

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN RESSOURCES RENOUVELABLES

PAR
SONIA LEMIEUX
B.Sc. EN BIOLOGIE

DYNAMIQUE DE LA RÉGÉNÉRATION D'UNE SAPINIÈRE DU PARC DES GRANDS-JARDINS AYANT SUBI UNE ÉPIDÉMIE DE LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'ÉPINETTE ET UN INCENDIE

Avril 2001



Mise en garde/Advice

Afin de rendre accessible au plus grand nombre le résultat des travaux de recherche menés par ses étudiants gradués et dans l'esprit des règles qui régissent le dépôt et la diffusion des mémoires et thèses produits dans cette Institution, **l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** est fière de rendre accessible une version complète et gratuite de cette œuvre.

Motivated by a desire to make the results of its graduate students' research accessible to all, and in accordance with the rules governing the acceptance and diffusion of dissertations and theses in this Institution, the **Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** is proud to make a complete version of this work available at no cost to the reader.

L'auteur conserve néanmoins la propriété du droit d'auteur qui protège ce mémoire ou cette thèse. Ni le mémoire ou la thèse ni des extraits substantiels de ceux-ci ne peuvent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

The author retains ownership of the copyright of this dissertation or thesis. Neither the dissertation or thesis, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

RÉSUMÉ

Une parcelle de sapinière boréale, située dans le Parc des Grands-Jardins, affectée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette débutant vers l'année 1974 et qui a ensuite été la proie des flammes en mai 1991, a été étudiée. On suppose que la régénération par le Sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.) sera difficile dans cette zone et que les pluies de graines seront peu abondantes étant donné que cette espèce compte sur des semenciers survivants pour coloniser un site après feu et que ces derniers ont été presque tous tués par l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. De plus, bien que le site ait été précédemment une sapinière et que les espèces arborescentes, conifères et feuillus confondus, s'installent sur une courte et même période après perturbation, on suppose que l'aspect visuel du territoire sera dominé majoritairement par les feuillus pour ce qui est des premières années de régénération du site. Puis finalement, on s'attend aussi à ce que la diversité augmente sur la parcelle à l'étude tout au cours de ces premières années de la dynamique de régénération. Afin de vérifier ces hypothèses, les pluies de graines ont été étudiées et des inventaires de la végétation ont été faits. De plus, une attention particulière a été portée sur les espèces arborescentes qui se sont réellement installées sur le terrain. La dimension de la parcelle étudiée est de 60 m par 200 m. Sur une partie de cette parcelle, des trappes à graines ont été disposées pour totaliser une surface d'échantillonnage par graines de 11,08 m². La récolte des pluies de graines a débuté à l'été 1992 et a pris fin à l'automne 1996. Au cours de cette période, on a récolté des graines d'*Abies balsamea* (L. Mill.), de *Picea* sp., plusieurs graines de *Betula papyrifera* Marsh. ainsi que des graines d'au moins 35 autres espèces. La viabilité des graines a été évaluée. Le pourcentage de viabilité des graines est spécifique et varie d'une année à l'autre. Sur le terrain, il a été possible d'observer, au début du

processus de régénération, une abondante régénération végétative et il est possible d'observer que la récolte des graines est dominée dans les strates herbacées, arbustives et arborescentes respectivement par l'*Epilobium angustifolium* L., le *Rubus idaeus* L. et le *Betula papyrifera* Marsh. Aussi, on constate que des nouveaux semis de Sapin et des nouveaux semis d'Épinette se sont ajoutés tout au cours de l'étude ainsi qu'un très grand nombre de jeunes Bouleaux à papier. Au tout début de l'étude, il y a presque exclusivement des espèces de lumière, colonisatrices, et quelques années plus tard, il y a l'ajout d'arbres feuillus. Au cours de ces périodes qui succèdent de peu la dernière perturbation, le Sapin baumier et l'Épinette sp. s'établissent lentement par graines et ce, dès le début du processus de régénération. Leur densité reste faible avec respectivement pour la meilleure année semencière pas tellement plus de 8 graines par m^2 et 17 graines par m^2 . Sur le site à l'étude, il semble y avoir peu de relations spatiales entre les semis de sapin et les semenciers survivants sur la parcelle ou même des semenciers survivants en bordure de la parcelle. La pluie de graines du Sapin, de l'Épinette et du Bouleau à papier est plus abondante à tous les deux ans. Comme cette parcelle de sapinière est située à une altitude légèrement inférieure à quelques collines qui la surplombent, c'est la topographie et le vent qui expliquent l'emplacement des semis de Sapin baumier. Ainsi, globalement la distribution des semis et des graines récoltées est plus aléatoire que contagieuse. Finalement, la recolonisation du site par le Sapin baumier est lente sur cette parcelle de sapinière. Au moment de la fin de cette partie d'étude, le territoire est visuellement dominé par un feuillu en particulier, le Bouleau à papier et la diversité n'a fait qu'augmenter tout au long de cette période d'étude, passant d'une douzaine d'espèces végétales à une quarantaine.

