

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 1

EXAMEN DE LA LITTÉRATURE SUR L'ORIGINE ET LA PROMIÈRE
CROISSANCE DES PEUPELEMENTS DE SAPIN BAUMIER
CANADA

Ministère du Nord canadien et des Ressources nationales
DIRECTION DES FORÊTS

DESCRIPTION DE LA RÉGION FORESTIÈRE 3

MÉTHODE D'ÉTUDE 10

RÉSULTATS 12

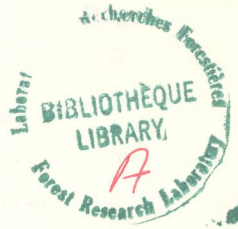
Évolution des peuplements 12

Origine de la forêt actuelle de sapin baumier 14

Croissance en hauteur du sapin baumier 17

CONCLUSION 21

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 23



**Croissance du sapin baumier
après une coupe rase dans le Québec**

par

R. J. Hatcher

Division des recherches sylvicoles

Mémoire technique n° 87

1960



Publié avec l'autorisation de
l'honorable Alvin Hamilton, C.P.
Ministre du Nord canadien et des Ressources nationales
Ottawa, 1960

Division des recherches sylvicoles
Mémoire technique n° 87
1960

ROGER DUHAMEL, M.S.R.C.
IMPRIMEUR DE LA REINE ET CONTRÔLEUR DE LA PAPETERIE
OTTAWA, 1960
N° de catalogue R47-87F

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	5
EXAMEN DE LA LITTÉRATURE SUR L'ORIGINE ET LA PREMIÈRE CROISSANCE DES PEUPELEMENTS DE SAPIN BAUMIER	5
Origine des peuplements	5
Croissance des semis	6
Densité des jeunes peuplements	7
DESCRIPTION DE LA RÉGION FORESTIÈRE	8
MÉTHODE D'ÉTUDE	10
RÉSULTATS	12
Évolution des peuplements	12
Origine de la forêt actuelle de sapin baumier	16
Croissance en hauteur du sapin baumier	17
CONCLUSIONS	21
RÉCAPITULATION	22
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	23

EXAMEN DE LA LITTÉRATURE SUR L'ORIGINE ET LA PREMIÈRE CROISSANCE DES PEUPELEMENTS DE SAPIN BAUMIER

Origine des peuplements

Des peuplements purs et écloppés de sapin font leur apparition après des feux, des chablis ou des coupes. Il n'y a apparemment que très peu de différence dans la composition des jeunes peuplements apparus après des coupes et après des chablis; ces deux genres de peuplements forment souvent des mosaïques locales mieux connues dans la Gâtine, sous le nom de Grand-Michel. Le stock est probablement beaucoup plus varié après un feu, selon la sévérité du feu, et selon la quantité de graines au sol (Schreiner, 1937).

Voies de circulation des recherches effectuées. Bureau provincial de Québec, Québec (P.Q.).

CROISSANCE DU SAPIN BAUMIER APRÈS UNE COUPE RASE DANS LE QUÉBEC

par

R. J. Hatcher¹

(Étude n° Q-13)

INTRODUCTION

Dans un avenir rapproché, les grandes superficies de résineux du Québec où, depuis 1920, des entreprises commerciales ont effectué des coupes rases pour en extraire le bois à pâte, seront un défi au savoir-faire des forestiers. Pour ces forêts équiennes de recrû, on devra mettre au point, en se fondant sur une connaissance détaillée de l'évolution de la forêt après une coupe, des techniques convenables d'aménagement, y compris des changements probables de traitement sylvicole. Dans le but de recueillir des renseignements sur l'évolution des forêts du Québec après des opérations commerciales de coupe, la Direction des forêts a établi 15 places d'étude depuis 1947. Chaque place mesure environ 5 milles carrés et comprend un quadrillé de placettes linéaires d'un dixième d'acre qui seront soumises à de nouveaux mesurages tous les dix ans.

Le présent mémoire décrit l'évolution d'une forêt de sapin au cours des 15 premières années consécutives à une opération commerciale de coupe rase dans la section B-1 de la région forestière boréale. La coupe a été effectuée entre 1941 et 1944. Les données apportées proviennent de placettes linéaires établies en 1948 et mesurées de nouveau en 1958. On y donne aussi les conclusions d'une étude effectuée en 1958 sur l'origine et la première croissance du sapin, *Abies balsamea* (L.) Mill., qui est l'essence la plus importante trouvée après la coupe.

EXAMEN DE LA LITTÉRATURE SUR L'ORIGINE ET LA PREMIÈRE CROISSANCE DES PEUPELEMENTS DE SAPIN BAUMIER

Origine des peuplements

Des peuplements purs et équiennes de sapin font leur apparition après des feux, des chablis ou des coupes. Il n'y a apparemment que très peu de différence dans la composition des jeunes peuplements apparus après des coupes et après des chablis; ces deux genres de peuplements forment souvent des maquis denses mieux connus dans le Québec sous le nom de Saint-Michel. Le stock est probablement beaucoup plus varié après un feu, selon la sévérité du feu, et selon la quantité de graines au sol (Heikkenen, 1957).

¹ Forestier, Division des recherches sylvicoles, Bureau régional de Québec, Sillery (P.Q.).

Le sapin produit des graines en abondance, notamment tous les deux ou trois ans. D'ordinaire, la graine représente la seule source importante de reproduction, même si à certains endroits il se produit beaucoup de marcottage (Roe, 1950). Bonner (1941) prétend qu'un pour cent de la reproduction du sapin dans la zone argileuse du nord de l'Ontario se fait par marcottage et Cooper (1911) a trouvé que, sur l'île Royale, dans l'État de Michigan, le marcottage est à l'origine d'une importante partie de la régénération du sapin.

Roe (1948), Morris (1948) et Webb (1957) soulignent que les peuplements de sapin commencent à produire de la graine dès qu'ils atteignent de 20 à 30 ans. Zon (1914) affirme que, dans le nord-est des États-Unis, le sapin produit de la graine d'une façon régulière dès l'âge de 30 à 35 ans.

La germination se produit généralement sur la litière vers la fin de mai et en juin (Roe, 1950). Les semis qui ont germé après le milieu de juillet, ne survivent que très rarement à l'hiver (Place, 1955). Webb (1958) fait mention de cas où la graine est demeurée viable durant 3 ou 4 ans sous des tas de broussailles et MacGillivray (1955) avance l'hypothèse que certaines graines peuvent demeurer viables après 2 ou 3 ans dans de froides tourbières de sphaigne.

On trouve souvent mention que la plupart des sapins des nouveaux peuplements se développent à partir de semis présents lorsque la forêt dépérit, subit une coupe ou encore un chablis (Dana, 1930; Westveld, 1931; Smithers, 1948; Roe, 1953; Vincent, 1956; Ghent, 1958; Webb, 1958; Ellis, 1958). Cependant, il y a pénurie de données pour indiquer le pourcentage et l'importance relative de la formation de jeunes peuplements par semis préexistants et par nouveaux semis.

Les peuplements de sapin de l'État de Michigan ont l'habitude typique d'avoir une réserve de semis en tout temps après le commencement de la production de graines, même aux endroits où la voûte foliacée est très dense (Roe, 1953). Webb (1957) affirme que, dans la péninsule de Gaspé, dans la province de Québec, les graines de sapin germent sous de denses peuplements âgés de 20 à 45 ans, mais ne survivent pas plus d'un an ou deux.

Croissance des semis

On rapporte que les semis de sapin ont tendance, par nature, à croître lentement durant les cinq ou six premières années, même en pleine lumière (Zon, 1914). Roe (1950) affirme que la première croissance des semis est lente à découvert, atteignant environ un pied ou même moins en sept ans. Dans le nord-est des États-Unis, les semis de sapin atteignent un pied de hauteur et une hauteur de 4 pieds $\frac{1}{2}$ dans à peu près le même temps que prennent deux essences associées communes, l'épinette blanche, *Picea glauca* (Moench) Voss, et l'épinette rouge, *P. rubens* Sarg. (Meyer, 1929).

