great Lakes For. Res. Cen., O-P-4, Black spruce symposium: 61-76.

PLONSKI, W.L., 1974. *Normal yield tables (metric).* Ontario Min. of Nat. Ress., Div. of For., 40 p.

SATTERLAND, D.R. et S.A. GRAHAM, 1957. *Effect of drainage on tree growth in stagnant sphagnum bogs.* Michigan For. Dept., Univ. Mich., For. School Nat. Resour., Note No. 19. 2 p.

SEPPÄLÄ, K., 1968. *Ennakkotuloksia Suometsiköiden Ojituksen Jalkeisestä kehityksestä ja Sühen Vaikkuttavista Tekijoistä.* Sommaire en anglais. Silva Fennica, Vol. 2, No. 3: 166-182.

SEPPÄLÄ, K., 1969. *Post-drainage growth rate of Norway spruce and scots pine on peat.* Acta Forestalia Fennica, Vol. 93: 77-78.

SEPPÄLÄ., K., 1972. *Ditch spacing as a regulator of post drainage stand development in spruce and pine swamps.* Acta Forestalia Fennica, Vol. 125: 5-23.

SCHAULDT, E.A., 1955. *Drainage in forestry management in the South.* U.S. Dept. of Agriculture, Yearbook of Agri., 564-568.

STANEK, W., 1968. *A forest drainage experiment in northern Ontario.* Pulp and Paper Magazine of Can., Vol. 69: 58-62.

STANEK, W., 1970. *Amélioration of water-logged terrain in Quebec. I - Description of the area, hydrology and drainage.* Dep. of Fisheries and the Envir., Can. For. Serv., For. Res. Lab. Quebec Region. Q-X-17. 20 p.

STOECKLER, J.H., 1961. *Soil and water management for increased forest and range production.* Soil Science Soc. Proc., Vol. 25, No. 6: 446-451.

STOECKELER, J.H., 1963. *A review of forest swamps drainage methods in northern Europe.* Journal of Forestry, Vol. 61, No. 2: 99-104.

TERRY, T.A. et J.H. HUGUES, 1975. *The effects of intensive management on planted loblolly pine growth on poorly drained soils of the Atlantic coastal plain.* Forest Soils and Forest Land Management, Proceedings of the fourth North American For. Soils Conference, Quebec. 351-377.

VÉZINA, P.-E. et A. LINTEAU, 1968. *Growth and yield of balsam fir and black spruce in Quebec.* Gov. Can., Dep. of For. and Rural devel., For. Res. Lab. Quebec region. Q-X-2, 58 p.

VÉZINA, P.-E. *et al.*, 1976. *Traitements et stratégies sylvicoles applicables à divers peuplements forestiers du Québec.* Gouv. du Québec., Min. des Terres et Forêts, groupe COGEF. 258 p.

VÉZINA, S., 1975. *Document spécial sur la densité des bois au Québec par région administrative.* Gouv. du Québec, Min. Terres et Forêts.

WALKER, L.C. *et al.*, 1961. *Flooding and drainage effects on slash pine and loblolly pine seedlings.* Forest Science, Vol. 7, No. 1: 2-15.

WALTERS, J. *et al.*, 1959. *Drainage of planting sites with dynamite.* Univ. of British Columbia, Faculty of For., Note 25, 4 p.

APPENDICE A

(appendice au chapitre IV)

DESCRIPTION DES CLASSES DE FERTILITÉ

Les classes de fertilité utilisées dans le texte proviennent du cahier des classes de rendement de Vézina et Linteau (1968).

Les classes de fertilité sont définies par la hauteur des dominants et des co-dominants à l'âge de 50 ans. Elles sont réparties comme suit:

Classe I : La hauteur des dominants et des co-dominants varie entre 13,7 et 16,5 mètres.

Classe II : La hauteur des dominants et des co-dominants varie entre 10,7 et 13,4 mètres.

Classe III : La hauteur des dominants et co-dominants varie entre 7,6 et 10,4 mètres.

Classe IV : La hauteur des dominants et co-dominants varie entre 4,6 et 7,3 mètres.