REMERCIEMENTS

Je remercie mon directeur de maîtrise, Monsieur Hubert Morin et je veux qu'il sache que j'ai apprécié son support tout au cours de l'élaboration du présent ouvrage. Je tiens aussi à remercier Madame Nathalie Perron qui a contribué par l'apport de données de 1992-93 prenant place dans son mémoire de maîtrise. Je désire également remercier Madame Marie-Hélène Bouchard qui fut en charge de recueillir les graines et plusieurs données pour l'année 1996. Madame Bouchard a également contribué à titre d'aide de terrain et d'aide de laboratoire. Le terrain et le laboratoire se sont aussi effectués avec l'aide de Mesdames : Valérie Levasseur, Nathalie Fantin, Annie Lessard, Christine Simard ainsi que Messieurs : François Gionest et Charles Privé à qui je veux également dire un gros merci pour leur patience et méticulosité. Merci aussi à Monsieur Germain Savard pour avoir été disponible pour répondre à certaines de mes interrogations au moment des périodes expérimentales du projet ainsi que d'écriture et à Monsieur Alain Larouche qui a procédé à l'identification de certaines graines. Un merci tout spécial à Monsieur Eric Perron qui m'a donné : appuie, aide et conseils de façon régulière tout au long de l'écriture de ce mémoire. Pour terminer, merci à Madame Mona Perron pour sa lecture finale du document.

TABLES DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	II
REMERCIEMENTS.....	IV
TABLES DES MATIÈRES.....	V
LISTE DES TABLEAUX.....	VI
LISTE DES FIGURES.....	VI
CHAPITRE I INTRODUCTION	1
CHAPITRE II MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	8
2.1 SITE ÉTUDIÉ	9
2.2 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL	13
2.3 DONNÉES RECUEILLIES	13
2.4 IDENTIFICATION ET GERMINATION DES GRAINES	14
2.5 TEST DE VIABILITÉ AU CHLORURE	15
2.6 RELEVÉ FLORISTIQUE.....	15
CHAPITRE III RÉSULTATS.....	15
3.1 VÉGÉTATION SUR LE SITE	17
3.1.1 Arbres adultes et végétation établie.....	20
3.2 GRAINES RÉCOLTÉES SUR LE SITE DURANT LES CINQ ANNÉES QUI SUCCÈDENT L'INCENDIE	27
3.3 NOMBRE DE GRAINES RÉCOLTÉES POUR CHACUNE DES CINQ ANNÉES	28
3.3.1 Représentation par graines des espèces de conifères	29
3.3.2 Représentation par graines des espèces de feuillus.....	29
3.3.3 Représentation par graines des herbacés	30
3.4 LES PRINCIPALES ESPÈCES.....	30
3.5 LA VIABILITÉ DES GRAINES.....	31
3.5.1 Viabilité chez les conifères	32
3.5.2 Viabilité chez les feuillus	33
3.5.3 Viabilité chez les herbacés	34
3.6 DISPERSION DES GRAINES DANS LE TEMPS	41
3.6.1 Dispersion des graines de conifères au cours de l'année	41
3.6.2 Dispersion des graines de feuillus au cours de l'année.....	41
3.6.3 Dispersion des graines d'herbacés au cours de l'année	42
3.7 DISPERSION DES GRAINES DANS L'ESPACE	44
3.8 DISPERSION DES GRAINES DANS LE TEMPS AU COURS DES ANNÉES	45
CHAPITRE IV DISCUSSION	48
4.1 PERTURBATIONS RÉCENTES DANS LE TERRITOIRE.....	49
4.2 LA RECOLONISATION ET COMPÉTITION POUR LA LUMIÈRE	50
4.3 LES PLUIES DE GRAINES AU COURS DES CINQ ANNÉES.....	53
4.3.1 Les conifères	56
4.3.2 Les feuillus.....	59
4.4 EXPOSITION DU SOL MINÉRAL APRÈS TROUÉ ET BANQUES DE GRAINES	61
4.4.1 Les feuillus.....	61
4.4.2 Les herbacés.....	63
4.5 LA DIVERSIFICATION DU MILIEU AU COURS DES CINQ ANNÉES DE RECOLONISATION	63
4.5.1 Diversification des espèces végétales.....	63
4.5.2 Dispersion et diversification par la faune	64
CHAPITRE V CONCLUSION	65
CHAPITRE VI LITTÉRATURE CITÉE	68
ANNEXE A DISPERSION DES GRAINES DANS L'ESPACE POUR CHAQUE ANNÉE	74

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Relevé floristique des quadrats des cinq rangées du site Jar-Feu en juillet puis en juin (ombragé) 1995	23
Tableau 2 Relevé floristique des herbacées, fougères, mousses et lichens de cinq rangées du site Jar-Feu en juillet puis en juin 1995 dont les graines des espèces présentées n'ont pas été recueillies lors de l'étude.....	24
Tableau 3 Nombre de graines et quantité en m^2 sur la surface totale de 11,08 m^2 d'échantillonnage	25
Tableau 4 Pourcentage de la représentation des graines selon la strate végétale à laquelle elles appartiennent.....	31
Tableau 5 Viabilité totale de chacune des espèces	35
Tableau 6 Variabilité de la viabilité des espèces	40
Tableau 7 Pourcentage de viabilité des graines des principales espèces selon qu'elles étaient des pluies de graines automnales ou bien hivernales et printanières	43
Tableau 8 Pourcentage de l'espèce sur le total de graines récoltées dans l'année.....	47