Les semis de sapin peuvent survivre à de longues périodes de suppression, allant même jusqu'à 50 années ou plus (McGraw, 1948; Morris, 1948; Roe, 1950; Webb, 1957; Ghent, 1958). Quand ils sont dégagés, ces semis atteignent rapidement un taux de croissance comparable à celui des semis non étouffés. Heikkinen (1957) est d'avis que le rythme de reprise peut être fonction de la durée des

périodes de suppression. Selon Ellis (1958), le temps que mettent les semis préexistants de sapin à montrer une augmentation de croissance en hauteur après l'exploitation, dépend de leur âge et de leur hauteur au moment de la coupe. Cette dépendance existe aussi dans le cas de l'épinette rouge (Westveld, 1931).

On n'a entrepris que très peu de recherches sur les peuplements d'épinette et de sapin d'un âge ou d'une densité donnés, afin de déterminer la quantité, la qualité ou la distribution en hauteur des semis préexistants nécessaires à assurer un peuplement dense et uniforme. Johnson (1953) préconise les coupes progressives comme moyen d'obtenir un stock minimum de 500 semis uniformément répartis à l'acre. Il affirme qu'au moment de la coupe finale les semis doivent mesurer au moins un pied de hauteur dans les stations riches et quatre pieds dans les stations médiocres. Webb (1957) a noté qu'au début de la détérioration de peuplements de sapins mûrs en Gaspésie, les semis de sapin qui ne survivaient auparavant que quelques années, deviennent des gaulis et remplacent peu à peu l'ancien peuplement. A l'âge de 60 ans, il y a assez de semis pour donner des peuplements denses et uniformes.

Westveld (1928) a constaté que des amas denses de déchets d'abattage de résineux empêchaient l'établissement des semis durant une période de 15 à 20 ans. Au Nouveau-Brunswick, seules les conditions rencontrées au centre des tas de déchets d'abattage étaient défavorables à la régénération durant une période de 15 ans (Vincent, 1956). En Gaspésie, les déchets des opérations de coupe effectuées dans le bassin de la rivière Causapsal s'étaient désagrégés après seulement 8 ans (Morais, 1956). La rapidité de cette désagrégation est attribuée à ce que le climat y est plus humide.

Vincent (1956) a découvert que l'étouffement par les déchets d'abattage constituait un facteur négligeable de la mortalité des semis, mais que des tiges se cassaient sous le poids de ces déchets. Il a aussi constaté que, dans les peuplements de résineux, les framboisiers envahissaient rapidement le terrain après la coupe, étouffaient les faibles semis préexistants et retardaient la régénération, mais qu'ils n'étouffaient que les semis qu'ils dépassaient en hauteur.

Densité des jeunes peuplements

Les jeunes peuplements de sapin qui apparaissent après des opérations de coupe, sont souvent assez denses. Cinq ans après une opération commerciale de coupe rase effectuée dans l'État du Minnesota, il y avait 28,850 semis à l'acre, dont 7,650 d'au moins un pied de hauteur (Roe, 1957). Selon un rapport de Webb (1958), quatre ans après une coupe rase effectuée en Gaspésie, il y avait 9,500 semis de sapin à l'acre, mesurant jusqu'à 0.6 pouce de diamètre à hauteur de poitrine. Au Nouveau-Brunswick, on trouva de 3,600 à 6,800 semis à l'acre juste après une coupe rase, et jusqu'à 32,000 à l'acre après des coupes progressives (Vincent, 1956). Deux ans après une coupe rase effectuée dans le riche type de station composé d'épinette, de sapin et de bouleau à papier dans le Québec, il y avait 8,000 semis à l'acre (Smithers, 1948). Les données recueillies lors d'un inventaire de reproduction effectué dans l'est du Canada

(Candy, 1951) ont aussi démontré qu'il y a généralement une régénération plus que suffisante après une coupe. Bien que la *mortalité* des semis préexistants puisse être élevée par suite des dégâts dus à l'exploitation et par suite de la concurrence consécutive des déchets d'abattage et des broussailles denses, le sapin survit en assez grand nombre pour assurer des peuplements bien fournis.

Dans les peuplements de gaulis, la stagnation ne constitue pas un problème, même si l'on reconnaît généralement que la mortalité est élevée dans les peuplements denses de gaulis âgés de 40 à 60 ans.

DESCRIPTION DE LA RÉGION FORESTIÈRE

La région étudiée occupe une superficie d'environ cinq milles carrés et se trouve dans la section B-1 de la région boréale, à environ 40 milles au nord de la ville de Québec, à la latitude de 47° 20' N. A l'exception d'environ 150 acres, elle se trouve à l'ouest de la rivière Montmorency et comprend une grande partie des bassins hydrographiques de deux petites rivières tributaires.

On y trouve des variations importantes de topographie, des tourbières plates et basses aux escarpements élevés. Cependant, la majeure partie de la région consiste en pentes longues qui montent de la rivière Montmorency et de ses tributaires jusqu'aux bassins hydrographiques qui constituent les limites de la région (figure 1). L'élévation au-dessus du niveau de la mer varie des environs de 2,400 pieds à 3,100 pieds.



Figure 1. Topographie en pentes douces, caractéristique de la vallée de la rivière Montmorency.

Le sol recouvrant le granite précambrien à mi-pente et au bas des pentes est ordinairement un till limoneux assez profond et bien drainé. Le sol contient beaucoup de cailloux et de blocaux, même si la surface est habituellement sans roche. La roche mère des falaises et des crêtes abruptes n'est recouverte que par une mince couche d'humus et de sol minéral.

Dans cette région règne un climat rigoureux. D'après Villeneuve (1946), le parc des Laurentides dans lequel est située cette région, possède une des plus courtes saisons de croissance (de 60 à 90 jours) des régions habitées du Québec. Dans la région du bassin de la rivière à l'Épaule, la saison moyenne de croissance est de 80 jours (Tremblay, 1954). La région a une forte précipitation annuelle, entre 32 et 56 pouces, et le parc est reconnu comme une région où l'évaporation est prononcée en été à cause des grands vents. La température moyenne des quatre mois les plus chauds varie de 54 à 58 degrés F et la précipitation mensuelle moyenne de l'été est de 4 à 7 pouces.

Les types de station mentionnés ci-dessous ont été décrits par Linteau (1955). Seulement quatre des neuf types de station identifiés dans la région étaient assez bien représentés par l'échantillonnage des placettes linéaires pour permettre l'analyse. Ces quatre types de stations sont les suivants: le type *Dryopteris-Oxalis*, classe de fertilité I; les types *Hylocomium-Oxalis* et *Hypnum-Cornus*, classe de fertilité II; et le type *Sphagnum-Cornus*, de la classe de fertilité III. Le type *Sphagnum-Cornus* est censé comprendre des superficies d'autres types de station où le tapis végétal a subi un changement complet par suite d'une hausse de la nappe d'eau après une coupe.

Il n'y a que quatre essences d'importance commerciale. Ce sont: l'épinette blanche, l'épinette noire, *Picea mariana* (Mill.) BSP, le sapin baumier et le bouleau à papier, *Betula papyrifera* Marsh. On y rencontre aussi, mais en petits nombres, du peuplier faux-tremble, *Populus tremuloides* Michx., du mélèze laricin, *Larix laricina* (Du Roi) K. Koch, et du cerisier de Pennsylvanie, *Prunus pensylvanica* L.f.