APPENDICE B

(appendice au chapitre IV)

DESCRIPTION DES CLASSES DE DRAINAGE

Les classes de drainage décrites ci-dessous sont basées sur la Classification canadienne des sols et on les trouve dans une brochure publiée par le Service de la recherche du ministère des Terres et Forêts (actuellement ministère de l'Énergie et des Ressources) (Bernier et Carrier, 1977). Il y a six classes de drainage au total.

Classe 1 (drainage rapide): évacuation rapide. L'humidité du sol dépasse rarement la capacité au champ dans l'un quelconque des horizons, sauf immédiatement après apports d'eau.

Classe 2 (drainage bon): évacuation bonne sans être rapide. L'humidité du sol dépasse rarement la capacité au champ dans l'un quelconque des horizons (à l'exception peut-être de l'horizon C) pour une période importante de l'année.

Classe 3 (drainage modéré): évacuation assez lente. L'humidité du sol dépasse la capacité au champ pour une courte période de l'année.

Classe 4 (drainage imparfait): L'humidité du sol dépasse la capacité au champ dans les horizons B et C pour une période modérément longue de l'année.

Classe 5 (drainage mauvais): L'humidité du sol dépasse la capacité au champ dans tous les horizons pour une période importante de l'année.

Classe 6 (drainage très mauvais): L'eau libre demeure à moins de 0,3 m de la surface presque toute l'année.

APPENDICE C

LISTE DESCRIPTIVE DES OPTIONS DE DRAINAGE RENTABLES POUR L'ÉTAT

(EXCAVATRICE HYDRAULIQUE)

Appendice C

Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), excavatrice hydraulique

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.*	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 15-1	7	3	60	75	69	6,1
	8				63	6,1
	9				58	5,3
15-2	7	3	60	75	69	8,2
	8				63	8,2
	9				58	7,5
15-3	7	3	60	75	69	4,7
	8				63	4,7
15-4	7	3	60	75	69	5,8
	8				63	5,8
	9				58	5,3
15-5	8	3	65	80	68	5,6
	9				62	5,3
15-6	8	3	65	80	68	8,0
	9				62	7,5
15-7	8	3	65	80	68	4,3
15-8	8	3			68	5,6
	9				62	5,3
15-9	3	4	75	90	69	6,4
	4				62	5,8
	5				55	5,8
	6				50	5,3
	7				44	5,3
	8				39	5,0
	9				33	4,7

* C.S.T.: classe de surface terrière (densité)

Appendice C

Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), excavatrice hydraulique

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 15-11	3	4	75	90	69	11,9
	4				62	11,4
	5				55	11,4
	6				50	11,0
	7				44	10,8
	8				39	10,4
	9				33	10,4
EPn 20-1	8	2	45	65	67	13,1
	9				61	12,8
20-2	8	2	45	65	68	13,4
	9				63	13,1
20-3	5	3	55	75	69	9,2
	6				64	9,2
	7				59	8,8
	8				54	8,6
	9				49	8,2
20-4	5	3	55	75	69	11,3
	6				64	11,1
	7				59	10,8
	8				54	10,6
	9				49	10,2
20-5	5	3	55	75	69	8,2
	6				64	8,0
	7				59	7,7
	8				54	7,6
	9				49	7,2
20-6	5	3	55	75	69	9,2
	6				64	9,0
	7				59	8,6
	8				54	8,5
	9				49	8,3

Appendice C

Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), excavatrice hydraulique

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 20-7	6	3	60	80	70	9,0
	7				64	8,8
	8				59	8,4
	9				54	8,0
20-8	6	3	60	80	70	10,9
	7				64	10,8
	8				59	10,4
	9				54	10,0
20-9	6	3	60	80	70	7,8
	7				64	7,7
	8				59	7,4
	9				54	7,0
20-10	6	3	60	80	70	8,8
	7				64	8,6
	8				59	8,3
	9				54	7,9
20-11	2	4	70	90	67	9,6
	3				61	9,4
	4				54	9,2
	5				48	9,0
	6				43	8,7
	7				43	8,4
	8				38	8,4
	9				32	8,1
20-12	2	4	70	90	67	6,1
	3				61	5,8
	4				54	5,6
	5				48	5,3
	6				43	5,1
	7				38	4,7
	8				32	4,5
	9				27	4,5