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Situation géographique du site étudié (près de Saint-Urbain)	10
Figure 2 Comparaison du terrain de 1992 (en bas) et 1995 (en haut).....	12
Figure 3 Détail de la cartographie du site en 1995.....	19
Figure 4 Nombre de graines récoltées au cours des 5 années suivant le feu de 1991	27
Figure 5 Viabilité des graines d'arbre.....	33
Figure 6 Viabilité des graines de Bouleau à papier selon la date de récolte	37
Figure 7 Viabilité des graines de Framboisier selon la date de récolte.....	37
Figure 8 Viabilité des graines d'Épilobe à feuilles étroites selon la date de récolte	38
Figure 9 Viabilité des graines d'Épinette sp. selon la date de récolte.....	39
Figure 10 Viabilité des graines de Sapin baumier selon la date de récolte	39
Figure 11 Distribution spatiale des pluies de graines de Sapins baumiers (1992-1996).....	45
Figure 12 Distribution spatiale des pluies de graines d'Épinettes sp. (1992-1996)	45

CHAPITRE I
INTRODUCTION

La sapinière boréale est affectée par des perturbations naturelles et anthropiques. Les épidémies de la TBE (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)), entre autres, affectent la dynamique des peuplements de Sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.) (Morin et Laprise, 1990). La tordeuse des bourgeons de l'épinette est un insecte qui, en période épidémique, représente une perturbation majeure et très dévastatrice. Elle amène une diminution de la croissance, de la productivité et même une mortalité des arbres chez le Sapin et l'Épinette (*Picea* sp.). Bien que l'on sache que l'Épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss) est affectée lors des épidémies de la TBE (Blais, 1962), le Sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.) est son hôte privilégié (Blais, 1961). Cette préférence est liée au fait qu'il y a un bon synchronisme entre l'elongation des pousses de l'année du Sapin baumier et le développement larvaire de la tordeuse (Gagnon et Chabot, 1988).

Les peuplements de Sapin baumier sont toutefois bien adaptés à se régénérer après une épidémie de la tordeuse. Bien qu'une épidémie entraîne souvent la mort d'un grand nombre d'arbres-hôtes lorsqu'elle est sévère, la régénération est parfois abondante et des peuplements se développent à la suite de l'ouverture du milieu (Blais, 1965). Morin et Laprise (1990) ont même constaté que ce type d'ouverture du milieu, causé par la défoliation et la mortalité de l'étage dominant (Baskerville, 1975; MacLean, 1984), favorise la reprise de croissance du Sapin situé en sous-bois. Les semis de Sapin germent sur divers milieux et peuvent survivre dans des conditions d'éclairement réduit, ce qui permet l'accumulation d'une banque de semis sous le couvert du peuplement (Hatcher, 1960). Les semis gardent aussi leur capacité de reprise de croissance suite à l'élimination du couvert, ce qui leur permet d'assurer le renouvellement du peuplement à la suite de perturbations comme les épidémies, à condition que celles-ci n'entraînent pas leur destruction.

(Ruel, 1992). La tordeuse s'attaque aussi à l'Épinette blanche mais de façon moins prononcée (Blais, 1954).

Blais (1954, 1965, 1983) indique qu'il y a eu trois épidémies de la tordeuse dans la réserve faunique des Laurentides. Une première ayant débuté en 1910, une seconde en 1947 et une troisième en 1972. Le Parc des Grands-Jardins fait partie de la réserve faunique des Laurentides. Perron (1994) a vérifié la concordance de ces dates pour le parc des Grands-Jardins et a conclu que ces trois épidémies ont débuté aux alentours de 1909, de 1948 et de 1974. De façon plus précise, une attaque de la tordeuse des bourgeons de l'épinette a entraîné la mort d'une proportion importante des Sapins baumiers dans la réserve faunique des Laurentides vers 1914. Cette épidémie montre deux périodes de ralentissement de croissance séparées par 2 années. La période de réduction de croissance des arbres-hôtes est d'environ 14 ans (Blais, 1965). Une seconde attaque de l'insecte a eu lieu vers 1946 (Hardy *et al.*, 1986). Cette épidémie indique deux vagues de défoliation (Blais, 1962). La durée du ralentissement de croissance est d'environ 9 ans (Morin et Laprise, 1990). Une dernière épidémie, d'une sévérité comparable à celle de 1914, a débuté dans la région vers les années 1974 (Sanders *et al.*, 1985), il y a eu une seule réduction de croissance des arbres-hôtes mais l'épidémie a aussi duré 14 ans (Blais, 1983; Hardy, 1984; Morin et Laprise, 1990).

Les incendies forestiers sont d'origine anthropique ou naturelle. Ce sont aussi des perturbations importantes en forêt boréale (Wein et Moore, 1977). Le Sapin baumier n'est pas bien adapté à se régénérer après un incendie (Gagnon, 1988). En outre, l'espèce ne peut pas compter sur une banque de graines viables dans le sol ou dans l'arbre pour assurer sa régénération (Thomas et Wein, 1985; Morin, 1986). Vers la mi-septembre, le Sapin baumier disperse ses graines dans l'environnement puisque ses cônes se désagrègent rapidement après leur production

(Bélanger *et al.*, 1993). Aussi, les banques de semis de Sapins sont souvent détruites par la chaleur du feu (Methven et Murray, 1974). Le Sapin se régénère par graines à partir de survivants (Dix et Swan, 1971). La réinstallation du Sapin baumier après ce type de perturbation du milieu dépend du nombre de semenciers survivants ou de la proximité d'une source de graines externe au brûlis (MacArthur, 1964; Bélanger *et al.*, 1993). Ainsi, l'incendie d'un secteur forestier principalement constitué de Sapins, peut évoluer vers un paysage végétal différent (Dion, 1986; Perron 1994). La probabilité de retrouver la même composition végétale après un feu dans une sapinière est faible (Dix et Swan, 1971). Toutefois, l'Épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) BSP.) possède un bon mécanisme de régénération après feu. Dans la forêt boréale, les peuplements naturels d'Épinettes noires proviennent majoritairement de graines après feu (Morin et Gagnon, 1991). Le feu demeure un facteur déterminant dans la composition de la végétation et les écosystèmes ont aussi évolué en réponse à ce facteur (Gagnon, 1988; Saint-Pierre, 1990).