La forêt était considérée comme forêt vierge et inéquienne dans la proportion de soixante-dix pour cent, au moment de la coupe. La structure inéquienne de la forêt était probablement attribuable au dépérissement inégal et progressif de l'ancienne forêt. L'âge des sapins du peuplement principal variait de 50 à 100 ans, la plupart des arbres ayant de 60 à 90 ans. Les épinettes étaient plus âgées, soit de 50 à 200 ans, avec une moyenne de 100 ans. Environ le quart de la forêt originale était classifié comme étant consécutif à un feu et était âgé d'environ 80 ans. En 1958, cette région contenait d'assez nombreux bouleaux à papier, ce qui signifie que le peuplement avait subi des perturbations. Par contre, un examen soigné du sol n'avait pas révélé la moindre trace de particules de carbone. Il n'y avait donc pas moyen de distinguer cette dernière superficie de la forêt vierge inéquienne d'après les traces de perturbation. Ces deux aires, de même que les 5 p. 100 restants dont l'origine remonte à un chablis, se ressemblaient beaucoup pour ce qui est de leur évolution après la coupe. Toutes ces aires ont subi une coupe rase et les gros bouleaux à papier restants dépérissent rapidement.

La coupe commerciale à blanc, effectuée de 1941 à 1944, était caractéristique de ce système de récolte pratiqué dans le Québec. Cette coupe n'a laissé debout que très peu de bois ayant une valeur commerciale (figures 2 et 3). Un prélèvement de 87 à 94 p. 100 du volume total des épinettes et des sapins de 4 pouces

et plus de diamètre à hauteur de poitrine a été effectué dans les peuplements qui contenaient jusque-là de 1,900 à 3,000 pieds cubes à l'acre. Le pourcentage d'épinette variait de 27 à 63 p. 100 du total selon le type de station. Le volume de bouleau à papier variait de 20 à 600 pieds cubes à l'acre, et on en avait coupé de petites quantités dans le voisinage des camps pour s'en servir comme bois de chauffage.

MÉTHODE D'ÉTUDE

On a établi en 1948 un quadrillé de 10 chaînes comprenant 286 places linéaires permanentes d'un dixième d'acre chacune (soit de 66 pieds carrés). On y a enregistré les données suivantes: (1) tous les arbres de 0.6 pouce ou plus de diamètre à hauteur de poitrine ont été dénombrés par essence et par classe de diamètre à échelon d'un pouce; on a fait un second mesurage des arbres ayant des défauts apparents; (2) on a mesuré et dénombré les souches par essence et par classe de diamètre à échelon d'un pouce; (3) on a dénombré par essence et par classe de diamètre les arbres morts depuis la coupe; (4) à chaque place, le dénombrement a été effectué sur des quadrats de 20 milacres; les essences ont été dénombrées séparément et en six classes de grosseur; (5) on a effectué des mesurages de hauteur/diamètre afin de dresser des tables de volume d'intérêt local; (6) on a enregistré une description générale des places, y compris des notes sur le tapis végétal et les éricacées, sur la topographie, sur le drainage, sur l'origine des places et sur les perturbations subies depuis leur origine.



Figure 2. Pente basse couverte d'arbustes, surtout de framboisiers, quatre ans après une coupe rase.

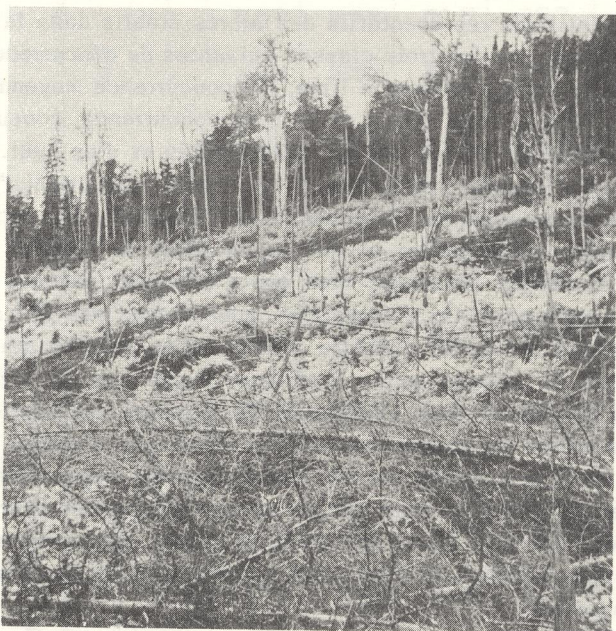


Figure 3. Framboisiers denses sur chemins de travaux espacés de 40 à 50 pieds, alternant avec des amas denses de déchets d'abattage dans des ondains, quatre ans après une coupe rase.

En 1958, on a de nouveau soumis les places à des mesurages et effectué une étude complémentaire de l'origine et de la croissance en hauteur des semis et des gaulis de sapin. On a effectué sur un quadrat d'un milacre à chaque place un décompte de toutes les épinettes, de tous les sapins et de tous les bouleaux à papier de moins de 0.6 pouce de diamètre à hauteur de poitrine.

On a classé 189 places en divers types de station selon la classification de Linteau; de ce nombre, 156 appartenaient aux quatre types de station comprenant un nombre suffisant de places pour se prêter à l'analyse.

On a préparé, pour les différents types, des tables de peuplement avant et après la coupe (1941), d'après les pointages de 1948 des arbres vivants, des arbres morts et des souches. L'état du peuplement en 1948 constituait, avec les arbres morts, le peuplement après la coupe. On a évalué le peuplement avant la coupe en ajoutant le nombre des souches. Le fait de ne pas avoir tenu compte de la croissance ou des recrûs pour la période de 1941-1948 constitue une source d'erreur dans les tables de 1941. Cependant, la croissance des arbres fut plutôt lente durant cette période. Les petits semis subissaient une forte concurrence de la part d'une dense venue de framboisiers, tandis que les gaulis restants, plus élancés, ne faisaient que surmonter leur suppression antérieure. Par conséquent, les tables de 1941 semblent présenter des chiffres un peu plus élevés que le nombre réel des arbres avant et après la coupe.

On a choisi des arbres situés en dehors mais tout près de la place d'essai, pour l'étude de l'origine et de la croissance. Le choix fut effectué de façon à

inclure des échantillons représentatifs des arbres établis dans la place. Chaque arbre fut classé dans une des trois classes suivantes de concurrence: (1) absence de concurrence de cime, croissance libre; (2) concurrence moyenne, concurrence de cime sur un, deux ou trois côtés; et (3) forte concurrence, concurrence de cime sur les quatre côtés ou encore sur les quatre côtés et d'en haut. Il est entendu que les classes "aucune concurrence" et "forte concurrence" ne sont pas nécessairement synonymes de "dominant" et "étouffé". Un petit gaulis qui a beaucoup d'espace pour croître et qui reçoit toute la lumière possible, était classé comme croissant librement, bien que n'occupant pas une position dominante dans le peuplement. On a enregistré, pour chacun des 373 sapins étudiés, les renseignements suivants: diamètre à hauteur de poitrine, hauteur totale en 1958, et hauteur de chaque année antérieure aussi loin en arrière qu'il était possible de la déterminer avec exactitude. On a coupé des sections d'un pouce d'épaisseur au collet de chaque échantillon, ainsi que d'autres sections à une hauteur de un et de trois pieds sur 112 et 145 sapins, respectivement. A chaque place, on a recueilli une ou deux autres sections de collet pour fins de calcul d'âge. Toutes ces sections furent apportées au bureau pour examen au microscope binoculaire et détermination de l'âge total, ainsi que du nombre d'années écoulées depuis le dégageement.

RÉSULTATS

Les résultats sont traités sous les trois sous-titres suivants: (1) évolution des peuplements, (2) origine de la forêt actuelle de sapin et (3) croissance en hauteur du sapin.