Appendice C

Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), excavatrice hydraulique

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 20-13	2	4	70	90	67	7,3
	3				61	7,0
	4				54	6,8
	5				48	6,5
	6				43	6,2
	7				38	6,1
	8				32	5,8
	9				27	5,8
EPn 25-1	3	3	50	75	69	10,2
	4				63	10,1
	5				57	10,1
	6				53	9,9
	7				48	9,7
	8				43	9,3
	9				39	9,1
25-2	3	3	50	75	69	9,2
	4				63	9,2
	5				57	9,2
	6				53	8,9
	7				48	8,7
	8				43	8,3
	9				39	8,1
25-3	3	3	50	75	69	10,1
	4				63	10,0
	5				57	10,0
	6				53	9,8
	7				48	9,6
	8				43	9,2
	9				39	9,0

Appendice C

Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), excavatrice hydraulique

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 25-4	4	3	55	80	69	10,3
	5				63	10,2
	6				58	10,0
	7				59	9,8
	8				49	9,4
	9				44	9,2
25-5	4	3	55	80	69	9,2
	5				63	9,2
	6				58	8,9
	7				53	8,2
	8				49	8,4
	9				44	8,2
25-6	4	3	55	80	69	7,3
	5				63	7,2
	6				58	7,1
	7				53	6,1
	8				49	6,5
	9				44	6,3
25-7	1	4	65	90	64	7,4
	2				58	7,3
	3				52	7,1
	4				46	6,8
	5				40	6,7
	6				35	6,5
	7				30	6,4
	8				25	6,2
	9				20	6,0

Appendice C

Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), excavatrice hydraulique

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 25-8	1	4	65	90	64	8,5
	2				58	8,4
	3				52	8,3
	4				46	7,9
	5				40	7,8
	6				35	7,6
	7				30	7,5
	8				25	7,3
	9				20	7,1
25-9	1	4	75	100	71	4,9
	2				64	4,8
	3				57	4,8
	4				51	4,5
	5				44	4,3
25-10	1	4	75	100	71	4,5
	2				64	4,3
	3				57	4,3
25-11	1	4	75	100	71	5,4
	2				64	5,3
	3				57	5,3
	4				51	4,9
	5				44	4,7
	6				38	4,6
	7				32	4,3
	8				25	4,3
	9				19	4,2

Appendice C

Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), excavatrice hydraulique

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 30-1	8	3	45	75	32	9,9
	9				28	9,8
30-2	6	3	45	75	40	9,6
	7				36	9,4
	8				32	9,0
	9				28	8,9
30-3	7	3	45	75	36	10,1
	8				32	9,8
	9				28	9,7
30-4	7	3	50	80	42	10,2
	8				37	10,0
	9				33	9,8
30-5	7	3	50	80	42	9,3
	8				37	9,1
	9				33	8,9
30-6	7	3	50	80	42	10,0
	8				37	9,9
	9				33	9,7
30-7	3	4	60	90	41	8,2
	4				36	7,9
	5				30	7,8
	6				26	7,6

Appendice C

Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), excavatrice hydraulique

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
EPn 30-7	7	4	60	90	21	7,5
	8				17	7,3
	9				13	7,1
30-8	3	4	60	90	41	9,2
	4				36	8,9
	5				30	8,8
	6				26	8,7
	7				21	8,5
	8				17	8,4
	9				13	8,1
30-9	4	4	70	100	42	5,8
	5				36	5,7
	6				30	5,5
	7				24	5,4
	8				18	5,4
	9				12	5,2
30-10	4	4	70	100	42	5,5
	5				36	5,3
	6				30	5,1
	7				24	5,0
	8				18	4,9
	9				12	4,8
30-11	4	4	70	100	42	6,2
	5				36	6,1
	6				30	5,9
	7				24	5,8
	8				18	5,7
	9				12	5,5

Appendice C

Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), excavatrice hydraulique

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
SAba 10-2	2	3	45	55	99	7,7
	3				91	7,7
	4				84	7,3
	5				76	7,3
	6				69	6,4
	7				61	6,4
	8				53	6,4
	9				46	6,8
15-1	5	2	30	45	70	9,9
	6				64	9,6
	7				58	9,3
	8				52	9,7
	9				48	8,4
15-3	5	2	30	45	70	9,5
	6				65	9,2
	7				61	8,7
	8				56	8,4
	9				51	8,3
15-2	1	3	40	55	93	13,7
	2				86	13,5
	3				79	13,3
	4				72	13,0
	5				65	12,8
	6				58	12,6
	7				50	12,5
	8				43	12,3
	9				36	12,0

