

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN BIOLOGIE

PAR

MARIE-JOSÉE SIMARD

L'EFFET DU COUVERT ET DU LIT DE GERMINATION SUR LA
GERMINATION ET LA SURVIE DU SAPIN BAUMIER (*ABIES
BALSAMEA* (L.) MILL.) DE L'ÉPINETTE BLANCHE (*PICEA GLAUCA
(MOENCH) VOSS*) ET DU THUYA (*THUJA OCCIDENTALIS* L.)
AU SUD DE LA FORÊT BORÉALE.

JUIN 1994





BIBLIOTHÈQUE

Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue
Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

Mise en garde

La bibliothèque du Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue et de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue a obtenu l'autorisation de l'auteur de ce document afin de diffuser, dans un but non lucratif, une copie de son œuvre dans Depositum, site d'archives numériques, gratuit et accessible à tous.

L'auteur conserve néanmoins ses droits de propriété intellectuelle, dont son droit d'auteur, sur cette œuvre. Il est donc interdit de reproduire ou de publier en totalité ou en partie ce document sans l'autorisation de l'auteur.

REMERCIEMENTS

Je ne peux clore cet épisode sans souligner premièrement le support incommensurable de ma mère dans tout ce que j'entreprends, de Charles Audet, l'irremplaçable optimiste à qui j'ai dédié une île du fameux lac Duparquet et de Sylvain Parent qui m'a soutenu durant la période la plus difficile: la rédaction finale. J'aimerais aussi remercier, dans l'ordre d'entrée en scène, mon directeur Yves Bergeron, Danielle Charron, Martin Béland, mon codirecteur Luc Sirois, Marie-Hélène Longpré, Marie-Josée Houle, Daniel Tarte, surtout pour sa dernière journée bénévole sur le terrain, Louis De Grandpré, Frédérik Doyon, Daniel Kneeshaw, Caroline Chouinard, Michel Beaulieu et Jacques Lemaire.

RÉSUMÉ

La germination et la survie initiale des semences forestières tombant sur les surfaces perturbées peut jouer un rôle déterminant dans la dynamique de la forêt boréale. Plusieurs facteurs influencent l'établissement de la régénération. Cette étude s'est penchée principalement sur l'influence du couvert forestier et du type de lit de germination. La germination et la survie du premier mois du Sapin baumier, de l'Épinette blanche et du Thuya ont été évaluées sur des surfaces brûlées, scarifiées, sarclées, scalpées et intactes situées dans des ouvertures de 400 m² et dans la bordure de forêt ceinturant ces trouées. Les trouées ont été effectuées dans trois types de peuplements, soit: feuillu, mixte et résineux. Les analyses effectuées ont démontré que toutes les espèces ont présenté des pourcentages de germination plus élevés dans les trouées ($p < 0,001$) et sur les surfaces perturbées. Les pourcentages de survie étaient aussi meilleurs ($p < 0,001$) dans les trouées, sauf chez le Sapin baumier. Aucune tendance générale n'a pu être dégagée sur l'effet des différents lits de germination sur la survie des semis et au sujet des différences entre les pourcentages de germination observées entre les surfaces brûlées et les surfaces scalpées ou scarifiées. Nous pouvons cependant affirmer que les pourcentages de germination étaient plus faibles ($p < 0,001$) sur les surfaces intactes. À la lumière de nos résultats, il est probable qu'une absence de semis présents sur le parterre forestier l'été suivant un feu ou une coupe s'expliquerait plus par une absence de semences que par les conditions de germination et de survie des semis.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
REMERCIEMENTS.....	ii
RÉSUMÉ.....	iii
TABLE DES MATIERES.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
1. INTRODUCTION.....	1
2. DESCRIPTION DU TERRITOIRE.....	7
2.1 Choix des sites.....	9
3. MÉTHODOLOGIE.....	11
3.1 Description du dispositif expérimental.....	11
3.2 Ensemencement.....	16
3.3 Saisie de données.....	18
3.4 Traitements statistiques.....	21
4. RESULTATS.....	24
4.1 Chronologie de la germination.....	24
4.2 Dénombrement des semis résultant de l'ensemencement.....	24
4.3 Dénombrement des semis naturels.....	26
4.4 Causes de mortalité.....	26
4.5 Résultats généraux concernant les analyses.....	28
4.6 Effet du site.....	32

	Page
4.7 Effet du couvert forestier.....	38
4.8 Effet des traitements au sol.....	41
4.9 Différences entre les espèces.....	45
5. DISCUSSION.....	46
5.1 Effet du site.....	48
5.2 Effet du couvert forestier.....	51
5.3 Effet des traitements au sol.....	52
5.4 Différences entre les espèces.....	55
6. CONCLUSION.....	58
7. BIBLIOGRAPHIE.....	60
8. ANNEXE.....	70

LISTE DES TABLEAUX

	Page
TABLEAU 1	Caractéristiques des sites à l'étude.....10
TABLEAU 2	Pourcentages de germination et de survie des graines et des semis.....27
TABLEAU 3	Résultats des régressions logistiques effectuées sur les pourcentages de germination.....29
TABLEAU 4	Résultats des régressions logistiques effectuées sur les pourcentages de survie.....30
TABLEAU 5	Résultats des régressions logistiques effectuées sur les pourcentages de germination et de survie: Effet du site analysé par traitement.....33
TABLEAU 6	Moyennes des pourcentages de germination et de survie dans les trois sites par traitement.....34
TABLEAU 7	Résultats des tests non paramétriques de Kruskall-Wallis effectués sur les pourcentages de survie.....35
TABLEAU 8	Résultats des analyses de variance effectuées sur les pourcentages de lumière et de recouvrement de la végétation compétitrice.....36
TABLEAU 9	Moyennes des pourcentages de lumière et de recouvrement des espèces compétitrices.....37
TABLEAU 10	Moyennes des pourcentages de survie dans les trois sites par traitement et type de couvert.....40

LISTE DES FIGURES

	Page
FIGURE 1	Localisation des sites.....8
FIGURE 2	Shéma du dispositif expérimental installé sur chacun des trois sites.....13
FIGURE 3	Pourcentages cumulatifs de germination.....25
FIGURE 4	Pourcentage de germination moyen des graines viables semées sur les témoins.....39
FIGURE 5	Pourcentage de germination moyen des graines viables semées par traitement dans le boisé des sites résineux, mixte et feuillu.....42
FIGURE 6	Pourcentage de survie moyen des semis germés par traitement dans le boisé des sites résineux, mixte et feuillu.....43
FIGURE 7	Pourcentage de germination moyen des graines viables semées par traitement dans la trouée des sites résineux, mixte et feuillu.....44
FIGURE 8	Pourcentage de survie moyen des semis germés par traitement dans la trouée des sites résineux, mixte et feuillu.....46

1. INTRODUCTION

Une des priorités du Conseil de la recherche forestière du Québec (1991), est la connaissance de la dynamique des strates de remplacement. Les facteurs limitant l'implantation de la régénération résineuse dans une forêt mature sont mal connus. De plus, conformément au modèle de la composition floristique initiale (Egler 1952), il est concevable que la densité et la composition des peuplements forestiers de la forêt boréale s'avèrent fortement influencées par le succès de la régénération immédiatement après perturbation (Van Cleve et Viereck 1981; Morneau et Payette 1989). Dans ces conditions, la compréhension des processus contrôlant l'établissement de la régénération suite à une perturbation est essentielle.

Il est manifeste que les perturbations, sous forme d'incendies naturels, marquent fréquemment le début et la fin des successions végétales en forêt boréale (Morneau et Payette 1989; Bonan et Shugart 1989). Dans le sud de la forêt boréale, les incendies, mais surtout la coupe forestière, mènent à une régénération après-perturbation favorisant souvent les feuillus,

tel le Peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.) au détriment des espèces résineuses (Brumelis et Carleton 1988; Harvey et Bergeron 1989). On rapporte pourtant qu'occasionnellement en Alaska, sur les sites dominés par l'Épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss), si une source de graines est disponible et que les conditions du site sont optimales, cette dernière peut envahir le site simultanément avec les feuillus ou seulement quelques années après le feu. Alors, des peuplements équiennes d'Épinettes blanches se développeront sans qu'un stade intermédiaire, dominé par les espèces décidues, ne s'établisse (Van Cleve et Viereck 1981). Cette omission du stade feuillu a aussi été remarquée en Nouvelle Angleterre où des peuplements régénérés, suite à un feu très intense ou l'abandon d'un champ, autrefois cultivé en pâturage, sont composés d'une strate arborescente de Pin blanc. Pourtant, ces mêmes sites présentent une régénération arborescente feuillue suite à une perturbation telle qu'une coupe forestière (Oliver 1981). Une étude portant sur d'anciennes forêts de pins, situées dans le sud-est des États-Unis, rapporte aussi qu'un changement du type, de la sévérité et de la fréquence des perturbations, allant des feux de surface fréquents à la coupe forestière et la suppression du feu, a favorisé le développement de forêts décidues (Croker 1968). Pourtant, très

peu d'études ont tenté d'évaluer la germination et la survie de conifères en tenant compte de l'influence de l'état du peuplement d'origine, des caractéristiques de la perturbation et du type de résineuxensemencé.

Les études de Moore (1926), Place (1955) et de Waldron (1966) représentent trois des rares tentatives d'inclusion de ces multiples facteurs dans un suivi de la germination et de la survie de jeunes semis. Ces travaux ont été effectués dans le Maine, au Nouveau Brunswick et au Manitoba, respectivement, sur des sols différemment drainés. De plus, celle de Waldron (1966) porte exclusivement sur l'Épinette blanche. Ainsi, très peu d'études portent sur plus d'une espèce et lorsque l'on a tenté de vérifier l'effet du peuplement d'origine sur l'implantation de la régénération, les différents peuplements étaient localisés sur des sites aux caractéristiques édaphiques non comparables. On doit donc s'en tenir à des études restreintes dans lesquelles peu de facteurs sont considérés. Les révisions de Ahlgren et Ahlgren (1960), de Kayl (1968) et de Heinselman (1981) ainsi que les travaux de Thomas et Wein (1985a; 1990) traitent, par exemple, de l'établissement de conifères suite à un feu. D'autres chercheurs, tels que Hughes (1969) et Robinson (1970),

se sont penchés sur l'influence des coupes forestières. Lorsque l'on s'intéresse uniquement à l'importance du type de lit de germination, plusieurs auteurs affirment que le sol minéral est un des meilleurs substrats de germination des résineux (Place 1955; Day 1964; Sutton 1964; Waldron 1966; Robinson 1970; Stiell 1976; Hagner 1990; Nienstaedt et Zasada 1990; Frank 1990).

La démarche entreprise dans le cadre de la présente étude est basée sur l'hypothèse générale voulant que les caractéristiques du peuplement d'origine, celles de la perturbation et les attributs autoécologiques des espèces présentes influencent les processus d'établissement de la régénération naturelle.

La succession habituelle rencontrée sur les dépôts argileux mésiques du sud de la forêt boréale comprend des peuplements feuillus, mixtes et résineux (Bergeron et Dubuc 1989). Puisque, par exemple, la litière feuillue est reconnue comme étant néfaste pour l'établissement des conifères (Place 1955; Williams *et al.* 1990), l'état du peuplement subissant une

perturbation pourrait jouer un rôle déterminant dans l'établissement subséquent. Tous les peuplements sont susceptibles d'être perturbés par le feu, la coupe forestière ou les chablis, créant alors une ouverture du couvert arborescent. Ces perturbations affecteront l'état du parterre forestier, par exemple, en réduisant l'épaisseur des horizons organiques (Place 1955). Suite à la perturbation, des espèces ligneuses envahiront le site. Parmi les espèces résineuses susceptibles de dominer ou de se partager la strate arborescente des peuplements à un stade donné de la succession rencontrée dans la région on retrouve l'Épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss), le Sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.) et le Thuya occidental (*Thuja occidentalis* L.) (Bergeron et Dubuc 1989).

Il s'agit donc de déterminer, sur un même type de dépôt et de drainage, quels sont les facteurs clés influençant la germination et la survie, lors de la première saison de croissance, de trois espèces de conifères. Les facteurs considérés lors de l'expérience sont, entre autres, la composition feuillue, mixte ou résineuse de la strate arborescente environnante, l'ouverture du couvert forestier, le

type perturbation du parterre forestier et l'ensemencement en Épinette blanche, Sapin baumier ou Thuya occidental.