Sous le premier sous-titre, on a décrit la première croissance des forêts en fonction du nombre d'arbres à l'acre. Les données résumées des tables de peuplement sont classées selon quatre types forestiers et sont réparties entre les trois espèces présentes.

Les données expliquées sous les deuxième et troisième sous-titres ont trait à l'origine et à la première croissance de l'espèce dominante, à savoir le sapin baumier.

Évolution des peuplements

Entre le moment de la coupe et 1948, la forêt s'est remise lentement de la perturbation due à la coupe. En 1948, il n'y avait pas d'indications nettes de la densité subséquente du peuplement (tableau 1), même si le relevé de reproduction indiquait qu'environ 90 p. 100 des quadrats étaient peuplés de sapins (tableau 2). Une dense venue de framboisier, *Rubus idaeus* L., a envahi presque toute la surface de coupe (figure 2) et a recouvert la plupart des semis de reproduction. Il y avait encore beaucoup de tas de déchets d'abattage (figure 3). Le petit nombre d'arbres épargnés des classes de diamètre plus gros a été bien réduit par le vent qui en a fait périr une bonne partie. Les arbres résiduels qui avaient résisté au vent, avaient ordinairement une forme médiocre, la cime coupée, étaient atteints de carie, et présentaient des fissures ou d'autres défauts visibles.

Tableau 1 - Résumé des tables de peuplement - Nombre d'arbres par acre

Type de station	Essences	1941 avant la coupe						1941 après la coupe						1948						1958					
		Groupes de diamètres, en pouces						Groupes de diamètres, en pouces						Groupes de diamètres, en pouces						Groupes de diamètres, en pouces					
		1-3	4-6	7-9	10+	1-3	4-6	7-9	10+	1-3	4-6	7-9	10+	1-3	4-6	7-9	10+	1-3	4-6	7-9	10+				
Dryopteris-Oxalis (69 places)	Sapin baumier.....	315	195	53	17	304	68	3	1	261	55	2	*	2,044	101	12	1								
	Épinette.....	9	9	11	14	9	3	1	*	8	2	*	*	53	6	1	*								
	Bouveau à papier.....	55	78	15	13	51	66	12	11	30	55	11	6	574	34	9	3								
Hylocomium-Oxalis (46 places)	Sapin baumier.....	737	212	54	15	727	113	5	*	669	103	4	*	1,934	199	11	1								
	Épinette.....	38	21	14	20	37	10	1	1	34	10	1	1	112	14	2	*								
	Bouveau à papier.....	42	44	8	15	40	42	7	14	32	37	5	6	318	27	5	2								
Hypnum-Cornus (24 places)	Sapin baumier.....	276	187	65	13	288	52	1	0	182	30	*	0	2,225	54	8	0								
	Épinette.....	45	80	46	25	39	10	1	0	24	6	0	0	140	3	*	0								
	Bouveau à papier.....	63	53	7	4	59	48	5	3	38	41	2	2	125	16	2	0								
Sphagnum-Cornus (17 places)	Sapin baumier.....	370	143	46	6	354	54	3	0	299	44	2	0	1,802	72	6	0								
	Épinette.....	104	88	48	15	97	14	1	0	71	11	1	0	328	25	0	0								
	Bouveau à papier.....	20	11	2	2	20	11	2	2	16	6	0	1	112	1	0	0								

*moins de 0.5 pouce d.h.p.

Tableau 2 – Proportion de quadrats boisés en 1948 en comparaison du nombre de sujets à l'acre en 1958, de 1 an jusqu'à la hauteur de 3.5 pouces d.h.p.

TYPE FORESTIER

Essence	Dryopteris-Oxalis	Hylocomium-Oxalis	Hypnum-Cornus	Sphagnum-Cornus
<i>Sapin baumier</i>				
Nombre de sujets par acre en 1958				
moins de 0.6 pouce d.h.p.*	5,840	7,670	13,400	8,440
de 0.6 à 3.5 pouces d.h.p.**	2,040	1,930	2,220	1,800
Total	7,880	9,600	15,620	10,240
proportion de quadrats boisés, en 1948	87	89	92	93
<i>Épinette</i>				
Nombre de sujets par acre en 1958				
moins de 0.6 pouce d.h.p.	205	326	541	562
de 0.6 à 3.5 pouces d.h.p.	53	112	140	328
Total	258	438	681	890
proportion de quadrats boisés, en 1948	10	20	28	39
<i>Bouleau à papier</i>				
Nombre de sujets par acre en 1958				
moins de 0.6 pouce d.h.p.	1,630	2,060	2,620	1,560
de 0.6 à 3.5 pouces d.h.p.	574	318	125	112
Total	2,204	2,378	2,745	1,672
proportion de quadrats boisés, en 1948	24	13	18	17

*Données provenant de dénombrements dans des places d'essai divisées en milacres.

**Données provenant du dénombrement selon des lignes d'inventaire avec places échantillons.

En 1958, la forêt avait une toute autre apparence (figures 4 et 5). Le sapin avait pris le dessus sur le framboisier qui avait presque complètement disparu. Il n'y avait plus que des traces de déchets d'abattage. Le peuplement était dense, sauf dans quelques petites clairières situées dans les stations médiocres. La hauteur moyenne des gaulis d'épinette et de sapin variait de 8 à 12 pieds selon les stations. Dans les stations riches, le bouleau à papier était étroitement associé au sapin et, à certains endroits, presque aussi dense. La croissance du bouleau à papier a cependant été très retardée par l'abroustissement très considérable de la part de l'original, *Alces alces* (Clinton), qui est un animal protégé dans cette région.

La mortalité initiale du sapin et de l'épinette résiduels après la coupe était élevée, mais elle s'est abaissée d'une façon appréciable après 1948, alors qu'il ne restait que très peu de survivants. La mortalité du bouleau à papier est demeurée élevée après 1948 et est attribuée au dépérissement. Les quelques arbres résiduels de plus de 4 pouces d.h.p. encore en vie ont une valeur jugée négligeable en tant que récolte possible ou en tant que semenciers. Il n'y a eu que très peu de mortalité dans le nouveau peuplement, même parmi les sujets étouffés de faible hauteur.

La pourriture de souche est un facteur important dans la sylviculture du sapin. On n'a constaté que très peu de pourriture chez les semis et les gaulis dont il est ici question.

Les données résumées au tableau 1 illustrent la croissance de la forêt, exprimée en fonction du nombre de sujets d'un pouce d.h.p. ou plus à l'acre, mais les données de 1958 ne donnent pas une idée complète de la densité de peuplement. Le tableau 2 indique le nombre de semis (de moins de 0.6 pouce d.h.p.) et de gaulis (de 0.6 à 3.5 pouces d.h.p.) en 1958, ainsi que la proportion des quadrats peuplés en 1948. Il existe un rapport direct entre le pourcentage de la superficie peuplée en 1948 et le nombre de sujets en 1958 dans le cas de l'épinette, mais non dans le cas du sapin ni du bouleau à papier.

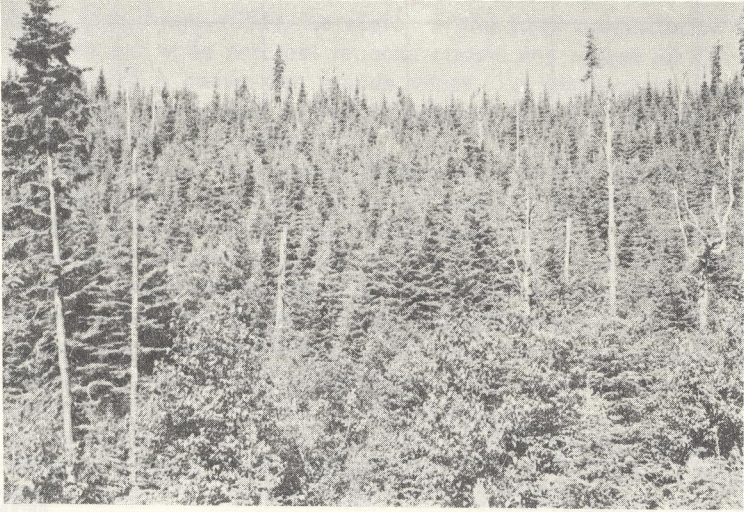


Figure 4. Quatorze ans après une coupe rase, le sapin a triomphé de l'étouffement des éricacées. Noter ici et là de grosses épinettes blanches résiduelles.