On peut observer la prolifération de certaines espèces intolérantes à l'ombre immédiatement après l'ouverture d'un site par la coupe ou le feu. À ce moment, la germination est favorisée par une exposition du sol minéral. Le Bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marsh.), le Framboisier (*Rubus idaeus* L.) et le Cerisier de Pennsylvanie (*Prunus pensylvanica* L.f.) sont des espèces intolérantes à l'ombre (Ruel, 1992). Selon Hosie (1973), le Bouleau à papier se régénère bien par rejets de souche après un feu. Par contre, selon une étude de Foster et King (1986), le Bouleau à papier se régénère très bien après un feu par semis et peu par rejets de souches. Le Bouleau à papier regorge de moyens pour coloniser les terrains perturbés. Le Framboisier et le Cerisier de Pennsylvanie peuvent compter sur une banque de graines dans le sol dont la germination sera rendue possible par l'exposition du sol lors de l'ouverture du couvert (Graber et Thompson, 1978). Selon Fulton (1974) le cerisier peut aussi se reproduire par

drageonnement ou rejet de souche. Les arbustes fruitiers comme les Framboisiers ont une banque de graines dans le sol plus importante que les autres types de plantes; la banque peut contenir jusqu'à 1000 graines/ m^2 (McDonnell, *et al.*, 1990). Dans un site perturbé, le Framboisier peut proliférer au début de la recolonisation d'un site, mais après 15 ans, sa population disparaît presque totalement (Hatcher, 1960). Pour sa part, le Cerisier de Pennsylvanie trouve la mort autour de 25-30 ans après son installation sur un site perturbé. Il est important de noter que le Bouleau à papier a une longévité plus élevée que les deux autres espèces intolérantes à l'ombre et que le Bouleau faisant de l'ombre au semis de Sapin, il pourrait s'en suivre une réduction de croissance chez le Sapin, dès dix à quinze ans après la recolonisation du site (Ruel, 1992). Ainsi, le peuplement risque de contenir une quantité de feuillus supérieure à celle du peuplement d'origine (Ruel, 1992).

La fréquence des pluies de graines dépend de la quantité et de la proximité des semenciers (McDonnell, *et al.*, 1990). Le mode de dispersion annuelle des graines influence la quantité et le type de graines pour une récolte ponctuelle (McDonnell, *et al.*, 1990). Le Bouleau à papier a des graines qui peuvent parcourir de grandes distances vue leur légèreté et ainsi couvrir un site après son ouverture (Ruel, 1992). La densité des pluies de graines n'est pas différente lorsque la distance qui sépare le semencier des graines retrouvées varie entre 0 et 40 m. Lorsque la distance excède 40 m, on commence à assister à une décroissance du recrutement en semis (McDonnell, *et al.*, 1990). Lorsque la distance entre les graines et la source des graines s'élève à plus de 70 m, la densité des pluies de graines décroît significativement (McDonnell, *et al.*, 1990). Les graines d'arbres sont dispersées environ à une dizaine de mètres de leur source et rarement à plus de 200 m de cette même source (McDonnell, *et al.*, 1990). Les graines contenues dans un fruit et les grosses graines ont besoin d'aide supplémentaire pour se distancer de leur semencier

respectif (McDonnell, *et al.*, 1990). Qu'on soit après une coupe à blanc, dans une jeune forêt ou dans une forêt surannée, la dispersion des graines et la quantité de graines retrouvées à un endroit donné est fonction de la quantité de semenciers, de la distance de ces derniers, des propriétés aérodynamiques des graines ou fruits et finalement de la nature et de la direction des vents (McDonnell, *et al.*, 1990). Plusieurs éléments influencent le patron de dispersion des graines par les oiseaux et leur comportement. Il s'agit du nombre de perchoirs, de la disponibilité de la nourriture, de la difficulté d'accès pour les prédateurs (obstruction visuelle) et de l'exposition des semenciers aux vents (McDonnell *et al.*, 1990). D'autres animaux peuvent influencer la dispersion des graines soit par la prédation ou l'expansion. Par exemple, une portion des graines de l'Épinette noire peut être mangée par l'Écureuil roux (*Tamiasciurus hudsonicus*) ou encore l'ingestion de certaines graines non digérées et éjectées par les fèces des animaux peuvent amener l'installation étendue de certaines espèces végétales. La présence de ces animaux est influencée par la présence du type de végétation et sa densité, souvent reliés à l'âge de la forêt.