2. DESCRIPTION DU TERRITOIRE

Le territoire à l'étude se situe aux abords du lac Duparquet dans la région de l'Abitibi au nord ouest du Québec (Figure 1). Le lac couvre une surface de 50 km² et fait partie d'un réseau hydrographique se drainant vers le nord à travers le lac Abitibi jusqu'à la Baie James. Cette région fait partie de la Ceinture d'argile du nord du Québec et de l'Ontario, une grande région physiographique formée par les dépôts glacio-lacustres de l'extension maximale du post-Wisconsin des lacs Ojibway et Barlow (Vincent et Hardy 1977). Cette région est donc caractérisée par des terres argileuses entrecoupées de collines de dépôts morainiques partiellement remaniés ou érodés (Bergeron et al. 1982). La station météorologique la plus proche est située à La Sarre à 42 km au nord du lac Duparquet. La température moyenne annuelle est de 0.6°C, les précipitations annuelles totales se chiffrent, en moyenne, à 822.7 mm et la période annuelle sans gel est de 64 jours. La température peut toutefois descendre sous zéro pendant toute l'année (Anonyme 1982).

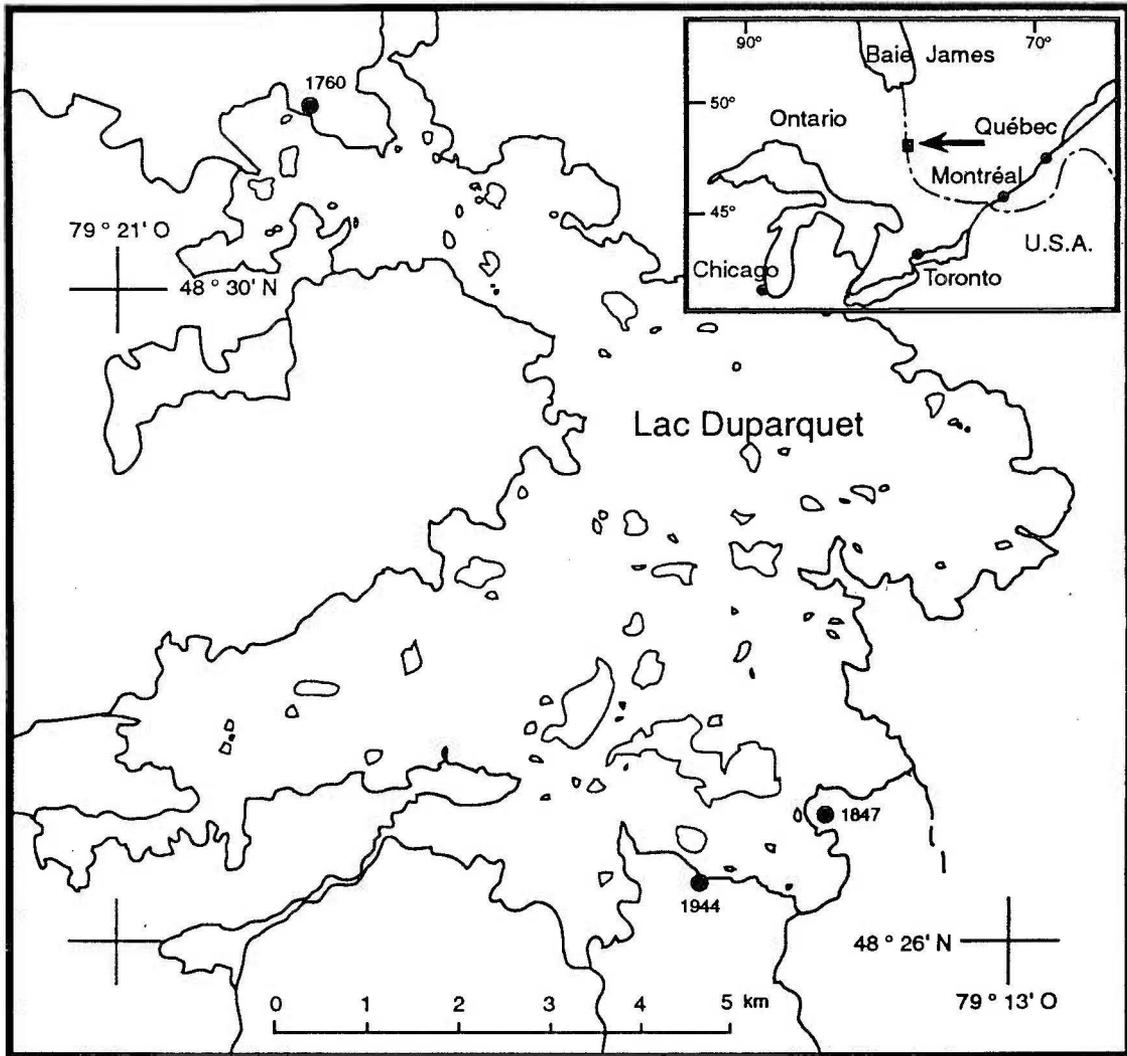


Fig. 1. Localisation des sites

Le lac Duparquet est localisé à la limite sud de la forêt boréale (Rowe 1972) et il fait partie du domaine climacique de la sapinière à bouleau blanc (Grandtner 1966).

2.1 Choix des sites

Trois peuplements régénérés à la suite de feux survenus en 1944, 1847 et 1760 (Bergeron 1991) sur des sols argileux de classe de drainage 3 à 4 (Brais et Camiré 1991) furent choisis. Cette chronoséquence comprend des peuplements presque entièrement feuillus en début de succession (1944), des peuplements mixtes (1847) et des peuplements presque entièrement résineux en fin de succession (1760) (Bergeron et Dubuc 1989). Ces trois types de peuplements présentent certains paramètres écologiques très distincts tels que le type de litière et la composition spécifique de la strate herbacée (De Grandpré et al. 1993). Dans chacun de ces peuplements, un site d'une superficie de 1600 m² fut choisi pour y installer le dispositif expérimental. Le site régénéré à la suite du feu de 1944 est composé principalement de Peuplier faux-tremble. Ce site sera donc identifié comme étant le site

feuillu (F). Le site régénéré à la suite du feu de 1847 est composé presque également de feuillus et de résineux, il sera donc identifié comme le site mixte (M). Le troisième site, régénéré en 1760, est dominé par les résineux (R). D'autres caractéristiques des sites ont aussi été compilées (Tableau 1).

Tableau I
Caractéristiques des sites à l'étude

	Site		
	R	M	F
Proportion d'essences feuillues (% de la surface terrière totale)	8	49	91
Surface terrière totale (m ² /ha)	50	27	35
Composition des arbres de d.h.p. >= 10 cm. (% du nombre):			
Sapin baumier (<i>Abies balsamea</i> (L.) Mill.)	43	18	6
Épinette blanche (<i>Picea glauca</i> (Moench) Voss)	0	22	2
Thuja (<i>Thuja occidentalis</i> L.)	54	2	2
Peuplier (<i>Populus tremuloides</i> Michx.)	0	39	81
Bouleau (<i>Betula papyrifera</i> Marsh.)	3	19	9
Pente (%)	10	10	20
Orientation de la pente	ouest	sud-est	nord-est

NOTA: R=résineux, M=mixte, F=feuillu

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 Description du dispositif expérimental

Le dispositif expérimental répété dans chacun des sites était constitué d'une intervention visant à déterminer l'effet d'une trouée et de différentes perturbations du parterre forestier sur l'établissement des espèces à l'étude.

Au cours de l'été 1990, un abbatage de toutes les tiges suivi d'un tronçonnage, d'un ébranchage et d'un débardage manuels fut pratiquée sur une superficie de 20 X 20 m, au centre de chacun des sites. L'été suivant cette coupe, des traitements au sol furent réalisés à l'intérieur de quadrats de 0,25 m² situés dans la coupe et dans le boisé ceinturant cette trouée. Ces quadrats furent répartis selon une procédure analogue au plan d'expérience avec traitements complètement randomisés à l'intérieur de blocs. La trouée fut divisée en 10 blocs, et 6 traitements furent distribués aléatoirement dans chaque bloc. Le boisé ceinturant la trouée fut divisé en 12 blocs dont 10

reçurent des traitements au sol, et chacun des blocs traités ne reçut que 4 traitements, les 2 traitements de brûlage n'ayant pas été effectués dans le boisé pour éviter les risques d'incendie (figure 2). Il y avait donc un total de 100 quadrats de 0,25 m² par site.

Représentation
d'une répartition
possible des
quadrats

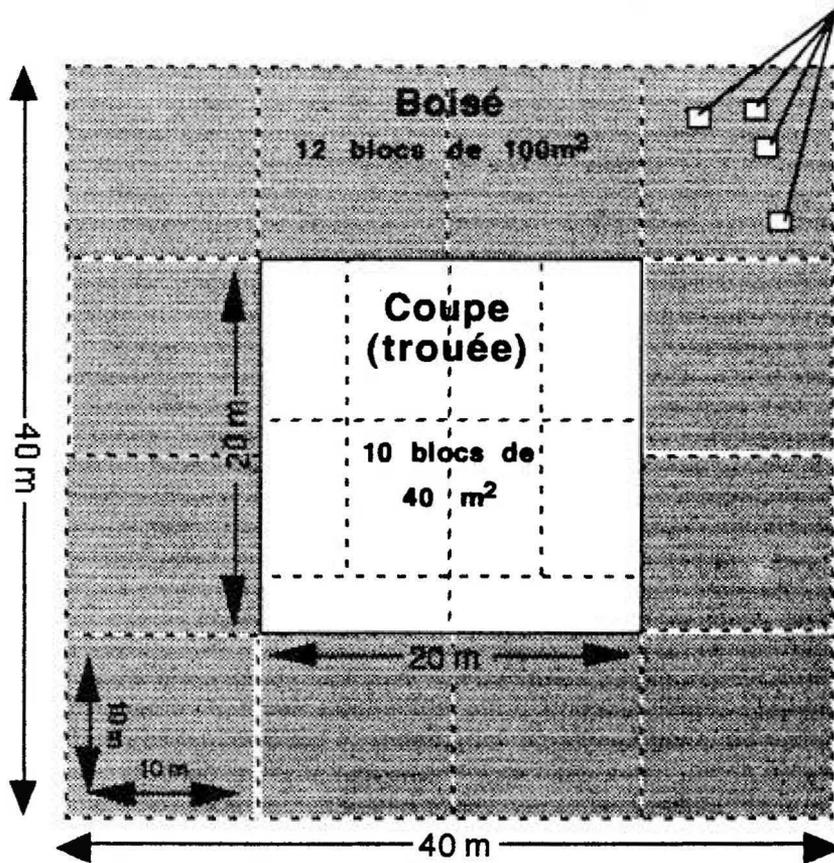


Fig. 2. Schéma du dispositif expérimental installé sur chacun des trois sites.

Les traitements pratiqués au sol incluaient un traitement témoin, trois perturbations mécaniques et deux sévérités de feux.

Les témoins demeuraient intacts. Une évaluation sommaire du pourcentage de recouvrement de litière feuillue indique que les surfaces témoins du site feuillu étaient recouvertes à 100% de feuilles, alors que ce pourcentage était de $65 \pm 23\%$ et $11 \pm 22\%$ pour les sites mixte et résineux, respectivement.

Les perturbations mécaniques visaient la simulation de certaines préparations de terrain d'usage, telles que le déblaiement d'hiver, le scarifiage à dents sous-soleuses (Durand et al. 1988) et l'épandage de phytocides. Ces traitements consistaient à mettre à nu le sol minéral: scalpage, mélanger l'humus et la partie superficielle de l'horizon minéral supérieur (environ 10 cm sous la surface du sol): scarification, et enlever, au début de l'expérience, tous les semis d'espèces arborescentes ainsi que la végétation arbustive et herbacée présente dans le quadrat, puis éliminer par la suite toute levée de végétation compétitrice au fur et à mesure qu'elle était remarquée:

sarclage. Ces traitements ont été effectués manuellement à l'aide d'un râteau, d'une pelle ou de ciseaux.

Les deux sévérités de feux consistaient à brûler la couche superficielle du sol à l'aide d'une torche au propane (Modèle Red Dragon, Forestry Sup. inc.). Le brûlage léger était d'une durée de 5 minutes, ce qui réduit très peu l'épaisseur de la couche organique (donnée non mesurée) et simule un feu de faible sévérité (Norum 1983; dans Zasada 1986). Le brûlage sévère était d'une durée de 30 minutes. Suite à ce dernier traitement il ne restait qu'une très faible couche composée d'un mélange de cendre et de matière organique compacte d'environ $2,17 \pm 1,43$ cm d'épaisseur. Il fut alors impossible d'identifier le matériel végétal ce qui, selon les classes de sévérité de feux établies par Norum (1983; dans Zasada 1986), simule un feu très sévère. Les grosses racines qui n'auraient pas brûlé durant les trente minutes furent coupées et extraites du quadrat avant le brûlage.

3.2 Ensemencement

Pour estimer le nombre de graines germées provenant de la pluie naturelle de graines des arbres semenciers environnants, la surface de chacun des 300 quadrats fut divisée en demi-quadrats de 25 X 50 cm (0,125 m²) et un seul demi-quadrat futensemencé. Le recensement des semis dans les demi-quadrats non encemencés a permis de tenir compte de l'établissement naturel.