Figure 5. Le type de station *Hylocomium-Oxalis* portant, 15 ans après la coupe, toutes les grosseurs de semis préexistants de sapin, de 2 à 15 pieds et plus de hauteur.

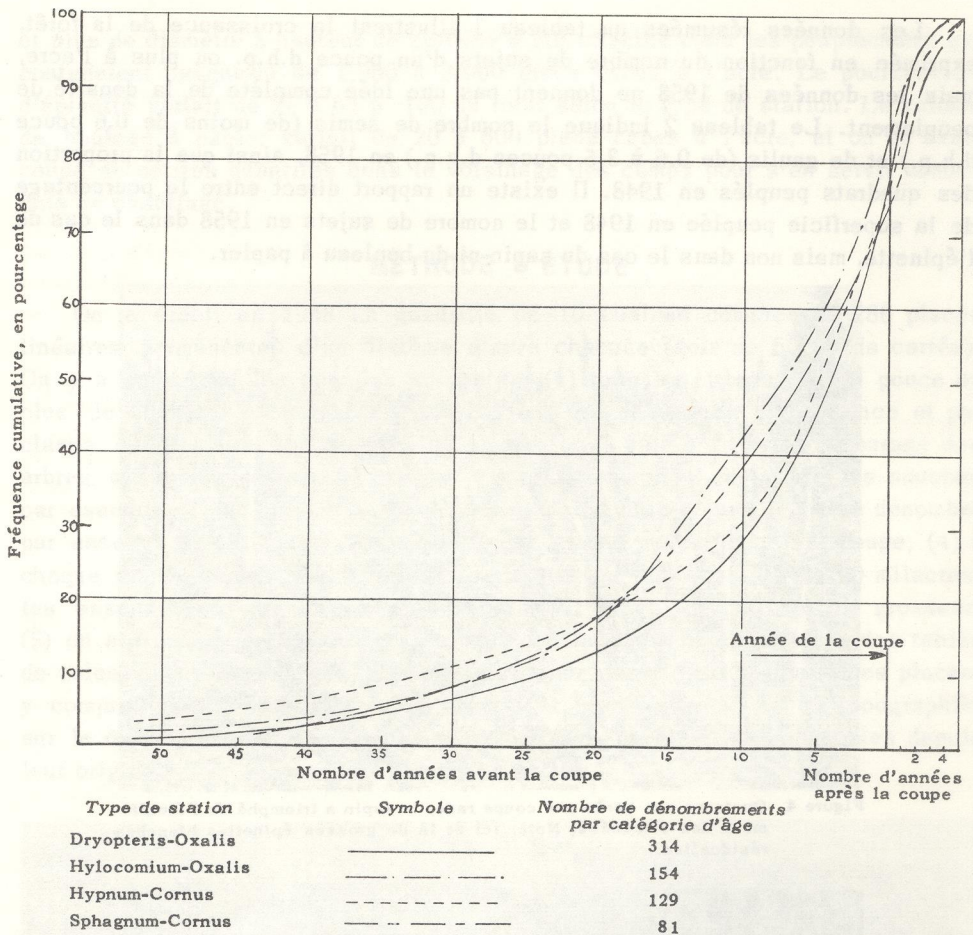


Figure 6. Pourcentage accumulé du peuplement actuel de sapin établi aux nombres indiqués d'années avant et après la coupe.

Origine de la forêt actuelle de sapin baumier

C'est un fait généralement admis qu'une forte proportion du sapin provient de la régénération préétablie. La figure 6 donne les résultats de 678 déterminations de l'âge des sapins dont la taille variait de 1 à 3.5 pouces d.h.p. La proportion des sapins établis 15 et 10 ans avant la coupe, ainsi qu'au moment de la coupe, était d'environ 20 à 30, 30 à 40 et 75 à 85 p. 100, respectivement. Les variations d'un type de station à un autre étaient contradictoires et assez minimes. Dans des études effectuées à la rivière Verte, au Nouveau-Brunswick, Vincent (1956) a constaté que, dans un endroit soumis à une coupe rase 16 ans auparavant, le pourcentage du sapin provenant de régénération préétablie pouvait s'élever jusqu'à 92 p. 100. Walton (1949) rapporte que l'origine de 96 p. 100 des épinettes et des sapins remontait avant la coupe dans des aires exploitées entre 1924 et 1949 dans la région du Saguenay, dans la province de Québec. Smithers (1948) a noté qu'environ 80 p. 100 de la régénération de sapin étaient constitués

de semis préexistants dans des aires exploitées près de Forestville, dans la province de Québec. Ces études ont été effectuées dans des peuplements où l'âge avant la coupe et la structure du peuplement étaient semblables à ceux des peuplements le long de la rivière Montmorency.

La majeure partie de la régénération s'est établie au cours des vingt années précédant les opérations d'exploitation, mais une partie de la forêt de sapin provenait d'une accumulation de semis remontant à 50 ans auparavant. Les arbres plus vieux sont peut-être ceux qui ont pris naissance peu après le début de la production de graines et qui ont occupé les "niches de semis" mentionnées par Ghent (1958). Aucun des arbres échantillonnés n'avait pris naissance plus de 5 ans après la coupe. Au cours de l'étude, on n'a pas observé de marcottage de sapin.

De petits bosquets épars de sapins âgés de 30 à 40 ans croissant parmi les restes entremêlés du peuplement mère démontrent que la forêt avait commencé à se détériorer avant la coupe. Dans le reste de la superficie, le dépérissement du peuplement fut moins prononcé, mais suffisant à ouvrir la voûte foliacée et à assurer la survivance des semis déjà établis. Dans 40 p. 100 des sections de collet examinées du point de vue de l'effet du dégagement, on a constaté un plus fort accroissement en diamètre avant la coupe, autre indication que l'ancienne forêt avait commencé à se détériorer.

La majeure partie des semis préexistants n'étaient pas très hauts au moment de la coupe, de 78 à 90 p. 100 ayant moins de 2 pieds de hauteur (tableau 3). La coupe fut suivie d'une augmentation immédiate de l'accroissement en diamètre; environ 95 p. 100 avaient commencé, deux ans plus tard, à produire de plus larges cercles de croissance au niveau du sol.

Tableau 3. Pourcentage actuel de gaulls de sapin (de 0.6 à 3.5 pouces d.h.p.) qui existaient au moment de la coupe

Catégorie de hauteur au moment de la coupe	Dryopteris-Oxalis	Hylocomium-Oxalis	Hypnum-Cornus	Sphagnum-Cornus
0.5 pied ou moins	56	46	37	47
0.6 à 1 pied	18	19	29	27
1.1 à 2 pieds	13	13	24	13
Total	87	78	90	87

Ces pourcentages sont un peu faibles parce qu'il n'était pas possible de mesurer la hauteur de plusieurs échantillons avant 1946 ou 1947. Un arbre qui mesurait 1.5 pied en 1946 était considéré comme ayant moins de 2 pieds de hauteur au moment de la coupe, alors qu'en toute probabilité il n'avait même pas 1 pied de hauteur. Par suite, il serait raisonnable de croire qu'environ la moitié du peuplement actuel avait moins de 6 pouces de hauteur au moment du dégagement.