Appendice C

Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'État (T.I.R. ≥ 4,12%), excavatrice hydraulique

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
SAba 20-1	2	2	25	45	60	12,4
	3				55	12,3
	4				51	12,2
	5				45	12,1
	6				40	11,9
	7				35	11,6
	8				31	11,3
	9				27	11,8
20-2	4	2	25	45	55	12,2
	5				49	11,5
	6				45	11,3
	7				42	11,0
	8				38	10,7
	9				34	10,5
THo 20-2	5	3	80	100	128	5,3
25-1	5	2	90	115	100	5,5
25-2	5	3	75	100	114	6,6
30-1	5	2	85	115	90	6,9
PEt(L)10-1	5	3	65	75	219	17,8
10-2	5	4	65	75	145	14,7
ERr 10-1	5	2	65	75	109	16,0
10-2	5	3	70	80	86	13,7

APPENDICE D

LISTE DESCRIPTIVE DES OPTIONS DE DRAINAGE RENTABLES POUR L'ENTREPRISE PRIVÉE

(EXCAVATRICE HYDRAULIQUE)

Appendice D

Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'entreprise privée (T.I.R. ≥ 1,0 p. 100), excavatrice hydraulique

MODÈLE DE CROISSANCE	C.S.T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
Epn 20-1	8	2	45	65		2,4
	9					2,2
20-2	8	2	45	65		2,7
	9					2,4
30-1	8	3	45	75		2,3
	9					2,1
30-2	6	3	45	75		1,9
	7					1,7
	8					1,2
	9					1,1
30-3	7	3	40	75		2,5
	8					2,2
	9					2,0
30-4	7	3	50	80		2,6
	8					2,4
	9					2,2
30-5	7	3	50	80		1,6
	8					1,4
	9					1,1

* C.S.T.: classe de surface terrière (densité)

Appendice D

Liste descriptive des options de drainage rentables pour l'entreprise privée (T.I.R. ≥ 1,0 p. 100), excavatrice hydraulique

MODÈLE DE CROISSANCE	C. S. T.	CLASSE DE FERTILITÉ	ÂGE D'INTERVENTION (années)	ÂGE DE LA COUPE (années)	VOLUME MARCHAND RÉSINEUX LORS DE L'INTERVENTION (m^3/ha)	TAUX DE RENDEMENT SUR INVESTISSEMENT (%)
Epn 30-6	7	3	50	80		2,4
	8					2,3
	9					2,0
30-8	3	4	60	90		1,5
	4					1,2
	5					1,0
Saba 20-1	2	2	25	45		2,8
	3					2,7
	4					2,5
	5					2,5
	6					2,3
	7					2,0
	8					1,7
	9					1,3
20-2	4	2	25	45		2,5
	5					2,0
	6					1,7
	7					1,5
	8					1,2
	9					1,0
30-1	5	2	85	115		1,8

Parution, novembre 1982

Le principal rôle de la loi sur le crédit forestier consiste à rendre possible l'infusion de capitaux, à un taux d'intérêt subventionné, dans la mise en valeur des forêts privées. De façon plus spécifique, le crédit forestier permet d'améliorer la forêt par le financement d'investissements à moyen terme en vue de réaliser divers travaux comme le drainage en surface (canaux à ciel ouvert). L'augmentation de la productivité, gage de la revalorisation des forêts privées, ne doit pas seulement se faire à partir des traitements sylvicoles conventionnels mais aussi au moyen de travaux comme le drainage, qui améliore la qualité de station et permet de récupérer de vastes étendues de terres à vocation forestière mais à faible taux de rendement. La présente étude devrait être un guide précieux dans le choix du drainage comme option d'aménagement intensif. Dans les limites de ses responsabilités, le Service de la recherche (Terres et Forêts) a mené cette étude qui lui avait été demandée par la Direction du financement forestier de l'Office du crédit agricole, de manière à fournir les informations qui lui permettront de faciliter ce choix comme option la plus économiquement rentable.

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Energie
et des Ressources (secteur Forêts)
**Direction de la recherche
et du développement**