Les graines d'Épinette et de Thuya ont été fournies par le Centre de semences forestières du Ministère des Forêts du Québec à Berthier. Les premières provenaient du canton d'Hébécourt en Abitibi (48° 30' N et 79° 25' O), les secondes ont été récoltées dans le Parc de Rimouski (48° 04' N et 68° 00' O). Quant aux graines de Sapin, elles ont été fournies par l'Institut forestier national de Petawawa (Forêts Canada). Ces dernières provenaient de Noël Paul Brook (48° 32' N et 56° 37' O), Baie D'Espoir (47° 66' N et 55° 52' O) et Port Saunders (50° 25' N et 57° 15' O), Terre-Neuve. Les graines de ces trois provenances furent mélangées avant l'ensemencement. La viabilité des

graines (pourcentage de germination en laboratoire) a été déterminée par les différents Ministères avant l'expédition. Les pourcentages de viabilité étaient de 68, 73 et 50% pour le Thuya, l'Épinette et le Sapin, respectivement. Les graines de Sapin baumier furent stratifiées à une température de 5°C sur des papiers filtres insérés dans des pétris. Elles ont été humidifiées à tous les 3 jours durant une période de 35 jours. Au 14e jour de la stratification, nous avons noté l'apparition de moisissures (non identifiées). Dès lors, un millilitre de solution fongicide de marque commerciale "No Damp" fut vaporisé dans chaque pétri à tous les 4 jours à la concentration suggérée de 10 ml/litre, jusqu'à la fin de la période de stratification. Cette intervention semble avoir enrayer efficacement le développement des moisissures. Mais, l'effet des moisissures et du fongicide sur le pourcentage de germination du Sapin nous étant inconnu, la viabilité exacte des graines de Sapin fut impossible à déterminer avant l'ensemencement.

Le 4 juin 1992, 100 graines viables d'Épinette blanche (137 graines à 73% de viabilité) et 136 graines viables de Thuya (200 graines à 68% de viabilité) ont été ensemencées à la volée dans chacun des 300 quadrats. À la même date, à cause du

nombre limité de semences de Sapin à notre disposition, seulement 10 des 20 blocs de chaque site (150 quadrats au total) furentensemencée de 200 graines de Sapin.

3.3 Saisie de données

Recensements démographiques:

Puisque la germination des graines des espèces en cause s'effectue de juin à juillet (Place 1955; Frank 1990; Nienstaedt et Zasada 1990; Johnston 1990; Houle et Payette 1991) les quadrats ont été inspectés à tous les 3 jours du début juin à la fin juillet. Par après, les inspections ont été espacées de 5 jours jusqu'au 24 août.

Chaque nouveau semis observé a été identifié puis localisé à l'aide d'une tige de bois d'une hauteur de 25 cm et d'un diamètre de 2 mm, sur laquelle on a inscrit la date de l'observation de la germination à l'aide d'un ruban adhésif. Un

semis était recensé lorsque le radicule mesurait 2 mm de longueur. Le numéro du bloc, le type de traitement ainsi que la date de germination furent notés. On a aussi noté toute mortalité de semis, indiquant la cause de la mortalité, si possible.

En plus d'évaluer la germination effective sur les différents substrats, le nombre de semis toujours vivants à la fin de l'été a été divisé par le total des germinations observées. Ce rapport nous a permis d'évaluer le taux de survie des semis pour la période de la première saison de croissance. Les taux de germination et de survie pourront alors être comparés pour évaluer l'impact des différents facteurs sur l'établissement des semis.

Mesure du recouvrement des espèces compétitrices:

Afin d'évaluer l'impact des traitements au sol, de la trouée et du site sur la composition et la croissance des espèces compétitrices, lesquelles sont susceptibles d'influencer la germination et la survie des semis résineux, nous avons quantifié le recouvrement des espèces compétitrices. Le

pourcentage de recouvrement de chaque espèce par classe de 5% dans 3 strates: 0 à 10 cm, 10 à 50 cm et 50 à 100 cm a été noté dans chaque quadrat, sauf dans les quadrats sarclés. Puis, nous avons additionné le pourcentage de recouvrement de chaque espèce dans les trois strates pour déterminer le recouvrement total de toutes les espèces compétitrices dans chaque quadrat.

Mesures de l'intensité lumineuse:

Les différences de luminosité résultant du site, du couvert arborescent et du traitement furent considérées. Des lectures instantanées, à l'aide d'un photomètre (LI-COR 189 senseur Quantum 190) placé au-dessus de chaque quadrat par-dessus la végétation compétitrice, furent prises le 23 août 1992 (2e année de croissance des semis). Ces mesures ont été enregistrées lors d'une journée à recouvrement nébuleux uniforme, entre 8 heures et 16 heures. Ces lectures furent ensuite comparées à celles prises au même instant par un autre photomètre, localisé à découvert sur une île du lac, pour évaluer le rapport: lumière captée(Q_i)/lumière incidente(Q_o) X 100. Cette technique est basée sur le postulat voulant que, durant une

journée complètement nuageuse, la proportion de lumière captée par le senseur est très représentative de l'environnement lumineux global atteignant celui-ci durant toute la journée (Messier et Puttonen 1993).

Mesures d'humidité:

Les variations de l'humidité du sol résultant du site et du couvert arborescent furent mesurées à cinq reprises en juillet et août 1993 à l'aide de blocs de gypse de Bouyoucos (Slater et Bryant 1946) disposés à 4 mm sous des surfaces scalpées localisées à l'extérieur des quadrats et dépourvues de végétation compétitrices dans un rayon de 50 cm afin d'annuler l'effet de la litière et de la végétation compétitrice.

3.4 Traitements statistiques

Les effets du site, de l'absence de couvert arborescent (trouée) et des traitements sur la germination et la survie des conifères

furent déterminés à l'aide de régressions logistiques. Bondesson (1988) mentionne qu'il est naturel de considérer le nombre de semis présents dans un espace particulier, lorsqu'un nombre connu de graines est semé, comme étant une observation d'une variable aléatoire distribuée selon une loi binomiale. Le modèle logistique, qui prend comme variable intermédiaire le logit, offre la possibilité d'effectuer des régressions multiples avec une variable binaire telle la germination et la survie en utilisant un modèle de maximum de vraisemblance basé sur les caractéristiques binomiales du phénomène de germination ou de survie. Trexler et Travis (1993) discutent de cette régression inusitée et décrivent le modèle. Le logiciel SPSS-PC fut retenu pour effectuer ces analyses (Norusis 1990). Puisqu'il n'existe pas encore de programmation permettant d'effectuer les comparaisons multiples subséquentes, elles durent être effectuées en refaisant l'analyse pour chaque paire de traitements. Il est à noter que les représentations classiques des écart-types n'apparaissent pas sur les tableaux et les figures. Cette statistique ne peut être calculée avec les pourcentages observés par traitement dans chaque bloc. Pour chaque pourcentage il est cependant possible de calculer un intervalle de confiance mais cet intervalle ne peut être aisément intégré en une seule mesure de dispersion pour tous

les blocs impliqués (Scherrer 1984). Les différences de pourcentage total de recouvrement de la végétation compétitrice et de luminosité mesurées dans chaque quadrat furent analysées à l'aide d'analyses de variance (ANOVA) mixtes (SAS 1986). Les postulats de normalité et d'homocédasticité des variances furent vérifiés, respectivement, à l'aide d'un test d'adéquation de Kolmogorov-Smirnov (SAS 1986), et d'un test de Levene (Rasmussen 1992). Si l'analyse indiquait un effet d'un facteur, elle était suivie d'un test de comparaisons multiples de Tukey (SAS 1986). Vu la faible taille des échantillons, les différences d'humidité furent déterminées à l'aide de tests non-paramétriques de Kruskal-Wallis (Scherrer 1984). L'effet des traitements sur la lumière et l'humidité n'a pas été analysé puisque ces mesures n'ont pas été prises l'été du recensement et que la végétation compétitrice recouvrant ces surfaces a pu engendrer un microclimat différent l'année suivante. Cependant, les effets du site et du couvert sur la lumière et l'humidité ont pu être déterminés à l'aide de mesures prises l'année suivante puisqu'elles ont été prises sur des surfaces dénudées manuellement de végétation compétitrice dans le cas des mesures d'humidité, ou par dessus cette végétation pour les lectures de lumière.

4. RÉSULTATS

4.1 Chronologie de la germination

Trente-six jours après l'ensemencement, environ 75% de toutes les graines de Sapin germées dénombrées durant l'expérience avaient déjà fait leur apparition. À la même date, seulement 50% et 15% des semis d'Épinettes et de Thuyas, respectivement, étaient apparus. Cinquante et un jours après l'ensemencement (25 juillet), environ 85% des semis d'Épinettes et 75% des semis de Thuyas avaient été dénombrés. Des semis ont été dénombrés jusqu'au dernier jour de recensement, soit le 8^e jour (24 août), mais peu de graines germèrent à partir du début août (Figure 3).

4.2 Dénombrement des semis résultant de l'ensemencement

Selon l'espèce, des pourcentages moyens de germination entre 6,7 et 13,7% des graines viables pour tous les traitements confondus ont été obtenus. Entre 4,1 et 8,2% de ces graines

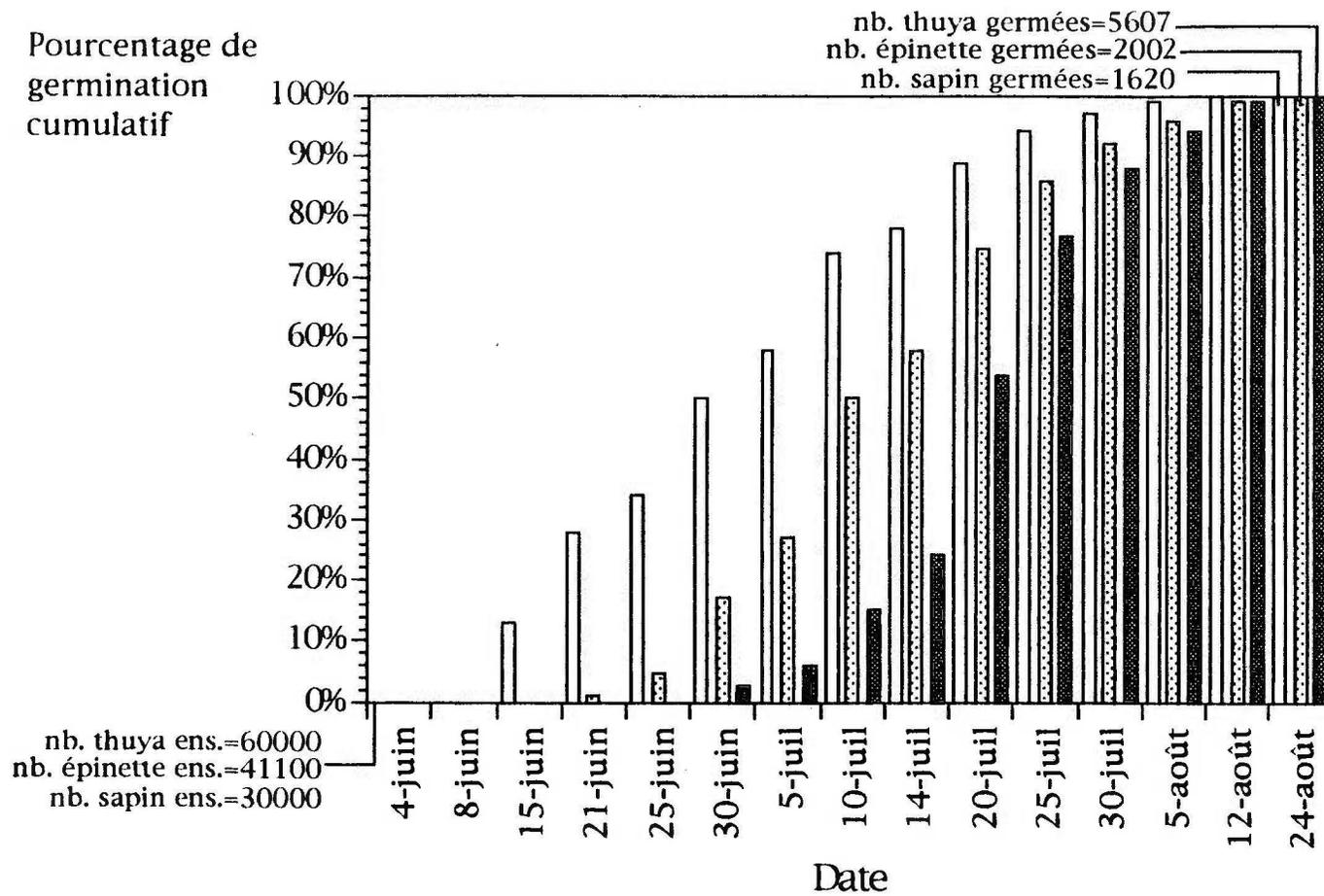


Fig. 3. Pourcentages cumulatifs de germination.