Croissance en hauteur du sapin baumier

Le nombre d'années nécessaires pour que les semis préexistants atteignent une hauteur de un pied et de trois pieds, respectivement, était le double du nombre d'années nécessaires pour que les semis établis après la coupe en fissent autant (tableau 4).

Tableau 4. Nombre moyen d'années nécessaires pour que les semis de sapin baumier atteignent un et trois pieds de hauteur

Établissement des semis	Hauteur au-dessus du sol	Nombre d'années	
		Classe de fertilité I* Dryopteris-Oxalis	Classe de fertilité II Hylocomium-Oxalis Hypnum-Cornus
Après la coupe	1 pied	4.8 (12)**	4.6 (12)
	3 pieds	7.4 (34)	7.6 (14)
Avant la coupe	1 pied	9.8 (35)	12.4 (42)
	3 pieds	14.2 (50)	17.8 (33)

*Classe de fertilité III, type Sphagnum-Cornus omis par suite de données insuffisantes.

**Nombre d'échantillons.

Zon (1914) a fait mention de semis de sapin en pleine lumière, qui ont atteint une hauteur d'un pied en cinq ans et une hauteur de trois pieds en neuf ans, et a considéré ce rythme de croissance comme lent. Il a déclaré que la lenteur de la croissance initiale est une caractéristique inhérente à l'espèce. Roe (1950) considère lui aussi que le sapin croît lentement au début et a affirmé que, dans l'État de Michigan, des semis âgés de sept ans atteignent une hauteur de seulement six pouces à un pied lorsqu'ils sont à découvert. Il est entendu que la croissance est dite *lente* par rapport à celle d'autres résineux, surtout de ceux qui sont associés au sapin dans des peuplements mêlés. Meyer (1929) déclare cependant que le nombre moyen d'années requis pour que l'épinette rouge, l'épinette blanche et le sapin atteignent la hauteur d'un pied en pleine lumière dans le nord-est des États-Unis est presque le même, soit 6.9, 6.2 et 6.9 années,

Tableau 5. Moyenne annuelle de croissance en hauteur du sapin baumier, exprimée en pieds, 1950-1957, par catégorie d'arbres et par catégorie de hauteur en 1957.

Type de station	Classification d'arbres particuliers	Hauteur en 1957 (en pieds)				
		0.6-6.5'	6.6-12.5'	12.6-18.5'	18.6-24.5'	0.6-24.5'
Dryopteris-Oxalis ...	Croissance libre .....	.4 (5)*	.9 (18)	1.3 (34)	1.4 (10)	1.1 (67)
	Concurrence moyenne .....	.4 (7)	.9 (62)	1.1 (15)	1.1 (1)	.9 (85)
	Forte concurrence .....	.4 (18)	.8 (16)	1.2 (3)		.6 (37)
Hylocomium-Oxalis ..	Croissance libre .....	.4 (4)	.9 (8)	1.0 (4)	1.1 (2)	.8 (18)
	Concurrence moyenne .....	.5 (10)	.7 (24)	1.2 (2)		.7 (36)
	Forte concurrence .....	.4 (6)	.6 (5)	.6 (1)	.7 (1)	.5 (13)
Hypnum-Cornus	Croissance libre .....	.6 (2)	.8 (18)	1.0 (8)		.9 (28)
	Concurrence moyenne .....	.5 (8)	.8 (25)	1.4 (1)		.7 (34)
	Forte concurrence .....	.3 (9)	.6 (1)			.4 (10)
Sphagnum-Cornus	Croissance libre .....	.5 (7)	.7 (6)	1.2 (9)		.8 (22)
	Concurrence moyenne .....	.5 (2)	.7 (14)	1.1 (4)		.8 (20)
	Forte concurrence .....	.4 (3)				.4 (3)

*Nombre d'arbres indiqué entre parenthèses.

respectivement. Apparemment, en pleine lumière, le sapin croît à un rythme comparable à celui des épinettes auxquelles il est associé.

Comme on pourrait s'y attendre, la position des divers arbres au point de vue concurrence influe sur leur croissance en hauteur (tableau 5), les sujets qui subissent la plus forte concurrence étant ceux dont la croissance est la plus faible. Il est aussi évident que les semis ont conservé ou augmenté leur avantage initial de hauteur (tableau 6).

Tableau 6. Hauteur moyenne du sapin baumier en 1957 par rapport à celle de 1946

Type de station*	Nombre d'échantillons	1946 Catégorie de hauteur (en pieds)	1957 Hauteur moyenne (en pieds)
Dryopteris-Oxalis.....	15	0.1-0.5	8.0
	43	0.6-1.5	10.2
	23	1.6-2.5	13.3
Hylocomium-Oxalis.....	10	0.1-0.5	6.2
	11	0.6-1.5	7.9
	10	1.6-2.5	9.6
Hypnum-Cornus.....	9	0.1-0.5	6.9
	15	0.6-1.5	10.0
	13	1.6-2.5	11.1

*Le type Sphagnum-Cornus a été omis par suite de données insuffisantes.

Tableau 7. Croissance annuelle moyenne en hauteur du sapin baumier, exprimée en pieds, 1950-1957

Catégorie de hauteur en 1957	Nombre d'années de suppression	Dryopteris-Oxalis	Hylocomium-Oxalis	Hypnum-Cornus	Sphagnum-Cornus
2.6 à 10.5 pieds	néant	.9 (22)*	.7 (10)	.7 (13)	.7 (6)
	1 à 5 années	.8 (32)	.7 (12)	.8 (9)	.6 (5)
	6 à 10 années	.7 (8)	.7 (7)	.7 (7)	.6 (5)
	11 à 20 années	.8 (4)	.6 (7)	.7 (6)	.5 (5)
	plus de 20 ans	**	**	.7 (4)	**
10.6 pieds et plus	néant	1.1 (6)	**	**	**
	1 à 5 années	1.2 (14)	**	1.1 (5)	1.1 (4)
	6 à 10 années	1.2 (17)	**	1.0 (4)	1.1 (3)
	11 à 20 années	1.2 (17)	1.1 (6)	1.1 (4)	1.2 (5)
	plus de 20 ans***	1.2 (28)	.9 (8)	.9 (8)	1.0 (6)

*Nombre d'arbres; multiplier par 8 pour obtenir le nombre de mesurages de croissance en hauteur.

**Données insuffisantes.

***Âge moyen de 50 échantillons de tous types: 50 ans.

La différence en hauteur entre les arbres les moins hauts et les plus hauts a augmenté de 1946 à 1958. Dans le cas du type Dryopteris-Oxalis, la différence initiale en hauteur, qui était de 1.5 à 2 pieds, a augmenté à plus de 5 pieds en onze ans.

Des semis étouffés atteignent vite, une fois dégagés, un taux de croissance comparable à celui des nouveaux semis. Ce fait est confirmé par le tableau 7 qui nous montre la minime différence des taux de croissance des semis étouffés durant des périodes de temps diverses. Les résultats ne réussissent pas à montrer d'une façon concluante si le taux de croissance après dégagement est ou n'est pas fonction de la durée de la suppression.

La figure 7 donne le rapport hauteur/diamètre pour les sapins jusqu'à 3 pouces d.h.p. Les différences entre les types de station sont évidentes pour les arbres de plus de 1 pouce d.h.p.

Dans sa "Classification des stations forestières de la section des conifères du nord-est, région forestière boréale du Québec", Linteau (1955) a donné l'indice de fertilité pour ces types forestiers et pour d'autres aussi dans des peuplements de plus de 25 ans. La tendance vers des différences de croissance en hauteur selon les types de station apparaît déjà au stade des gaulis, et la position des courbes devrait être telle qu'on la prévoit.