Les épidémies ont une incidence sur la dynamique des peuplements de Sapin baumier. Si on ajoute à cette perturbation un feu qui brûle la majorité des semenciers survivants, comment le Sapin baumier pourra-t-il constituer à nouveau l'essence principale du peuplement forestier? Quelle sera l'espèce dominante du nouveau peuplement? Si cette espèce dominante est le Sapin baumier, aura-t-il les mêmes espèces compagnes qu'auparavant? La diversité sera-t-elle supérieure ou inférieure au cours des années? Y aura-t-il un apport continual de nouvelles espèces végétales au cours de cette recolonisation ou sera-t-on en présence d'un peuplement où les espèces retrouvées seront sensiblement les mêmes au cours des cinq premières années de l'étude?

L'étude portera sur un secteur d'une sapinière du Parc des Grands-Jardins qui a été affecté sévèrement par l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'Épinette qui débute aux alentours de 1974. À ce moment, l'épidémie avait provoqué la mort de presque tous les Sapins baumiers matures. Puis, en mai 1991, les flammes ravagèrent le secteur en tuant presque la totalité de la régénération de Sapin baumier bien établie à ce moment.

On émet comme hypothèse qu'il y aura un changement dans la composition du peuplement et un lent retour du Sapin baumier. Ainsi, on fixe comme objectif de suivre la régénération de ce site par un inventaire périodique de la dispersion des graines et par des inventaires de la végétation.

CHAPITRE II
MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Site étudié

Un secteur du parc des Grands-Jardins ($47^{\circ} 41'$ de latitude nord et $70^{\circ} 51'$ de longitude ouest), accessible de la route 381 a été choisi. Le site est situé près de Saint-Urbain, à égale distance entre Chicoutimi et Québec (Figure 1). C'est une petite partie d'une sapinière boréale qui a subi les deux perturbations recherchées. La région écologique du site d'étude est le domaine de la sapinière à bouleau blanc (Thibault, 1985). La parcelle étudiée a une dimension de 60 m par 200 m. Les 100 premiers mètres les plus au nord-nord-ouest sont utilisés pour installer des trappes à graines. Les 100 derniers mètres sont utiles pour des études qualitatives de la végétation (Figure 2). La géomorphologie est constituée par des dépôts meubles, d'origine glaciaire. C'est un till mince sur la roche en place ou directement la roche en place. On retrouve principalement un sol appelé podzol humo-ferrique. Bien que le niveau de fertilité de ce type de sol ainsi que le drainage soient considérés comme moyens, ce sol permet tout de même, la germination des graines du Sapin baumier. Sur le terrain, il est possible que le drainage soit plus rapide en certains endroits en raison de la morphologie en pente. On retrouve environ six endroits où le terrain est mamelonné par le renversement des arbres par le vent. Le climat est plutôt rigoureux car il correspond à la zone 2 et 3 : une saison de culture courte, un hiver long et froid et environ 100 jours, sans gel, de culture par année. On attribue, de façon très générale, une moyenne normale de précipitations de près de 8 cm à près de 13 cm en juillet. Les autres conditions qui sont la lumière, l'ombre et l'humidité sont citées ici : au début de l'étude, il y a beaucoup d'ensoleillement et peu ou pas d'ombre car il n'y a à peu près pas de survivants de l'incendie. La seule ombre est créée par les chicots calcinés à certains endroits. L'humidité est excessivement basse, le terrain est excessivement sec et couvert de suie.