NOTA: □ =sapin, ▨ =épinette, ■ =thuya.

viables ont survécu jusqu'au 24 août (Tableau 2). Ceci représente un pourcentage moyen de survie des semis d'environ 60% pour une période d'environ 30 jours pour l'Épinette et le Thuya et 41 jours pour le Sapin.

4.3 Dénombrement des semis naturels

Très peu de semis ont été dénombrés dans les demi-quadrats non-ensemencées. Aucun semis n'a été dénombré sur le site feuillu. Seulement deux semis de Thuya ont été dénombrés sur le site mixte, représentant 1600 semis/hectare. Sur le site résineux 94 semis (77600 semis/hectare) ont été dénombrés: 59 Sapins, 32 Thuyas et 3 Épinettes. Ce faible recrutement de semis naturels fut d'ailleurs précédé d'une pluie de graine peu abondante à l'automne 1991 comparativement à celle de l'automne suivant (Annexe 1).

4.4 Causes de mortalité

Les causes de mortalité furent difficiles à déterminer. On a tout de même noté la fonte, l'assèchement et le

Tableau II
 Pourcentages de germination et de survie
 des graines et des semis

espèce	Sapin	Épinette	Thuya	moyenne
% de germination moyen des graines viables	10,8*	6,67	13,74	10,76
% de germination moyen	5,40	4,87	9,35	7,04
% de survie moyen des semis	53,89	62,04	59,53	59,09
% des graines viables menées à terme	5,82*	4,14	8,18	6,36
% des graines semées menées à terme	2,91	3,02	5,56	4,16

NOTA: Les pourcentages de survie et de germination indiqués représentent une moyenne pour tous les traitements au sol confondus.
 *= viabilité incertaine des graines, menées à terme= ont été dénombrées lors du dernier recensement.

déchaussement des semis ainsi que l'herbivorie par des larves faisant partie de la famille des géométridae. Selon l'espèce, de 20 à 50% des semis ont dus être classés disparus; les Sapins étant en général plus gros, il était plus facile de repérer les semis morts alors que, par exemple, les Thuyas desséchés étaient très difficiles à retrouver. La disparition des semis est souvent notée par plusieurs auteurs effectuant des suivis de semis sur le terrain (Crossley 1949; Thomas et Wein 1985a; Barbour *et al.* 1990; Tan et Bruckert 1992), et pourrait être causée, entre autres, par la prédation et le pourrissement.

4.5 Résultats généraux concernant les analyses

Les analyses effectuées ont démontré un effet du site sur la germination et la survie des trois espèces en cause ($p < 0,01$), et ce même si l'on traite exclusivement des trouées. Le couvert forestier a aussi un effet sur la germination et la survie ($p < 0,001$) des trois espèces, sauf chez le Sapin où l'on ne remarque aucun effet du couvert sur la survie (Tableaux 3 et 4). On remarque aussi que l'impact du couvert forestier sur la germination dépend du site (COUVERT X SITE, $p < 0,001$) chez

Tableau III

Résultats des régressions logistiques effectuées sur les pourcentages de germination

	SAPIN			ÉPINETTE			THUYA		
<u>Analyse excluant les quadrats brûlés</u>									
source	dl	χ^2	$p \geq \chi^2$	χ^2	$p \geq \chi^2$	χ^2	$p \geq \chi^2$		
site	2	255,535	0,000 ***	344,192	0,000 ***	837,742	0,000 ***		
couvert	1	16,952	0,000 ***	114,612	0,000 ***	22,750	0,000 ***		
traitement	3	163,528	0,000 ***	195,202	0,000 ***	855,405	0,000 ***		
couvert X site	2	14,828	0,001 ***	28,186	0,000 ***	298,984	0,000 ***		
traitement X site	6	13,841	0,031 *	31,938	0,000 ***	99,213	0,000 ***		
traitement X couvert	3	1,280	0,258	63,011	0,000 ***	250,030	0,000 ***		
<u>Analyse incluant les quadrats brûlés</u>									
site	2	629,189	0,000 ***	912,309	0,000 ***	2885,361	0,000 ***		
traitement	5	227,742	0,000 ***	82,838	0,000 ***	320,034	0,000 ***		

NOTA: dl=degrés de liberté, χ^2 =Khi carré de Wald calculé, $p \geq \chi^2$ =probabilité que la valeur calculée soit supérieure ou égale au Khi carré de Wald théorique, *= $p < 0,05$; **= $p < 0,01$; ***= $p < 0,001$.

Tableau IV

Résultats des régressions logistiques effectuées sur les pourcentages de survie

	SAPIN			ÉPINETTE		THUYA	
<u>Analyse excluant les quadrats brûlés</u>							
source	dl	χ^2	$p \geq \chi^2$	χ^2	$p \geq \chi^2$	χ^2	$p \geq \chi^2$
site	2	18,715	0,000 ***	35,709	0,000 ***	12,005	0,002 **
couvert	1	1,355	0,244	17,708	0,000 ***	95,756	0,000 ***
traitement	3	10,020	0,018 *	11,363	0,010 **	9,895	0,019 *
couvert X site	2	2,572	0,276	1,187	0,553	11,047	0,004 **
traitement X site	6	26,221	0,000 ***	10,795	0,095	36,820	0,000 ***
traitement X couvert	3	1,918	0,590	11,251	0,010 *	7,147	0,067
<u>Analyse incluant les quadrats brûlés</u>							
site	2	47,492	0,000 ***	38,841	0,000 ***	69,103	0,000 ***
traitement	5	18,410	0,002 *	6,015	0,305	15,601	0,008 **

NOTA: dl=degrés de liberté, χ^2 =Khi carré de Wald calculé, $p \geq \chi^2$ =probabilité que la valeur calculée soit supérieure ou égale au Khi carré de Wald théorique, *= $p < 0,05$; **= $p < 0,01$; ***= $p < 0,001$.

toutes les espèces (Tableau 3); alors que l'impact sur la survie dépend du site seulement chez le Thuya ($p < 0,01$) (Tableau 4). Les traitements effectués au sol ont eu un impact très hautement significatif ($p < 0,001$) sur la germination des trois espèces. Sauf pour l'Épinette en l'absence de recouvrement forestier, cet effet s'est aussi manifesté, avec cependant moins d'impact ($p < 0,01$ ou $p < 0,05$), sur la survie des semis. On rencontre aussi des variations de l'impact des traitements sur la germination et sur la survie selon le site (TRAITEMENT X SITE) et le couvert (TRAITEMENT X COUVERT). Cependant l'effet des traitements sur la survie ne varie pas tellement selon le couvert, cet effet est significatif ($p < 0,05$) seulement chez l'Épinette (Tableaux 3 et 4). Lorsque l'on observe les représentations graphiques des pourcentages moyens de germination et de survie (Figures 4 à 8) on remarque, qu'en général, les interactions n'ont pas occasionné une inversion, mais plutôt une amplification de l'effet d'une variable. Par exemple, à la Figure 4, l'effet du couvert forestier semble généralement positif quel que soit le site mais il est significatif uniquement sur le site feuillu alors qu'il ne l'est pas sur les autres sites.

4.6 Effet du site

Lorsque l'on analyse l'effet du site pour certains traitements pris individuellement, on note un meilleur taux de germination sur le site feuillu et cette différence persiste même sur les surfaces exemptes de végétation compétitrice et les surfaces exemptes de litière (Tableaux 5 et 6). En outre, lorsque l'on compare en détail les taux de survie du premier été, les différences ne se rencontrent pas sur les témoins (Tableau 5) mais, pour la plupart des traitements, le site résineux semble maintenant plus favorable (Tableaux 5 et 6).

L'humidité mesurée sur les trois sites est semblable ($p=0,122$) (Tableaux 7). Des différences ont cependant été remarquées au niveau de la quantité de lumière reçue, le site feuillu recevant moins de lumière ($p < 0,001$) que les deux autres sites, indifférenciés entre eux, (Tableau 8). Le recouvrement total des espèces compétitrices était lui aussi différent entre les sites ($p < 0,001$), le recouvrement du site mixte étant plus faible que celui des deux autres sites, indifférenciés entre eux (Tableaux 8 et 9).

Tableau V

Résultats des régressions logistiques
effectuées sur les pourcentages de germination et de survie:
Effet du site analysé par traitement

	SAPIN		ÉPINETTE		THUYA	
	χ^2	$p \geq \chi^2$	χ^2	$p \geq \chi^2$	χ^2	$p \geq \chi^2$
germination						
Source=site dl=2						
Comparaison des quadrats:						
témoins	7,68	0,0215 *	38,23	0,0000 ***	84,77	0,0000 ***
sarclés	66,75	0,0000 ***	63,36	0,0000 ***	332,47	0,0000 ***
scalpés	240,52	0,0000 ***	136,65	0,0000 ***	384,94	0,0000 ***
scarifiés	128,03	0,0000 ***	199,86	0,0000 ***	407,47	0,0000 ***
survie						
Source=site dl=2						
Comparaison des quadrats:						
témoins	1,19	0,5503	0,03	0,9864	4,87	0,0875
sarclés	8,31	0,0157 *	0,06	0,9682	7,41	0,0245 *
scalpés	13,49	0,0012 *	12,78	0,0017 *	63,33	0,0000 ***
scarifiés	16,33	0,0003 ***	26,73	0,0000 ***	17,67	0,0001 ***

NOTA: dl=degrés de liberté, χ^2 =Khi carré de Wald calculé, $p \geq \chi^2$ =probabilité que la valeur calculée soit supérieure ou égale au Khi carré de Wald théorique, *= $p < 0,05$; **= $p < 0,01$; ***= $p < 0,001$.

Tableau VI

Moyennes des pourcentages de germination et de survie
dans les trois sites
par traitement

site	SAPIN			ÉPINETTE			THUYA		
	R	M	F	R	M	F	R	M	F
<u>germination (%)</u>									
témoin	0,9	1,4	3,8	0,8	0,7	5,3	2,4	0,9	9,2
sarclage	1,5	3,5	15,2	0,8	0,6	10,0	0,2	1,4	23,0
scarification	4,1	8,2	27,0	4,2	2,8	19,0	10,0	10,0	36,0
scalpage	3,8	7,1	35,0	5,1	3,6	17,1	12,0	13,0	37,0
<u>survie (%)</u>									
témoin	63	55	62	71	34	41	62	54	40
sarclage	73	10	36	41	27	48	70	68	49
scarification	81	28	47	68	25	52	65	38	47
scalpage	60	26	52	71	31	47	54	27	50

NOTA: R=résineux, M=mixte, F=feuillu.

Tableau VII

Résultats des tests non paramétriques de Kruskal-Wallis effectués sur les pourcentages d'humidité

<u>source</u>	<u>dl</u>	<u>χ^2</u>	<u>$p \geq \chi^2$</u>
site	2	4,202	0,122
couvert	1	0,010	0,921

NOTA: dl=degrés de liberté, χ^2 =Khi carré, $p \geq \chi^2$ =probabilité que la valeur calculée soit supérieure ou égale au Khi carré théorique.

Tableau VIII

Résultats des analyses de variance effectués sur les pourcentages de lumière et de recouvrement de la végétation compétitrice

<u>% LUMIERE</u>				
<u>source</u>	<u>dl</u>	<u>Carré moyen</u>	<u>F</u>	<u>p>F</u>
site	2	0,743	93,000	0,0001 ***
couvert(site)	3	4,218	528,220	0,0001 ***
<u>% VEGETATION</u>				
<u>source</u>	<u>dl</u>	<u>Carré moyen</u>	<u>F</u>	<u>p>F</u>
site	2	31077,403	13,6400	0,0001 ***
couvert(site)	3	89704,035	5,9100	0,0001 ***
trt (couvert)	6	17849,152	11,330	0,0001 ***

NOTA: F=valeur "F" de Fisher-Snedecor calculée, P>F=probabilité que la valeur de F calculée soit supérieure au F de Fisher-Snedecor théorique. *= p < 0,05; **= p < 0,01

Tableau IX

Moyennes des pourcentages de lumière
et de recouvrement des espèces compétitrices

		coupes		boisés	
		\bar{x}	Sx	\bar{x}	Sx
lumière (%)	site R a	60,77	9,88 A	14,36	9,04 B
	site M a	58,07	9,92 A	20,24	10,82 B
	site F b	39,70	6,84 A	12,26	5,99 B
végétation (%)	site R a	106,60	47,83 A	20,37	30,26 B
	site M b	51,42	52,82 A	8,98	19,56 B
	site F a	87,94	56,21 A	16,42	29,36 B

NOTA: \bar{x} = moyenne, Sx = écart-type, lumière= $(Q_i/Q_b) \times 100$,
végétation=% de recouvrement; les lettres **a** et **b**, en caractère gras,
indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) observées entre les
sites; les lettres, majuscules, A et B indiquent les différences
significatives observées entre la coupe et le boisé.