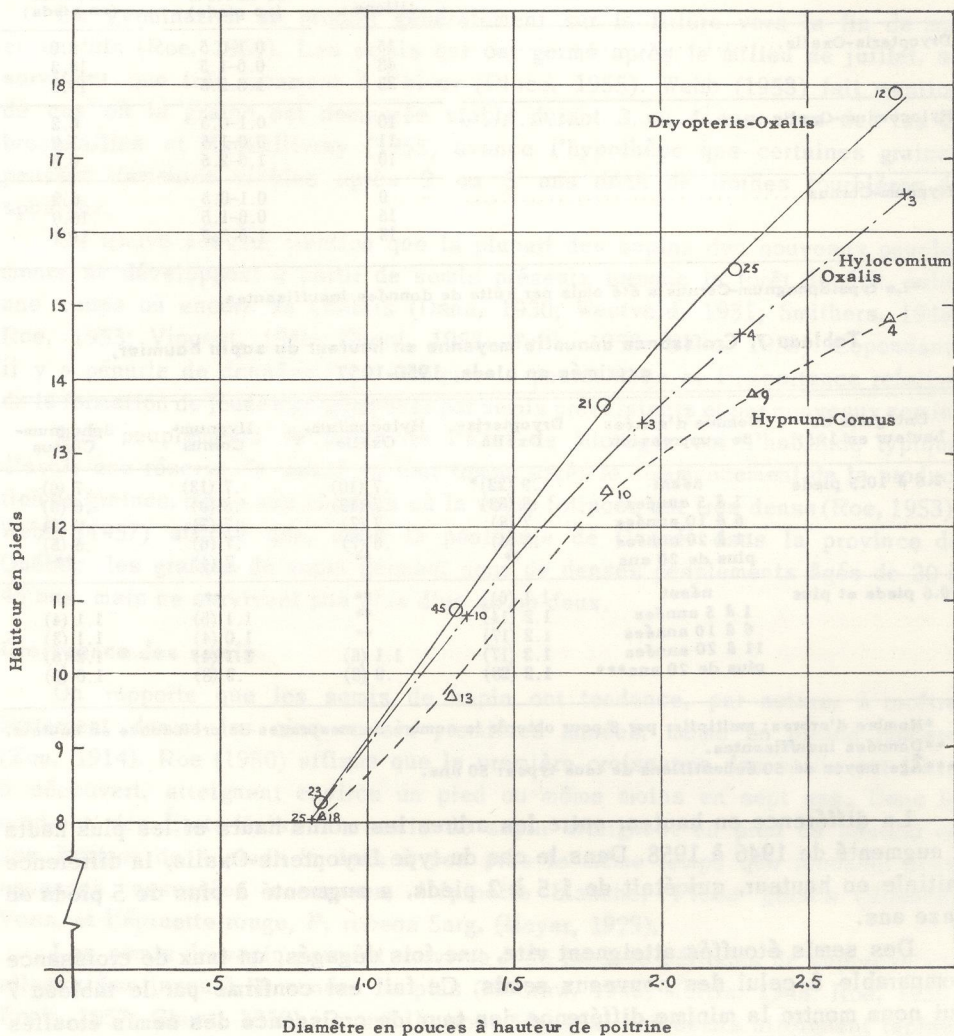


Figure 7. Courbes de hauteur/diamètre du sapin baumier.

CONCLUSIONS

Le repeuplement rapide et satisfaisant de la forêt au moyen d'espèces ayant une valeur commerciale, surtout le sapin, démontre que la coupe rase est une méthode acceptable de récolte pour ce genre de forêt. Cependant, le pourcentage élevé de sapins dans le nouveau peuplement constitue un désavantage sérieux, car ces peuplements deviennent par le fait même très exposés aux méfaits de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Choristoneura fumiferana* (Clem.).

Il n'y a pas de raison de croire qu'une plus forte proportion d'épinettes que de sapins puissent survivre jusqu'à 60 ou 80 ans. Par conséquent, l'épinette ne constituera probablement pas, au moment de la récolte, une aussi forte proportion du peuplement qu'en 1941-1944, si l'aménagement de la forêt se fait suivant une rotation de 90 années ou moins. Le bouleau à papier, non touché par le dépérissement à son stade actuel de croissance, est presque assuré de former des peuplements de bois mêlés en association avec l'épinette et le sapin, dans les stations plus riches.

Le sapin est une essence qui se reproduit par accumulation progressive de semis pendant plusieurs années. Une fois que la production de graines a débuté, il en germe chaque année et certains semis survivent longtemps à l'état de sujets étouffés. La voûte foliacée retarde la croissance des semis jusqu'à ce que le peuplement mère commence à dépérir ou bien soit abattu.

Pour que soit assurée une régénération suffisante, la grosseur des semis au moment de la coupe est sans importance. De petits semis ont pu triompher de l'influence inhibitrice de la concurrence des éricacées et de la présence de déchets d'abattage. Dans une forêt où survivent de nombreux semis de ce genre, le fait que les éricacées et les déchets d'abattage peuvent empêcher l'établissement de nouveaux semis, n'a pas une trop grande importance. Les nouveaux semis jouent cependant un rôle important qui consiste à remplir, dans les peuplements, les vides où il n'y a pas de régénération préétablie.

La croissance est fonction d'espace vital et aussi de lumière. Les semis préexistants, étant plus avancés, percent à travers les framboisiers qui les dépassent et à travers les déchets d'abattage plus rapidement que les plus petits semis et assument une position dominante dans le peuplement en voie de formation. Cependant, la proportion de semis préexistants qui assume cette dominance, est faible.

Dans les conditions économiques actuelles, il est peu probable qu'on puisse éclaircir ou traiter autrement plusieurs milliers d'acres de recrû de forêt de sapin dans le Québec avant la prochaine récolte. A 50 ou 60 ans, ces forêts (1) seront très exposées aux méfaits de la tordeuse des bourgeons de l'épinette et (2) souffriront d'une forte mortalité par suite de leur densité excessive. Si on leur faisait subir une coupe rase à cet âge-là plutôt qu'à 70 ou 80 ans, la période de forte exposition à la tordeuse des bourgeons de l'épinette serait réduite de 20 à 30 ans et on éviterait ainsi des pertes considérables dues à la mortalité et à un surcroît de pourriture de souche.

La coupe rase des peuplements de sapin de 50 à 60 ans soulève la question de savoir si oui ou non il y a, à ce stade, suffisamment de semis préexistants

pour assurer des peuplements pleins. L'application des pourcentages donnés à la figure 6 au peuplement de gaulis en 1958 (tableau 2) permet de calculer que 15 ans avant la coupe, alors que la plupart des sapins avaient entre 45 et 75 ans, il y avait *au moins* 1,400 semis de sapin à l'acre dans le type Dryopteris-Oxalis et plus de 2,000 dans les trois autres types. Ces nombres de semis représentent seulement ceux qui ont survécu jusqu'à maintenant et il n'y a aucun doute qu'ils étaient en beaucoup plus grand nombre 15 ans avant l'exploitation. Ces données indiquent que la régénération peut donner d'heureux résultats après une coupe rase dans des peuplements de sapins même âgés d'aussi peu que 50 ans. Il se peut aussi que les volumes à l'acre soient seulement un peu plus forts à 70 qu'à 50 ans (Boynton, 1956). Un relevé de la quantité et de la répartition des semis préexistants et de leur stade de croissance, effectué après une coupe rase dans des peuplements de 50 à 60 ans, donnerait des résultats précieux. Si l'on peut obtenir une régénération convenable dans de tels peuplements, l'aménagement du sapin selon une méthode de coupe rase aurait un certain intérêt, vu que le sapin est si vulnérable aux atteintes de la tordeuse des bourgeons de l'épinette et que sa mortalité est si élevée après 50 ans.