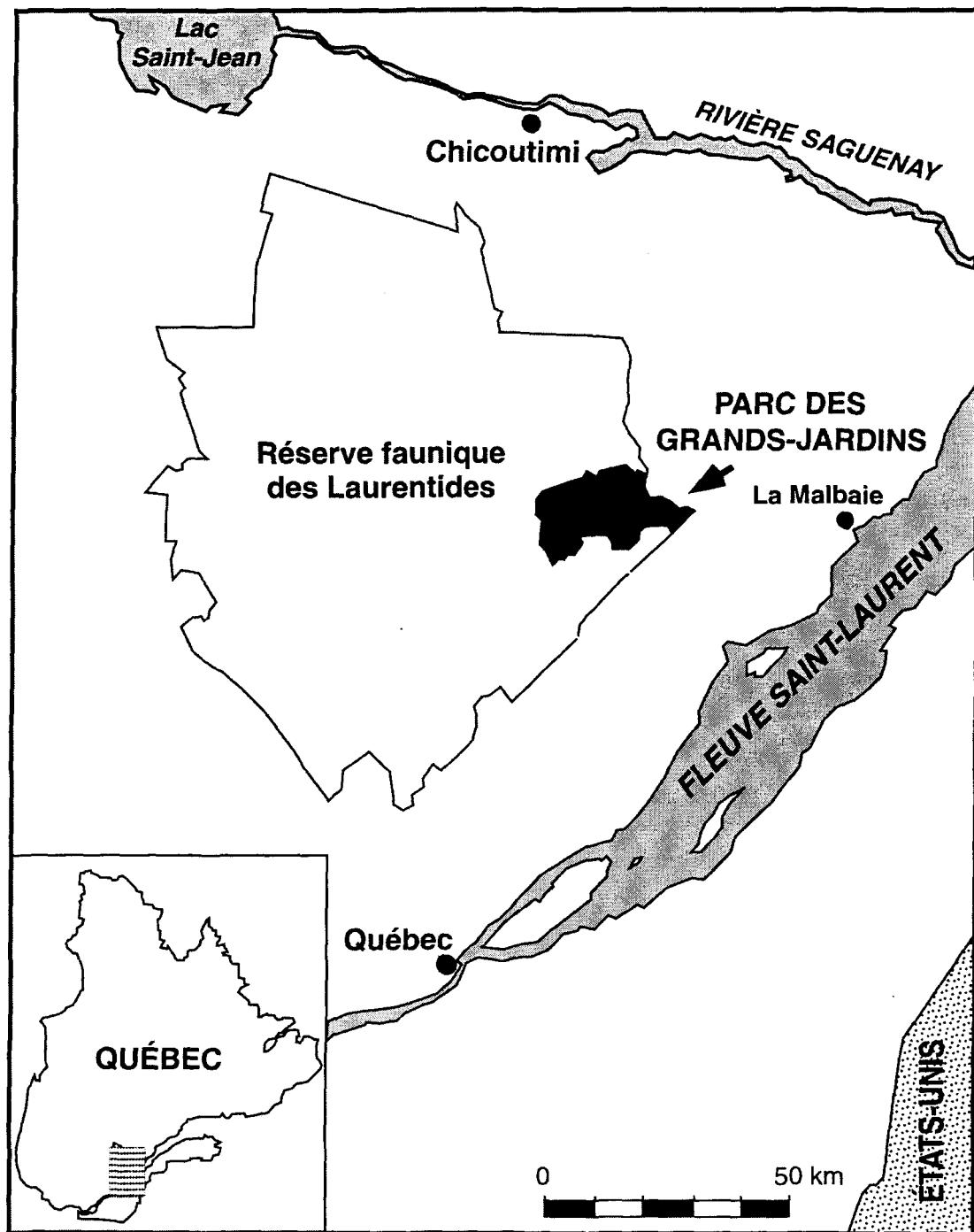


Figure 1 Situation géographique du site étudié (près de Saint-Urbain)

Il y a ensuite un peu d'ombre créée par les souches affaissées au sol et la végétation herbacée telle l'Épilobe à feuilles étroites (*Epilobium angustifolium* L.) installée relativement rapidement après l'incendie. Il y a peu de possibilité de formation de microclimats à l'exception d'un petit secteur constitué par un îlot de survivants de petits Sapins, longeant un ruisseau situé sur le terrain dans la placette-échantillon F9 et F10 (Figure 2). À cet endroit, la neige reste plus longuement au printemps, retardant le réchauffement du sol. Il y a aussi un emplacement où la température peut être plus chaude, cela correspond à la zone du coupe-feu, c'est une bordure légèrement plus sablonneuse, les arbres ayant été retirés (le sable se réchauffe vite), cette lisière est située près des placettes-échantillons A1, B1, C1, D1, E1 et F1. Dans le parc des Grands-Jardins, les vents dominants (nord-ouest) amènent avec eux un air qui a déjà circulé entre des Sapins baumiers et des Épinettes sp. semenciers ainsi que d'autres essences qui ont survécu à l'épidémie et au feu avant de s'introduire au niveau du site étudié. Au nord-nord-ouest du site à l'étude, un coupe-feu a été créé au moment de l'incendie forestier et tous les arbres situés au nord-nord-ouest de cette limite ont été épargnés de l'incendie. En effet, plusieurs semenciers, également survivants de l'épidémie des années 1970, sont présents dans ce secteur particulier et sont potentiellement en mesure de recoloniser le site à l'étude. Outre le secteur au nord-nord-ouest, la colline située à l'ouest du site a permis à des individus de Sapin baumier et d'Épinette sp. de s'établir et certains arbres semenciers qui ont été épargnés par les deux perturbations successives sont potentiellement en mesure aussi de recoloniser le site à l'étude. Quelques semenciers survivants présents dans l'environnement contigu au site sont distants de moins de 10 m des trappes à graines disposées pour l'étude.