4.7 Effet du couvert forestier

L'impact du site mentionné précédemment nous oblige fréquemment à considérer chaque site séparément et, pour rendre la présentation homogène, les comparaisons des pourcentages de survie et de germination ont toutes été présentées par espèce et par site. Si l'on compare les témoins, on constate que la diminution du couvert forestier a généralement favorisé la germination des conifères (Figure 4) alors que son effet, généralement positif, sur la survie ne s'est pas révélé significatif. Parce que l'influence du couvert forestier sur la survie ne s'est pas révélée significative dans les quadrats témoins, un tableau incluant chaque traitement est donc présenté au lieu d'une figure représentant seulement les témoins (Tableau 10). Cet effet du couvert forestier est constaté sans que l'humidité de surface ne varie de façon notable ($p=0,921$) avec ou sans couvert (Tableau 7). Par contre, la lumière mesurée sous couvert forestier représentait, en moyenne, $15 \pm 9,4\%$ de la lumière incidente, ce qui représente un pourcentage significativement différent ($p < 0,001$) de celui des trouées à $53 \pm 13\%$ (Tableaux 8 et 9). Les analyses effectuées

Pourcentage moyen
de germination

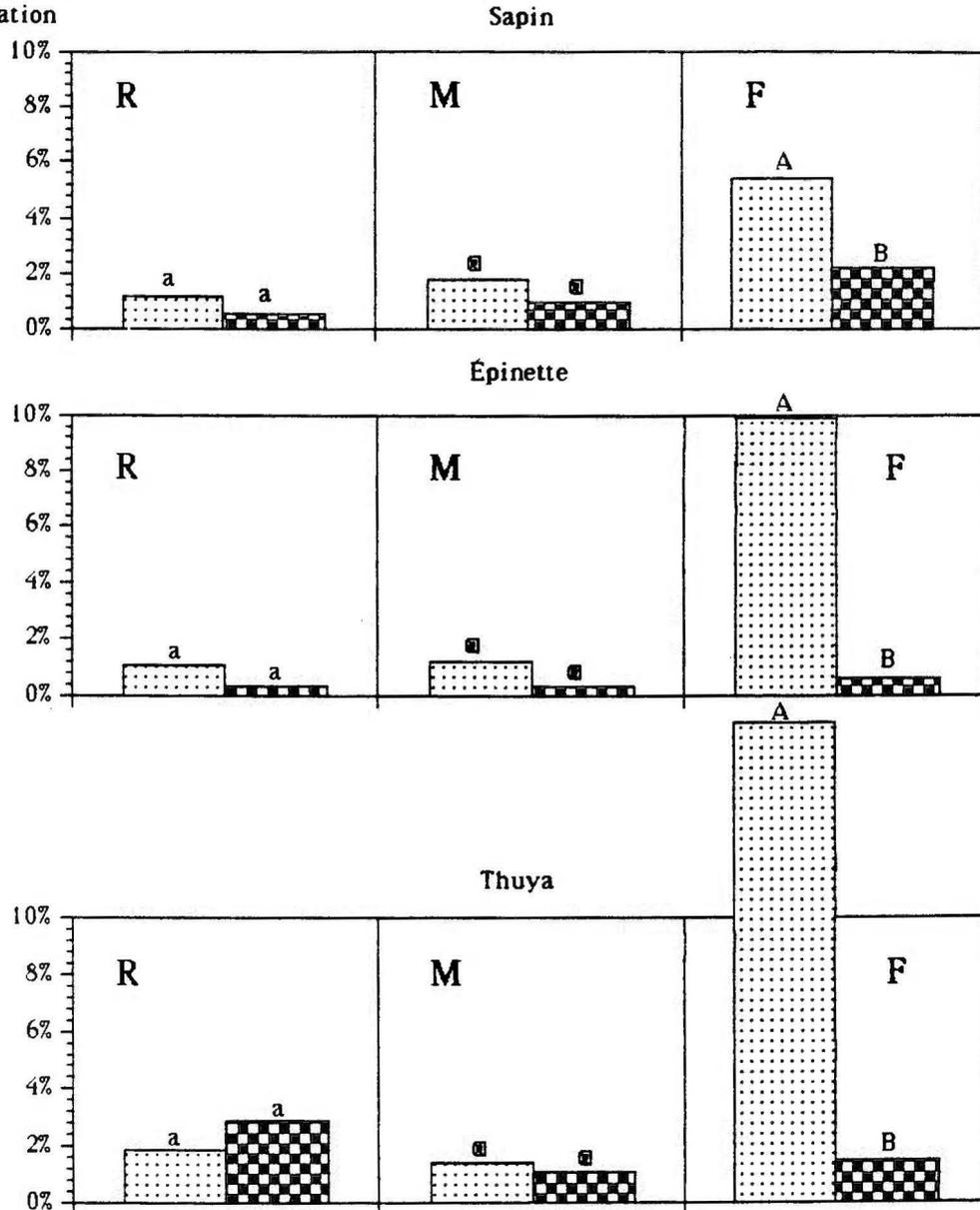


Fig. 4. Pourcentage de germination moyen des graines viables semées sur les témoins, par type de couvert, des sites résineux (R), mixte (M) et feuillu (F).

NOTA: □-trouée, ▣-boisé. Les moyennes surmontées de lettres identiques (sur le plan horizontal) ne diffèrent pas de façon significative.

Tableau X

Moyennes des pourcentages de survie
dans les trois sites
par traitement et type de couvert

Site	Survie (%) traitement	SAPIN		EPINETTE		THUYA	
		coupe	boisé	coupe	boisé	coupe	boisé
R	témoin	27,8	100,0	77,1	0,0	77,1	46,7
M	témoin	75,0	25,0	5,6	50,0	59,4	41,7
F	témoin	64,2	59,2	50,3	40,0	50,3	21,8
R	sarclage	83,3	66,7	91,7	*	91,7	43,3
M	sarclage	5,6	14,4	65,3	0,0	65,3	70,8
F	sarclage	46,6	25,0	60,1	28,7	60,1	32,0
R	scalpage	64,6	53,0	61,6	64,3	61,6	46,5
M	scalpage	28,2	24,3	33,1	24,4	33,1	23,2
F	scalpage	62,6	42,0	56,7	34,5	56,7	44,1
R	scarification	69,7	95,0	70,6	69,4	70,6	59,4
M	scarification	22,9	34,5	31,2	29,1	31,2	43,0
F	scarification	58,6	35,9	57,4	42,6	35,9	31,2

NOTA: R=résineux, M=mixte, F=feuillus, *=aucune germination

avec les relevés de végétation ont dévoilé un effet du couvert forestier ($p < 0,001$) sur le recouvrement total des espèces compétitrices (Tableaux 8 et 9), les moyennes de recouvrement étant plus élevées dans les trouées.

4.8 Effet des traitements au sol

Encore une fois, pour homogénéiser la présentation, les différences au niveau de la survie et de la germination sont toutes présentées par espèce, par couvert et par site. Les perturbations mécaniques, et surtout le scalpage et la scarification ainsi que les brûlages semblent donc avoir favorisé la germination des conifères quelque soit le couvert (Figures 5 et 7). Même si les pourcentages de germination sont parfois significativement différents, on ne remarque cependant pas de tendance générale différenciant les brûlages du scalpage et de la scarification. Par exemple: le brûlage sévère ne présente pas toujours des pourcentages de germination plus faibles que le scalpage (Figure 7). Par contre, lorsque le sarclage se différencie du témoin, ce dernier présente généralement une moyenne plus faible quelque soit le couvert (Figures 5 et 7). En

Pourcentage moyen de germination

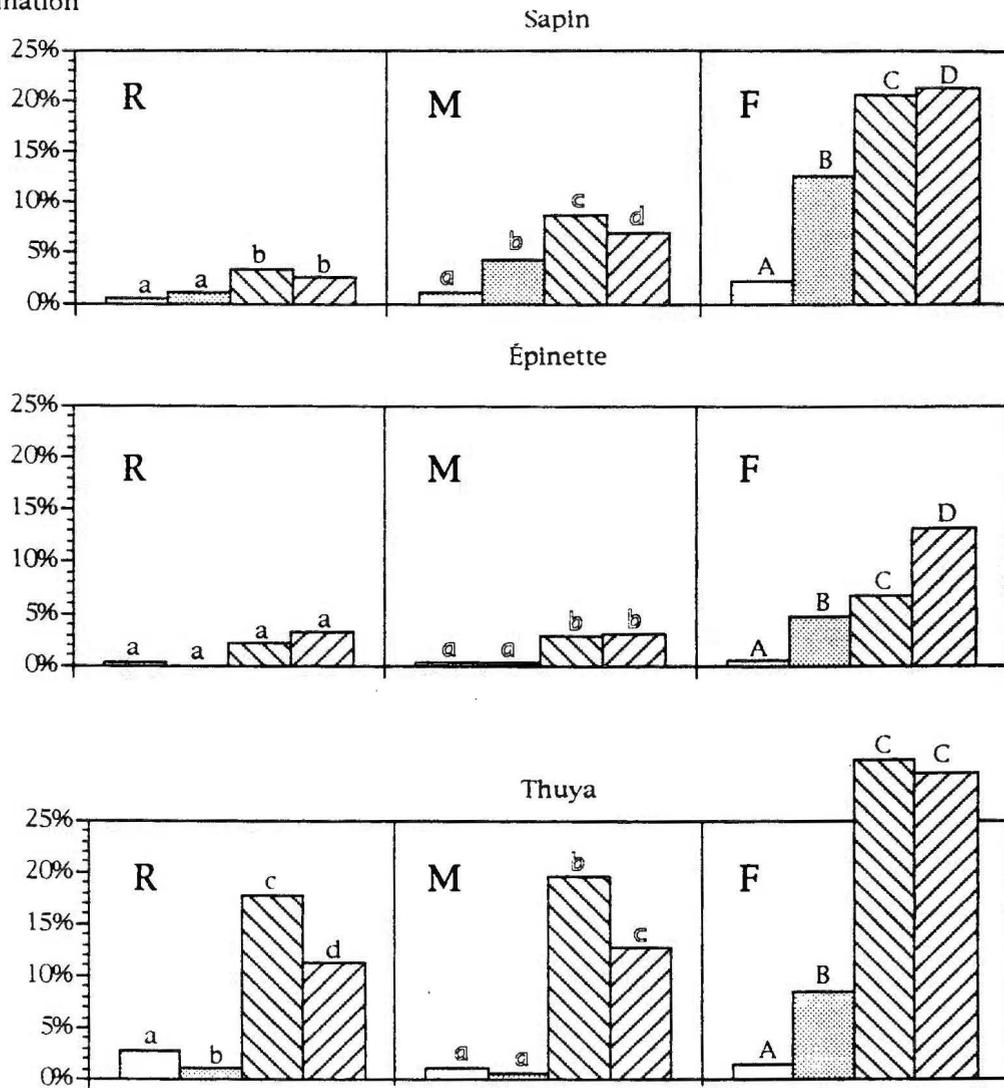
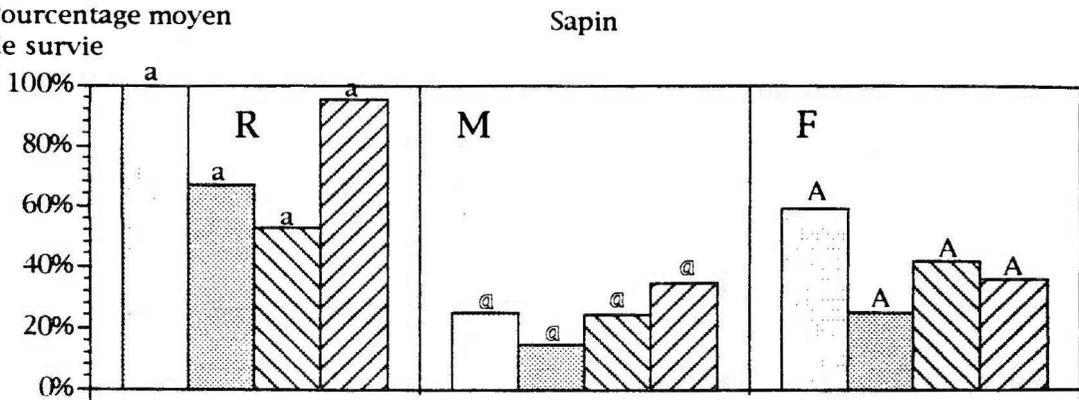


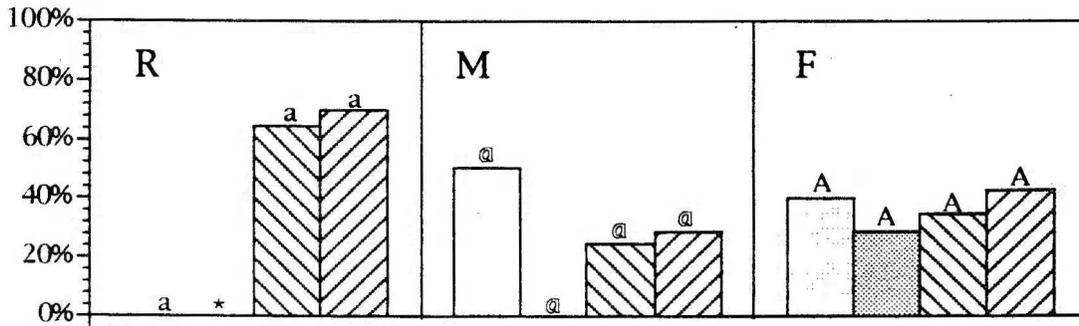
Fig. 5. Pourcentage de germination moyen des graines viables semées par traitement dans le boisé des sites résineux (R), mixte (M) et feuillu (F).