RÉCAPITULATION

En 1948, on a entrepris une étude de l'évolution d'un peuplement dans une superficie de 5 milles carrés qui avait subi une coupe rase commerciale de bois à pâte, soit de sapin et d'épinette, entre 1941 et 1944, dans la section B-1 de la région forestière boréale du Québec. Au moment de la coupe, la forêt était considérée comme forêt vierge et inéquienne dans la proportion de 70 p. 100, une portion de 25 p. 100, composée d'arbres de 80 ans, avait pour origine un incendie de forêt, et 5 p. 100 étaient la conséquence de chablis. La plupart des sapins avaient entre 60 et 90 ans, mais les épinettes étaient plus âgées, ayant entre 50 et 200 ans et jouissant d'une moyenne d'âge d'environ 100 ans. La forêt comprenait entre 1,900 et 3,000 pieds cubes d'épinette et de sapin à l'acre et entre 20 et 600 pieds cubes de bouleau à papier à l'acre.

Le quadrillé de 10 chaînes de places linéaires d'un dixième d'acre à demi permanentes a fait l'objet de nouveaux mesurages en 1958, alors que fut aussi effectuée une étude de l'origine et de la croissance en hauteur du sapin.

La forêt s'est bien remise de la coupe et comprend maintenant des peuplements pleins à l'état de gaulis, surtout de sapin mais aussi de bouleau à papier, d'épinette blanche et d'épinette noire en beaucoup plus faible quantité. Il est peu probable que l'épinette constitue de nouveau une aussi forte proportion du peuplement qu'avant la coupe. Le sapin s'était reproduit par accumulation de semis pendant plusieurs années sous une voûte foliacée qui empêchait une croissance normale, jusqu'à ce que le peuplement mère subît une coupe rase.

Parmi les sapins actuels, de 78 à 90 p. 100 avaient moins de 2 pieds de hauteur au moment de la coupe. Ces petits semis ont eu une bonne croissance après avoir triomphé d'une forte concurrence de la part des framboisiers, la croissance de chaque sujet n'en demeurant pas moins fonction de l'espace vital et de la lumière disponible.

L'étude de l'origine de la forêt indique la possibilité d'une régénération convenable après la coupe rase dans des peuplements de 50 à 60 ans. On s'attend de tirer des renseignements précieux des études effectuées en vue de déterminer l'état des semis préexistants dans des peuplements de 40 à 60 ans et leur évolution après la coupe rase.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bonner, E., 1941. *Balsam fir in the clay belt of northern Ontario*. Thèse de maîtrise, Université de Toronto. (Non publiée).
- Boynton, J.C., 1956. *Partial cutting in balsam fir stands on the Epaule River*. Canada, ministère du Nord canadien et des Ressources nationales, Direction des forêts, classeur n° 1262 de la Division des recherches sylvicoles. (Non publié).
- Candy, R.H., 1951. *Reproduction on cut-over and burned-over land in Canada*. Canada, ministère des Ressources et du Développement économique, Division des forêts, bulletin de recherches sylvicoles n° 92.
- Cooper, W.S., 1911. *Reproduction by layering among conifers*. *Bot. Gaz.*, 52 (5): 369-379.
- Dana, S.T., 1930. *Timber growing and logging practice in the Northeast*. U.S. Dept. Agric., For. Serv., Tech. Bull. No. 166.
- Ellis, R.C., 1958. *An investigation of the length of the regeneration period and of the yield potential of pulpwood cutovers in Newfoundland*. Canada, ministère du Nord canadien et des Ressources nationales, Direction des forêts, classeur n° 1686 de la Division des recherches sylvicoles. (Non publié).
- Ghent, A.W., 1958. *Studies of regeneration in forest stands devastated by the spruce budworm*. *For. Sci.*, 4 (2): 135-146.
- Heikkinen, H.J., 1957. *Balsam fir ecology - an analysis of literature*. Thèse de maîtrise, School of Natural Resources, University of Michigan. (Publiée).
- Johnson, R.S., 1953. *Logging and utilization in spruce-fir in the east*. *For. Chron.*, 29 (1): 67-74.
- Linteau, A., 1955 (fr. 1959). *Classification des stations forestières de la section des conifères du nord-est, région forestière boréale du Québec*. Canada, ministère du Nord canadien et des Ressources nationales, bulletin n° 118 de la Direction des forêts.
- MacGillivray, H.G., 1955. *Germination of spruce and fir seed following different stratification periods*. *For. Chron.*, 31 (4): 365.
- McGraw, W.E., 1948. *Growth of balsam fir in Newfoundland*. *Pulp Paper Mag. Can.*, 49 (3): 280-286.
- Meyer, W.H., 1929. *Yields of second-growth spruce and fir in the Northeast*. U.S. Dept. Agric., For. Serv., Tech. Bull. No. 142.
- Morais, R., 1954. *Slash examination, Causapsal River Watershed*. Station de recherches de Causapsal, mémoire de recherche n° 2.
- Morris, R.F., 1948. *How old is a balsam tree?* *For. Chron.*, 24 (2): 106-110.
- Place, I.C.M., 1955. *The influence of seed-bed conditions on the regeneration of spruce and balsam fir*. Canada, ministère du Nord canadien et des Ressources nationales, Direction des forêts, bulletin n° 117.
- Roe, E.I., 1948. *Early seed production by balsam fir and white spruce*. *J. For.*, 46 (7): 529.
- Roe, E.I., 1950. *Balsam fir in Minnesota - a summary of present knowledge*. U.S. Dept. Agric., For. Serv., Lake States For. Exp. Sta., Misc. Rep. No. 13.

- Roe, E.I., 1953. *Regeneration of balsam fir guaranteed by continuous reserve of small seedlings*. U.S. Dept. Agric., For. Serv., Lake States For. Exp. Sta., Tech. Note No. 404.
- Roe, E.I., 1957. *Growth of established balsam fir reproduction greatly stimulated by cutting*. U.S. Dept. Agric., For. Serv., Lake States For. Exp. Sta., Tech. Note No. 512.
- Smithers, L.A., 1948. *Forest conditions after logging on the Quebec North Shore*. Canada, ministère des Mines et Ressources, Service forestier du Canada, mémoire de recherches sylvicoles n° 88.
- Tremblay, J.-P., 1954. *Le projet Épaule*. Communication faite à la réunion annuelle de la section québécoise de la C.I.F., à Grand'Mère (P.Q.), en décembre 1954. (Non publiée).
- Villeneuve, G.-O., 1946. *Climatic conditions of the province of Quebec and their relationship to the forests*. Québec, ministère des Terres et Forêts, Bulletin météorologique n° 6.
- Vincent, A.B., 1956 (fr. 1959). *Reproduction du sapin baumier et de l'épinette blanche dans le bassin hydrographique de la rivière Verte*. Canada, ministère du Nord canadien et des Ressources nationales, Direction des forêts, Division des recherches sylvicoles, mémoire technique n° 40.
- Walton, J.R., 1949. *Regeneration and growth on cut-over lands, Lake St. John Region*. Canadian Pulp and Paper Assoc., Woodlands Section, Index No. 1053 (F-2).
- Webb, L.S., 1957. *The growth and development of balsam fir in Gaspé*. *Pulp Paper Mag. Can.*, 58 (10): 206-214.
- Webb, L.S., 1958. *The results to date of the clear cutting experiment of 1948*. Station de recherches de Causapscaï, mémoire de recherches n° 8.
- Westveld, M., 1928. *Observations on cutover pulpwood lands in the Northeast*. *J. For.*, 26 (5): 649-664.
- Westveld, M., 1931. *Reproduction on pulpwood lands in the Northeast*. U.S. Dept. Agric., For. Serv., Tech. Bull. No. 223.
- Zon, R., 1914. *Balsam fir*. U.S. Dept. Agric., For. Serv., Tech. Bull. No. 55.