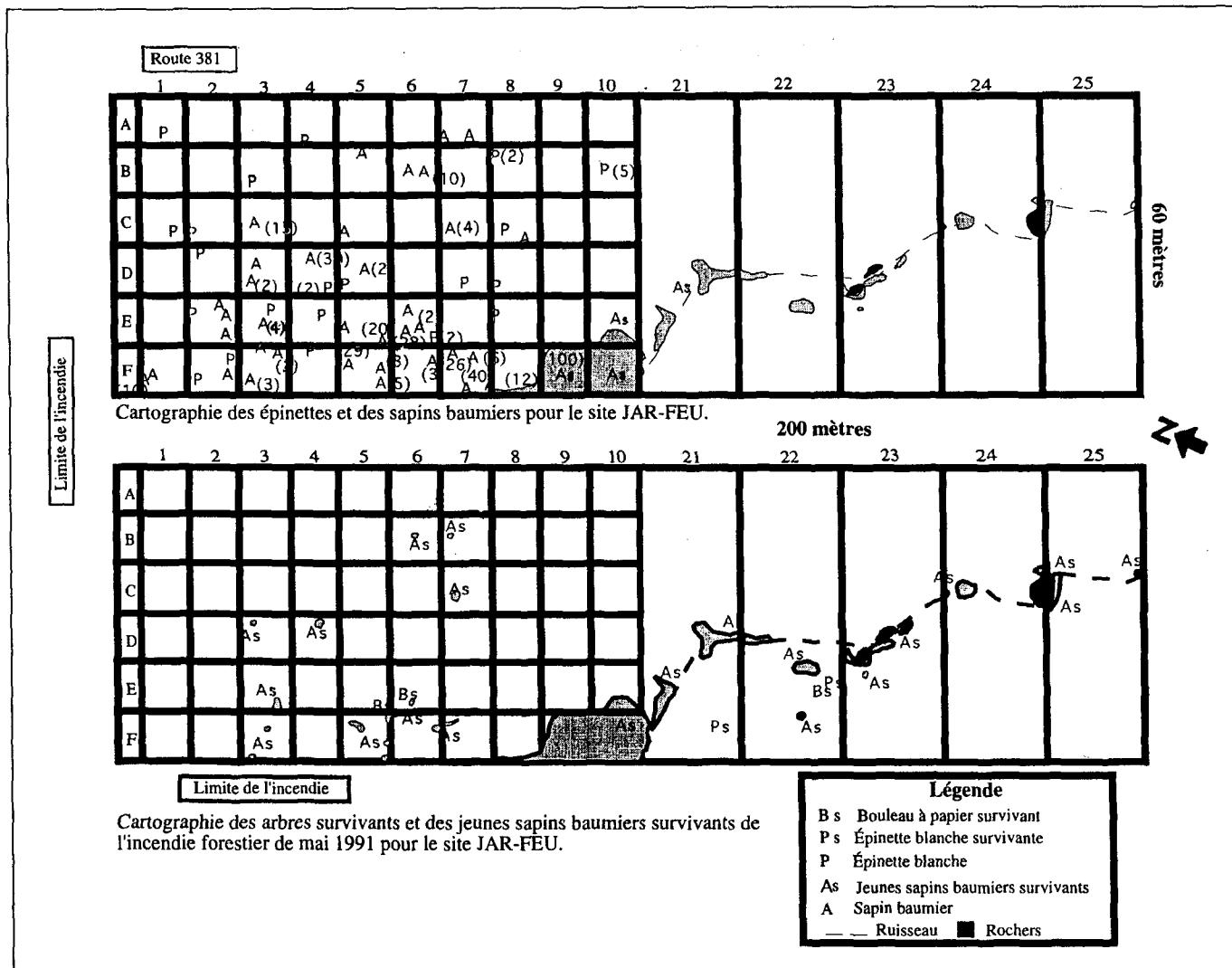


Figure 2 Comparaison du terrain de 1992 (en bas) et 1995 (en haut)

2.2 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental qui a été choisi est constitué de trappes à graines qui ont été réparties pour obtenir un échantillonnage systématique en quinconce puisque le mode de répartition naturel des graines est souvent contagieux (Filion et Morin, 1996). La configuration en quinconce maximise la distance entre les placettes échantillons et diminue les redondances dans les informations recueillies (Sherrer, 1984). La trappe à graines est en fait constituée par une chaudière en acier galvanisé, recouverte d'un carré de tissu perméable à l'eau qui forme une pochette concave dans la chaudière. Le tout est recouvert par une « broche à poules » lâche, fixant la poche de tissu et servant à protéger les graines retenues contre les petits granivores. Pour éviter que ces chaudières se remplissent d'eau de pluies et se déplacent, on y a percé un trou en leur fond, puis on les a fixées par un long clou. Les chaudières ont une ouverture de 28 cm de diamètre, chacune d'elles couvre une surface d'échantillonnage de 0,062 m². Le nombre des chaudières s'élève à 180, la surface d'échantillonnage totale s'élève ainsi à 11,08 m², répartie sur 6000 m².

2.3 Données recueillies

Les 180 trappes à graines ont été visitées à toutes les deux semaines du mois d'août au mois d'octobre et/ou même au mois de novembre et ce, pour les années 1992 à 1996 inclusivement. Afin de récolter les graines qui sont tombées à la toute fin de l'automne ou durant l'hiver, une récolte a été faite au printemps durant toutes ces années, sauf pour la dernière année de récolte des graines. La récolte du printemps a eu lieu dans les mois de mai, aussitôt la neige fondue.

2.4 Identification et germination des graines

Les graines récoltées ont été identifiées à l'espèce préférentiellement, sous une loupe-binoculaire, à l'aide d'un manuel d'identification (Montgomery, 1977) ou par comparaison à des spécimens de référence. Certaines des graines recueillies étaient endommagées; elles étaient: à moitié mangées, attaquées ou altérées par le temps. Dans ces cas, l'identification a été réalisée selon les détails restants sur la graine et souvent plus au genre qu'à l'espèce. Les graines ont ensuite été entreposées à 4°C ou 5°C, de quatre à cinq mois avant le début des tests de germination. Pour ce faire, toutes les graines ont été nettoyées en étant trempées pendant 5 minutes dans l'eau de Javel (Hypochlorite de sodium) 1 % à l'aide de filets d'aquarium. Elles ont été rincées trois fois successivement à l'eau stérile. Elles ont ensuite été placées sur deux épaisseurs de filtre stérile mouillé à l'eau stérile et finalement, le tout a été placé dans des pétris. Ces opérations ont été effectuées sous une hotte. Les pétris, fermés par un papier paraffiné, ont été placés dans des conditions favorables à la germination en cabinet de croissance pendant un mois. L'expérience de germination a été faite en respectant le plus de conditions de germination possible vue la grande diversité de graines introduites dans un même cabinet pour une même période de germination. Les conditions de germination consistaient en une alternance jour-nuit, soit : un jour de seize heures avec une température de 25°C et une nuit de huit heures avec une température de 12°C. Le passage du chaud au froid s'effectuait graduellement dans les cabinets de croissance (Edwards, 1987). Au cours de cette période, un fongicide fut ajouté au besoin. Il s'agissait du Captan 10% et du Benomyl 2% ou encore du Benomyl 3%.