NOTA: □ =témoin, ▒ =sarclage, ▨ =scalpage ▩ =scarification. Les moyennes surmontées de lettres identiques (sur le plan horizontal) ne diffèrent pas de façon significative.

Pourcentage moyen de survie



Épinette



Thuya

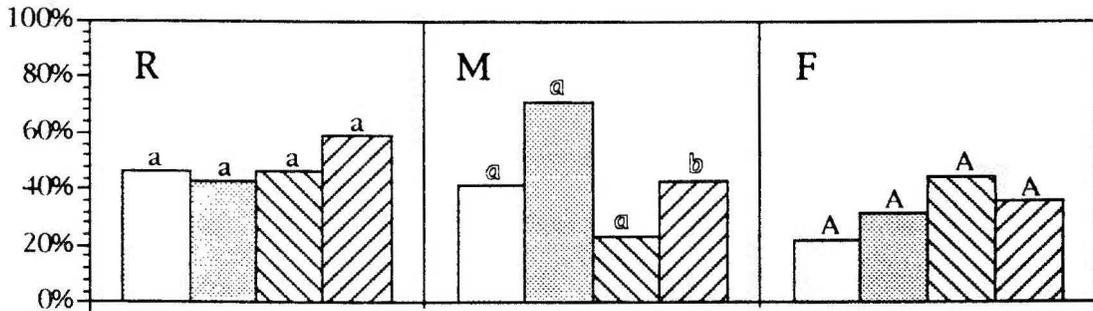
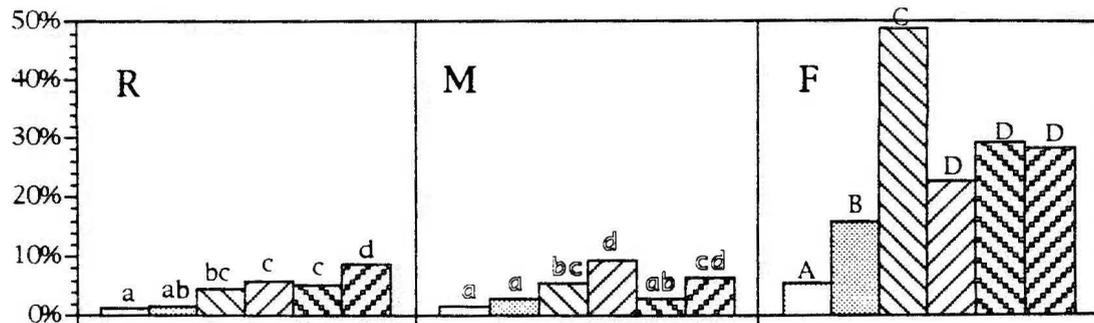


Fig. 6. Pourcentage de survie moyen des semis germés par traitement dans le boisé des sites résineux (R), mixte (M) et feuillu (F).

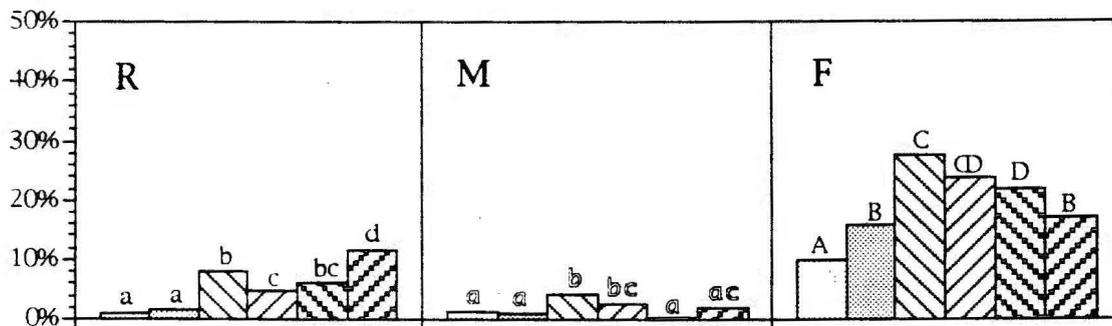
NOTA: □ = témoins, ▤ = sarclage, ▨ = scalpage, ▩ = scarification. * = aucune germination. Les moyennes surmontées de lettres identiques (sur le plan horizontal) ne diffèrent pas de façon significative.

Pourcentage moyen de germination

Sapin



Épinette



Thuja

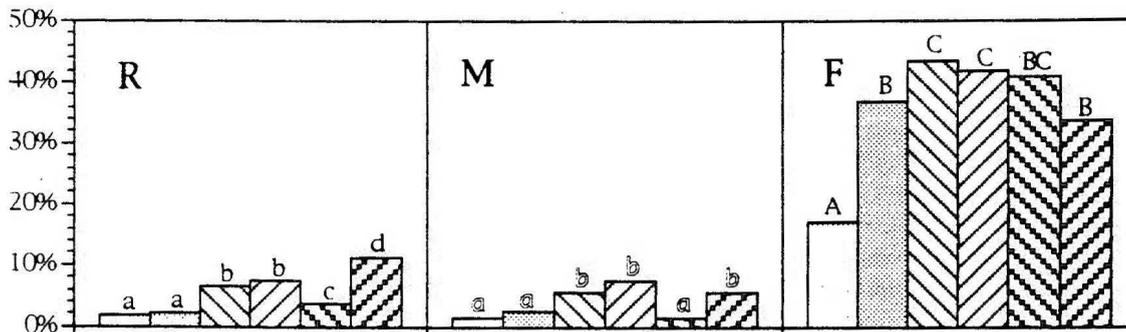


Fig. 7. Pourcentage de germination moyen des graines viables semées par traitement dans la trouée des sites résineux (R), mixte (M) et feuillu (F).

NOTA: □=témoin, ▤=sarclage, ▨=scalpage, ▩=scarification, ▪=brûlage léger, ▫=brûlage sévère. Les moyennes surmontées de lettres identiques (sur le plan horizontal) ne diffèrent pas de façon significative.

général, même si les moyennes des pourcentages de survie sont parfois significativement différentes entre les traitements, aucune tendance ne se dégage et ce, même sur le site feuillu où les effectifs (nombre de graines germées) sont plus élevés (Figures 6 et 8).

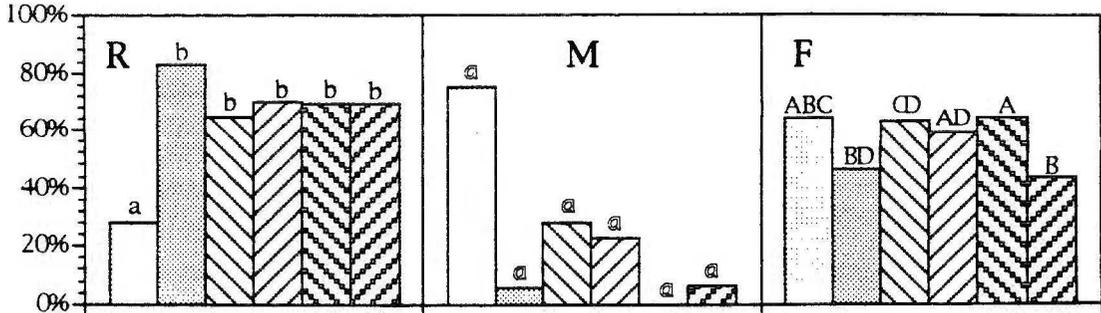
Un effet des traitements ($p < 0,001$) sur le recouvrement total de la végétation compétitrice est ressorti des analyses quelque soit le site (Tableau 8). Cet effet est cependant uniquement attribuable à une différence entre les témoins, présentant des moyennes de recouvrement significativement plus élevées, et les autres traitements, indifférenciés entre eux. Les comparaisons des moyennes de recouvrement entre les traitements ne sont donc pas présentées dans ce travail.

4.9 Différences entre les espèces

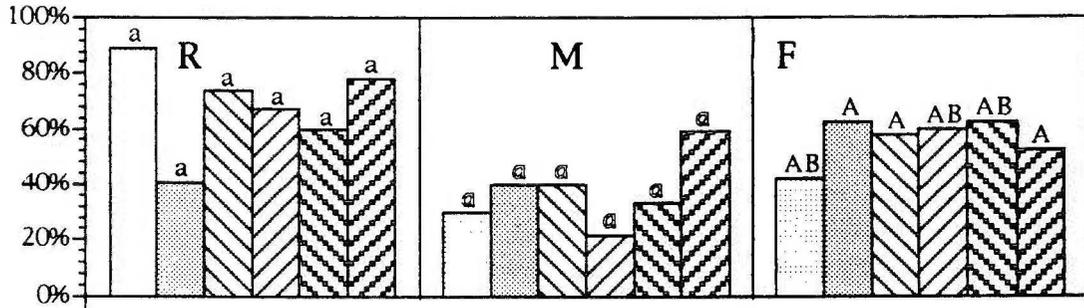
Lorsque l'on compare qualitativement la chronologie de la germination des trois espèces, tel que mentionné précédemment, on remarque que le Sapin a germé plus rapidement que les deux autres espèces (Figure 3).

Pourcentage moyen de survie

Sapin



Épinette



Thuya

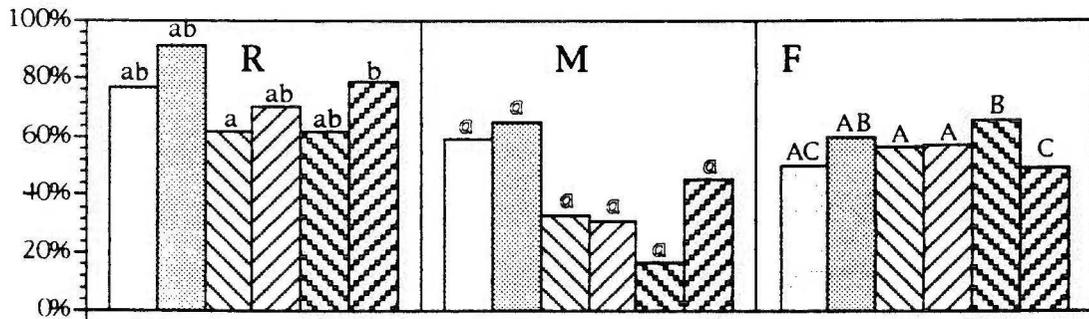


Fig. 8. Pourcentage de survie moyen des semis germés par traitement dans la trouée des sites résineux (R), mixte (M) et feuillu (F).

NOTA: □=témoin, ▨=sarclage, ▩=scalpage, ▪=scarification, ▫=brûlage léger, ▬=brûlage sévère. Les moyennes surmontées de lettres identiques (sur le plan horizontal) ne diffèrent pas de façon significative.

Quoique ce ne fut pas analysé statistiquement, si l'on compare les pourcentages de germination et de survie, on constate que le Thuya a présenté le meilleur pourcentage de germination et le meilleur pourcentage de graines viables menées à terme (ayant germées et survécu jusqu'au dernier jour de recensement), suivi du Sapin puis de l'Épinette, alors que les pourcentages de survie sont semblables entre les trois espèces (Tableau 2).

En général, les trois espèces ont réagi de la même façon aux traitements, mais avec différentes amplitudes. On peut constater que la germination et la survie de l'Épinette et du Thuya semblaient réagi avec plus d'amplitude, à quelconque variable, que celle du Sapin (Tableaux 3 et 4). Cette constatation est aussi appuyée par le fait que l'on n'observe aucune amélioration significative de la survie du Sapin causée par l'absence de couvert forestier ($p=0,244$) comparativement au Thuya et à l'Épinette chez qui l'absence de couvert forestier a un effet positif ($p<0,001$) (Tableau 4).

5. DISCUSSION

5.1 L'effet du site

Puisque nos blocs de réplification sont tous près les uns des autres, les quadrats ne sont pas totalement indépendants entre eux et l'échantillonnage ne rend pas compte de la variabilité potentielle du peuplement. Ainsi, parce qu'il n'y a pas de véritable réplification de chaque peuplement, notre dispositif souffre de pseudoréplification (Hurlbert 1984). Malgré les limites des conclusions pouvant être tirées d'un tel dispositif, les taux de germination nettement plus élevés sur le site feuillu et ce, surtout si l'on compare les trouées, furent inattendus et ne peuvent s'expliquer par des différences entre les caractéristiques édaphiques prises conventionnellement puisque les sols sont tous formés par des dépôts argileux de drainage mésique. Bien qu'il existerait des différences significatives au niveau de la composition et de la concentration en éléments nutritifs de l'humus des trois peuplements (Paré *et al.* 1993), notre expérience révèle aussi des différences entre les pourcentages de germination entre les sites sur les surfaces

exemptes d'humus (scalpées). Eis (1965) avait obtenu des pourcentages de germination semblables entre les surfaces scalpées (sable loameux et loam sableux) de ses 5 stations forestières et ce, autant pour l'Épinette blanche que le Sapin subalpin *Abies lasiocarpa* (Hook) Nutt). Le recouvrement total des espèces compétitrices, significativement différent entre le site feuillu et le site mixte, ne fournit pas non plus d'explication puisqu'il n'y a pas de différence significative de recouvrement végétal entre le site feuillu et le site résineux, alors qu'on observe une différence au niveau de la germination. De plus, de meilleurs pourcentages de germination sur le site feuillu s'observent entre les surfaces sarclées des trois sites. D'autre part, l'humidité prise directement sous la surface du sol ne semble pas varier significativement d'un site à l'autre. Puisque les graines de conifères conservent peu de viabilité après un an (Frank 1990; Nienstaedt et Zasada 1990; Johnston 1990), elles n'ont donc pas le temps d'être enfouies sous les couches organiques du sol forestier ou à quelques millimètres sous le sol minéral. Ainsi, la germination des conifères se produira surtout à la surface du parterre. L'humidité de cette surface n'a pas été évaluée et la possibilité d'une évaporation rapide de cette mince surface, lorsque l'apport lumineux est trop élevé, expliquerait peut-être les différences entre les pourcentages de germination.

Il a été démontré que le site feuillu reçoit moins de lumière que les deux autres sites, vraisemblablement à cause de la hauteur des peupliers et de l'orientation nord de la micropente du site. L'effet bénéfique d'une micropente orientée nord sur la germination de deux conifères fut observé par Day (1964), et signalé par Sims (1990) au sujet du Thuya. Donc, la germination pourrait être très sensible à l'orientation de la micropente. Cette sensibilité serait imposante puisque, même si la litière résineuse est considérée plus propice à la germination des conifères que la litière feuillue (Place 1955; Williams *et al* 1990), de meilleurs pourcentages de germination ont été observés sur les témoins du site feuillu comparativement aux témoins du site résineux. Mais une meilleure germination n'est pas garante d'une meilleure survie (Place 1955; Day 1964). En effet, notre site feuillu ne présente pas les meilleurs taux de survie; peut-être parce que les conditions microclimatiques à la surface du sol seraient devenues trop humides ce qui entraînerait un développement plus considérable des champignons causant la fonte des semis ou plus de déchaussement par le gel. De plus, il est possible que sur le site feuillu, l'écrasement des semis par les feuilles tombant des peupliers cause de fortes mortalités l'année suivante (Koroleff 1954; Gregory 1966).

5.2 L'effet du couvert forestier

Une meilleure stimulation lumineuse du phytochrome des graines, couplée à une augmentation de la chaleur (Kramer et Kozlowski 1979), expliquerait la meilleure germination des conifères dans nos trouées. Lors de notre étude, la proportion de la lumière incidente mesurée dans les trouées (400 m²) était de 40 à 61%, contre 12 à 20% dans le boisé ceinturant ces trouées. En fait, puisque le feuillage vert absorbe de façon plus efficace la lumière rouge que le rayonnement infrarouge, l'ombre produite par les plantes aura un rapport rouge/infrarouge relativement bas (Smith 1972 dans Karssen) ce qui entraîne une faible activation du phytochrome et ainsi inhibe la germination (Taylorson 1982; Weier *et al.* 1982; Henry et Blazich 1990). Mais, la lumière favorise également la germination des graines des espèces compétitrices (Sauer et Struik 1964; Schreiner 1974; Karssen 1982) et leur reproduction végétative (Maini et Horton 1966; Lavertu *et al.* 1993). Donc, l'augmentation de l'intensité lumineuse sur les sols riches entraîna l'apparition d'une quantité phénoménale d'espèces compétitrices dans tous les quadrats, et ce dès la première saison suivant l'ouverture du couvert. Ces plantes ne semblent pourtant pas avoir menacé la survie de nos

semis durant le premier été de croissance et elles ont probablement favorisé cette survie en créant un environnement microclimatique humide autour des graines et des semis (Johnson et Gorman 1977; Thomas et Wein 1985a). Toutefois, puisque le microclimat des surfaces a pu être modifié par la végétation environnante, il est difficile de conclure sur ce point. Mais, dès le second été de croissance, ces plantes obstruaient considérablement la quantité de lumière atteignant les semis (Simard, données non publiées) et causeront probablement d'importants problèmes de survie dans l'avenir (Sutton 1964; Harvey et Bergeron 1989, Hagner 1990). Il est toutefois possible que cette régénération ne meurt pas complètement, mais demeure supprimée et conserve une croissance très lente pendant plusieurs années. Nienstaedt et Zasada (1990) signalent que l'Épinette blanche peut demeurer en sous étage durant 50 à 70 ans.

5.3 L'effet des traitements au sol

Le faible pourcentage de germination observé sur les témoins et les surfaces sarclées, comparativement aux autres

traitements, serait causé par les variations extrêmes d'humidité prévalant sur le dessus de la litière intacte (Place 1950; Potts 1985). Eis (1965) a noté qu'à la profondeur atteinte par les racines de nouveaux semis la teneur en humidité de l'humus brut s'abaissait au point de flétrissement peu de jours après la pluie; ce qui n'était pas le cas avec le sol minéral.

Nos résultats, présentant des pourcentages élevés de germination sur les quadrats scalpés, confirment la qualité du sol minéral en tant que milieu de germination pour les conifères (Place 1955; Day 1964; Sutton 1964; Waldron 1966; Robinson 1970; Stiell 1976; Hagner 1990; Nienstaedt et Zasada 1990; Frank 1990). Les surfaces scarifiées qui exposaient elles aussi une bonne proportion du sol minéral ont eu un effet comparable au scalpage. Le sol minéral ne s'est pas non plus avéré défavorable pour la survie, alors que certains auteurs prétendent que le gel peut annuler l'avantage du sol minéral sur les sites humides (Place 1955). L'avantage d'un meilleur substrat de "fixation" et d'une meilleure humidité aurait donc été prépondérant par rapport au risque accru de gel, sur nos semis d'un mois. Cependant, le décompte s'étant terminé le 24 août, l'effet du sol minéral sur la survie durant l'automne et

l'hiver n'est pas déterminé. Par contre, l'effet bénéfique d'un sol exposé sur la germination peut disparaître après une saison de recolonisation végétale (Hellum 1972). Sur des sols non argileux, Sutton (1964) a observé une durée d'exposition du sol minéral de cinq ans et plus en sous-couvert, comparativement à trois ans et moins dans une éclaircie.

L'effet bénéfique des brûlages sur la germination fut généralement indifférenciable de l'effet des traitements de scalpage et de scarifiage. L'absence d'effets nocifs résultant des brûlages sur la germination et la survie, appuie les résultats de Thomas et Wein (1990) démontrant que la cendre de tourbe n'est ni favorable ni néfaste pour la germination, alors que la cendre de bois non lessivée contient des niveaux élevés d'hydroxydes et de bicarbonates qui sont directement néfastes. Puisque les souches, grosses racines et branches furent extraites des quadrats pour faciliter le brûlage, les cendres présentes sur nos quadrats étaient sans doute composées essentiellement de matières non ligneuses. Dans nos éclaircies i.e. à 50% de lumière incidente, le microclimat des surfaces carbonisées n'aurait vraisemblablement pas eu d'effet néfaste et la réduction de l'épaisseur de la litière a favorisé l'établissement des conifères.

Tel que mentionné précédemment, la végétation environnant les quadrats traités a cependant pu modifier le microclimat des quadrats. La réduction de l'épaisseur de la litière est considérée propice à l'établissement des conifères (Harvey *et al.* 1979; Heinselman 1981) et plusieurs auteurs mentionnent que si les conditions météorologiques subsistant l'été suivant un feu sont favorables (Place 1955; Heinselman 1981; Thomas et Wein 1985b), ou si l'ouverture du couvert forestier n'est pas trop grande (Waldron 1966), les surfaces carbonisées représenteront un bon substrat de germination. Cet effet s'est manifesté sur nos sites. Le brûlage, même sévère, n'a cependant pas éliminé la compétition et les surfaces brûlées étaient aussi recouvertes d'espèces compétitrices. Les résultats indiquent cependant une réduction, la première année, du recouvrement de ces espèces par les différents traitements appliqués comparativement aux témoins.

5.4 Différences entre les espèces

Notre expérience ne nous permet pas de déterminer si le Sapin germe plus tôt que les deux autres espèces ou si sa

germination n'a pas été accélérée par la stratification (Kramer et Kozlowski 1979). Cependant, en nature, le Sapin germe généralement tôt (Sims *et al.* 1990) alors que le Thuya peut parfois commencer à germer seulement à la fin juillet (Johnston 1990). Il aurait tout de même été préférable de semer à l'automne.

Il convient de mentionner, encore une fois, que le pourcentage de germination du Sapin, ayant pu être réduit par les moisissures apparues durant la stratification, peut difficilement être comparé. On peut cependant supposer qu'il est plus élevé que celui de l'Épinette blanche et que cette dernière a présenté un pourcentage de germination ou, du moins, un pourcentage de graines viables menées à terme plus faible que le Thuya. Les graines d'Épinette sont petites et sombres et elles étaient plus difficiles à repérer sur le parterre forestier que les grosses graines de Sapin et les graines très pâles de Thuya. Si plusieurs semis d'Épinette n'ont pas été détectés rapidement et sont morts durant les trois jours suivant la germination, cette dernière fut sous-estimée et le pourcentage de survie fut surestimé. La germination et la survie *in situ* de ces trois espèces n'a jamais été comparée.

Les différences d'amplitudes dans le degré de réponse aux différentes variables entre les trois espèces indiqueraient peut-être que l'établissement initial du Thuya et de l'Épinette serait plus favorisé par l'occurrence de perturbations de l'ordre de celles que nous avons effectuées, que celui du Sapin. La présence plus prépondérante du Sapin, comparativement au Thuya et à l'Épinette blanche, suite à une perturbation survenant au sud de la forêt boréale serait peut être reliée à une production plus constante de graines viables (Frank 1990) et à une survie subséquente plus élevée.

6. CONCLUSION

Le pourcentage de survie, lors du premier mois de croissance, des semis varie mois en fonction des conditions microclimatiques du parterre forestier que le pourcentage de germination.

Les résultats indiquent qu'une augmentation de la lumière atteignant le sol, couplée à une perturbation du parterre forestier favoriserait la germination et la survie du Sapin baumier de l'Épinette blanche et du Thuya. Dans la région, une absence de jeunes semis sur le parterre forestier suite à un feu ou une coupe suivie d'une scarification du terrain, serait donc probablement reliée à une absence de semences atteignant le parterre. Ainsi, puisque qu'aucune des espèces en cause ne produit de graines demeurant viables plus d'un an, seulement le pourtour du feu, ou de la coupe, où il y a présence de semenciers productifs, peut être colonisé par de nouveaux semis l'été suivant la perturbation. Cependant, la présente étude se limite au premier été de croissance et la survie subséquente des semis ayant germés sous des conditions lumineuses élevées pourrait

être fortement réduite par la végétation compétitrice présente en abondance sur les sols riches de la région.

7. BIBLIOGRAPHIE

- AHLGREN, I.F. et AHLGREN, C.E. 1960. Ecological effects of forest fires. *Botan. Rev.* **26**: 483- 533.
- ANONYME.1982. Canadian climate normals. Canadian climate program. Environment Canada, Atmospheric Environment Service, Downsview, Ontario.
- BARBOUR, M.G., PAVLIK, B.M. et ANTOS, J.A. 1990. Seedling growth and survival of red and white fir in a Sierra Nevada ecotone. *Amer. J. Bot.* **77** (7): 927-938.
- BERGERON, Y. 1991. The influence of island and mainland lakeshore landscape on boreal forest fire regimes. *Ecology.* **72**(6): 1980-1992.
- BERGERON, Y., CAMIRÉ, C, BOUCHARD, A, et GANGLOFF, P. 1982. Analyse et classification des sols pour une étude écologique intégrée d'un secteur de l'Abitibi, Québec. *Géogr. Phys. Quat.* **36**: 291-305.
- BERGERON, Y. et DUBUC, M. 1989. Succession in the southern part of the Canadian boreal forest. *Vegetatio* **79**: 51-63.
- BONAN, G.B. et SHUGART, H.H. 1989. Environmental factors and ecological processes in boreal forests. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* **20**: 1-28.

- BONDESSON, L. 1988. On the Gain by Spreading Seeds; a Statistical Analysis of Sowing Experiments. *Scand. J. For. Res.* **3**: 305-314.
- BRAIS, S. et CAMIRÉ, C. 1992. Keys for soil moisture regime evaluation for northwestern Québec. *Can. J. For. Res.* **22**: 718-724.
- BRUMELIS, G. et CARLETON, T.J. 1988. The vegetation of postlogged black spruce lowlands in central Canada. 1. Trees and tall shrubs. *Can. J. For. Res.* **18**: 1470- 1478.
- CONSEIL DE LA RECHERCHE FORESTIERE DU QUÉBEC. 1991. Principaux besoins de recherche et de développement sur le forêt et les produits forestiers. Publication.
- CROKER, T.C., Jr., 1968. Ecology of an ideal forest community in the longleaf-slash pine region. 17th Annual Forestry Symposium, Louisiana State University, pp. 73-90.
- CROSSLEY, D.I. 1949. Reproduction of white spruce in a mixedwood stand following mechanical disturbance of the forest floor. Canada. Dept. Mines & Resources, Dom. For. Serv. Silv. Research note No. 90.
- DAY, R.J. 1964. The microenvironments occupied by spruce and fir regeneration in the Rocky mountains. Department of Forestry, Canada, Forest Research Branch Contribution No. 576.

- DE GRANDPRÉ, L., GAGNON, D., et BERGERON, Y. 1993. Changes in the understory of Canadian southern boreal forest after fire. *J. Veg. Sci.* **4**: 813-810.
- DURAND, F., BERGERON, Y. et HARVEY, B. 1988. Effets de la préparation de terrain sur le type et l'abondance des espèces végétales compétitrices dans le canton d'Hébécourt, Abitibi. Min. Éner. Res. Québec Serv. Amélioration, Région Abitibi-Témiscamingue.
- EGLER, F.E. 1952. Vegetation science concepts I. Initial floristic composition, a factor in old-field vegetation development. *Vegetatio* **4**: 412-417.
- EIS, S. 1965. Development of white spruce and alpine fir seedlings on cut-over areas in the central interior of British Columbia. *For. Chron.* **41**: 419-431.
- FRANK, R.M. 1990. *Abies balsamea* (L.) Mill.-Balsam Fir dans Burns, R.M. and Honkala B.H. *Sylvics of North America Volume 1, Conifers*. U.S. Dep. Agric. Handb. No. 654.
- GRANDTNER, M. M. 1966. La végétation du Québec méridional. Les presses de L'Université Laval, Québec.
- GREGORY, R.A. 1966. The effect of leaf litter upon establishment of white spruce beneath paper birch. *For. Chron.* **42**: 251-255.
- HAGNER, M. 1990. Direct seeding of pine and spruce in Sweden. Dans: B.D. Titus, M.B. Lavigne, P.F. Newton and W.J. Meades. editeurs. *The sylvics of ecology of boreal spruces*. 1989

IUFRO Working Party S1.05-12 Symp. Proc., Newfoundland, 12- 17 Aug. 1989. For. Can. Inf. Rep. N-X-217. pp. 55-62.

HARVEY, A.E., LARSEN, M.J. et JURGENSEN, M.F. 1979. Fire-decay: interactive roles regulating wood accumulation and soil development in the northern Rocky Mountains. U.S.D.A. For. Serv. Note INT-263.

HARVEY, B.D. et BERGERON, Y. 1989. Site patterns of natural regeneration following clear-cutting in northwestern quebec. Can. J. For. Res. 19(11): 1458-1469.

HELLUM, A.K. 1972. Germination and early growth of white spruce on rotten woods and peat moss in the laboratory and nursery. Northern Forest Research Centre, Can. For. Serv. Inf. Rep. NOR-X-39.

HEINSELMAN, M.L. 1981. Fire and succession in the conifer forests of northern North America. Pages 375-405 *dans* D.C. West *et al.* eds. Forest succession: concepts and application, Springer-Verlag, New-York, Etats-Unis.

HENRY, P.H. et BLAZICH, F.A. 1990. Seed germination of Fraser fir: Timing of irradiation and involvement of phytochrome. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115(2): 231-234.

HOULE, G. et PAYETTE, S. 1991. Seed dynamics of *Abies balsamea* and *Acer saccharum* in a deciduous forest of northeastern north America. Amer. J. Bot. 78(7): 895-905.

- HUGHES, E.L. 1969. Survival and development of regeneration two years after mechanical logging in northeastern New Brunswick. Canada Forest Research, Internal Report M-47.
- HURLBERT, S.H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol. Monog.* **54**(2): 187-211.
- JOHNSON H.J. et GORMAN, J.R. 1977. Effect of strip width on the regeneration of white spruce in the mixedwood forest section of alberta. Northern Forest Research Centre, Can.. For. Serv. Inf. Rep. NOR-X-188.
- JOHNSTON, W.F. 1990. *Thuja occidentalis*-Northern White Cedar. *dans* Burns, R.M. and Honkala B.H. *Sylvics of North America* Volume 1, Conifers. U.S. Dept. Agr. Handb. No. 654.
- KARSSSEN, C.M. 1982. Seasonal patterns of dormancy in weed seeds. *dans* The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination-A. A. Khan, éditeur. Elsevier Biomedical Press, New-York.p.243-270.
- KAYL, A.J. 1968. The role of fire in the boreal forest of Canada. Petawawa forest experiment station Inf. Rep. PS-X-7.
- KOROLEFF, A. 1954. Leaf litter as a killer. *J. For.* **52**: 178-182.
- KRAMER, P.J. et KOZLOWSKI, T.T. 1979. *Physiology of Woody Plants*. Academic Press, New York p. 495-530.
- LAVERTU, D., MAUFETTE, Y. et BERGERON, Y. 1993. Suckering success of quaking aspen (*Populus tremuloides* Michx.) along a successional gradient(non-publié).

- MAINI, J.S. et HORTON, K.W. 1966. Reproductive response of *Populus* and associated Pteridium to cutting, burning, and scarification. Can. Dep. forest. Rural Develop. Forest. Br. Dep. Publ. No 1155.
- MESSIER, C., et PUTTONEN, P. 1993. Characterization of the photosynthetic light environment under scots pine stands: spatial, temporal and successional variations (sous presse).
- MONTGOMEREY, F.H. 1977. Seeds and fruits of plants of eastern Canada and northeastern United States. Ed. University of Toronto Press. Toronto. 232 p.
- MOORE, B. 1926. Influence of certain soil and light conditions on the establishment of reproduction in northeastern conifers. *Ecology* 7(2): 191-220.
- MORNEAU C. et PAYETTE, S. 1989. Postfire lichen-spruce woodland recovery at the limit of the boreal forest in northern Québec. *Can. J. Bot.* 67: 2770- 2782.
- NIENSTAEDT, H., et ZASADA, C. 1990. *Picea glauca* (Moench) Voss-White Spruce. dans Burns, R.M. and Honkala B.H. *Sylvics of North America Volume 1, Conifers*. U.S. Dep. Agr. Handb. No. 654.
- NORUSIS, M.J. 1990. SPSS advanced statistics user's guide. SPSS Inc. Chicago.
- OLIVER, C.D. 1981. Forest development in North America following major disturbances. *Forest Ecol. Manage.*, 3: 153-168.

- PARÉ, D., BERGERON, Y. et CAMIRÉ, 1993. C. Changes in the forest floor of Canadian southern boreal forest after disturbance. *J. Veg. Sci.* **4**: 811-818.
- PLACE, I.M.C. 1950. Comparative moisture regimes of humus and rotten wood. *Can. Dep. Resources and Development, Forest. Br., Silvicultural Leaflet No. 37.*
- PLACE, I.M.C. 1955. The influence of seed-bed conditions on the regeneration of spruce and balsam fir. *Can. Dep. North. Aff. Natur. Resour. Forest. Br. Bull.* **117**.
- POTTS, D.F. 1985. Water potential of forest duff and its possible relationship to regeneration success in the northern Rocky Mountains. *Can. J. For. Res.* **15**: 464-468.
- RASMUSSEN, S. 1991. An introduction to statistics with data analysis. Brooks/Cole Publishing Company. États-Unis.
- ROBINSON, A.J. 1970. Spruce regeneration resulting from seed tree cutting and clearcutting in Newfoundland. *Canada Forest Research, Information Report N-X-43.*
- ROWE, J.S. 1972. Forest regions of Canada. *Environnement Canada, Ottawa, Ontario, Canada.*
- SAUER, J. et STRUIK, G. 1964. A possible ecological relation between soil disturbance, light-flash, and seed germination. *Ecology* **45**(4): 884-886.
- SAS. 1986. Statistics user's guide. SAS institute, Cary, North Carolina, États-Unis.

- SCHERRER, B. 1984. Biostatistique. Édition Gaëtan Morin, Boucherville, Canada.
- SCHREINER, E.J. 1974. *Populus* L.-poplar, dans Seeds of woody plants in the United States. U.S. Dep. Agric. Agr. Handb. No. 450 pp 645-655.
- SIMS, R.A., KERSHAW, H.M. et WICKWARE, G.M. 1990. The Autecology of Major Tree Species of Ontario. COFRDA report 3302. Entente sur la mise en valeur de la ressource forestière. Ontario Ministry of Natural Resources. Publication 5310. NWOFTDU Technical Report 48.
- SLATER, C.S. et BRYANT, J.C. 1946. Comparaison of four methods of soil moisture measurement. Soil Sci. 61: 131-155.
- STIELL, W.M. 1976. White spruce: Artificial regeneration in Canada. Canadian Forestry Service Information Report, Department of Environment FMR-X-85. 275 p.
- SUTTON, R.F. 1964. Effects of some stand and seedbed treatments on lesser vegetation in a boreal Ontario mixedwood. Can. Dep. forest. Rural Develop. Forest. Br. Dep. Publ. No 1090.
- TAN, B.S. et BRUCKERT, S. 1992. Effet des facteurs physiques de l'environnement sur les premiers stades de la régénération naturelle du Sapin pectiné (*Abies alba* Mill) dans certaines régions du Jura. Ann. Sci. For. 49: 337-350.
- TAYLORSON, R.B. 1982. Interaction of phytochrome and other factors in seed germination. dans The physiology and

biochemistry of seed development, dormancy and germination-A. A. Khan, ed. Elsevier Biomedical Press, New York.p.243-270.

THOMAS, P.A. et WEIN, R.W. 1985a. The influence of shelter and the hypothetical effect of fire severity on the postfire establishment of conifer from seed. *Can. J. For. Res.* **15**: 148-155.

----- . 1985b. Delayed emergence of four conifer species on postfire seedbeds in eastern Canada. *Can. J. For. Res.* **15**: 727-729.

THOMAS, P.A. et WEIN, R.W. 1990. Jack pine establishment on ash from wood and organic soil. *Can. J. For. Res.* **20**: 1926-1932.

TREXLER, J.C. et TRAVIS, J. 1993. Nontraditional regression analyses. *Ecology* **74**(6): 1629-1637.

VAN CLEVE, K. et VIERECK, A. 1981. Forest succession in relation to nutrient cycling in the boreal forest of Alaska. Pages 185-211 *dans* D.C. West *et al.* eds. *Forest succession: concepts and application*, ed. Springer-Verlag, New-York, États-Unis.

VINCENT, J.S. et HARDY, L. 1977. L'évolution et l'extinction des lacs glaciaires Barlow et Ojibway en territoire québécois. *Géogr. Phys. Quat.* **31**: 357-372.

WALDRON, R.M. 1966. Factors affecting natural white spruce regeneration on prepared seedbeds at the Riding Mountain

Forest Experiment Area, Manitoba. Can. Dep. forest. Rural Develop. Forest. Br. Dep. Publ. No 1169S.

WEIER, T.E., STOCKING C.R., BARBOUR, M.G. et ROST, T.L. 1982. Botany-an introduction to plant biology. ed. John Wiley & Sons. États-Unis.

WILLIAMS, C.E., LIPSCOMB, M.V., JOHNSON, W.C. et NILSEN, E.T. 1990. Influence of leaf litter and soil moisture regime on early establishment of *Pinus pungens* Am. Midl. Nat. **124**: 142-152.

ZASADA, J. 1986. Natural regeneration of trees and tall shrubs on forest sites in interior Alaska. Pages 44-73 dans Ecological studies: analysis and synthesis. V.57, ill. Springer-Verlag, Berlin.

8. ANNEXE

Nombre de graines récolté

Site	Couvert	Nombre moyen de graines à l'hectare X 1000					
		Sapin		Épinette		Thuya	
		1991	1992	1991	1992	1991	1992
Résineux	Trouée	860	9892	0	280	372	4732
Résineux	Boisé	1693,2	nd	16,68	nd	560	nd
Mixte	Trouée	0	520	12	10372	12	0
Mixte	Boisé	0	nd	206,68	nd	6,68	nd
Feuillu	Trouée	0	586,8	12	426,8	16	360
Feuillu	Boisé	3,32	nd	6,68	nd	10	nd

NOTA: à l'hectare=nombre par trappe/0.000025, 1 trappe=0,25m²,
nd=non déterminé.