2.5 Test de viabilité au Chlorure

Après cette période de temps, si les graines n'étaient pas germées, elles étaient coupées en deux sur le sens de la longueur, puis immédiatement plongées dans une solution aqueuse de chlorure de tétrazolium (triphélyl-2,3,5-tétrazolium) 1% (Grabe, 1970) pendant environ 36 heures à l'obscurité (Houle et Payette, 1991b). Après cette période, les embryons uniformément colorés en rouge ou en rose furent classés comme viables. Les évaluations de la viabilité finale regroupent les tests de germination et de viabilité (Houle et Payette, 1991b). La viabilité finale est aussi nommée viabilité totale.

2.6 Relevé floristique

Les relevés floristiques ont été réalisés pour chacune des cinq rangées impaires des 100 m les plus au nord. Pour chacun des six quadrats constituant une rangée, un m^2 fut relevé, donnant ainsi une évaluation de six différents m^2 pour une rangée. Le relevé a été réalisé deux fois, une première fois au printemps 1995 et une seconde fois à l'été 1995. Le relevé a évalué les strates : muscinale, herbacée, arbustive et arborescente selon les classes de recouvrement suivantes : < 1% (+), 1-5% (1), 6-25% (2), 26-50% (3), 51-75% (4) et 76-100% (5) (Braun-Blanquet, 1965). La nomenclature utilisée fut celle de Marie-Victorin (1964).

CHAPITRE III
RÉSULTATS

3.1 Végétation sur le site

Au tout début de l'étude, immédiatement après le feu, il y a une aire partiellement ouverte, moyennement dégagée étant donné la présence de plusieurs chicots d'arbres calcinés. Il demeure trois semenciers de Bouleau à papier et trois semenciers d'Épinette blanche, soit six arbres matures vivants sur le site de 200 m par 60 m, susceptibles de recoloniser le site. Dès lors, des liens de proximité sont établis entre les pluies de graines de ces espèces et les trois semenciers respectifs. Sur le terrain, il est possible d'observer au début du processus de régénération, une abondante régénération végétative, entre autres, de Peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.) et de d'autres espèces inscrites et soulignées au Tableau 3. Après l'incendie, il n'y a toutefois plus de semenciers de Sapin baumier. Le Sapin baumier n'a donc pas de source de semences sur l'aire brûlée au début des années 1990. À ce moment, il n'y a pas non plus un Sapin mature aux alentours immédiats du terrain. Il y a toutefois sur le terrain, au moment qui succède immédiatement le feu, des petits îlots de semis de Sapins vivants épargnés par l'incendie. La recolonisation par le Sapin baumier provenant des îlots de survivants débute au milieu des années 1990 puisque certains semis de Sapins, épargnés par l'épidémie et survivants des flammes de mai 1991, commencent à produire des graines.

Au tout début de l'étude, il y a presque exclusivement des espèces de lumière colonisatrices telles l'Épilobe, l'Aster (*Aster* sp.) et le Framboisier. Quelques années plus tard, il y a l'ajout d'arbres tels le Bouleau à papier, le Sureau pubescent (*Sambucus pubens* Michx.), le Sorbier d'Amérique (*Sorbus americana* Marsh.) et le Cerisier de Pennsylvanie. Au cours de ces périodes qui succèdent de peu la dernière perturbation, le Sapin baumier et l'Épinette sp. s'établissent lentement et ce, dès le début du processus de régénération. La première année d'étude sur le terrain, soit une année après l'incendie (1992-93), le système mis en place pour récolter les semences a permis de récolter principalement douze différentes espèces de graines : dont certaines en très faible

quantité: Érable à épis (*Acer spicatum* Lam.), Aulne sp. (*Alnus* sp.), *Galeopsis tetrahit*, Oxalide de montagne (*Oxalis montana* Raf.), Sureau pubescent et Bleuet sp. (*Vaccinium* sp.). Les douze espèces retrouvées la première année de l'étude sont inscrites en caractères gras au Tableau 3.

Dès l'automne 1993, les six survivants de l'incendie sont morts et ont chuté (Figure 2). Le système de récolte des semences reste en place. D'autres espèces s'ajoutent à la liste des espèces trouvées en 1992, comme il sera spécifié à la section 4.5. Plus tard, le site est couvert majoritairement de Bouleaux à papier, de Framboisiers, d'Épilobes à feuilles étroites, de Quatre-temps (*Cornus canadensis* L.) et de Maïanthèmes du Canada (*Maianthemum canadense* Desf.). En 1995, le terrain compte plusieurs nouveaux semis. En comparant le terrain de 1991 à celui de 1995, il est possible de distinguer environ une trentaine de nouveaux semis d'Épinettes sp. et de nouveaux semis de Sapins sur une surface de 60m par 100m (Figure 2). La présence d'un très grand nombre de jeunes Bouleaux à papier a aussi été remarquée en 1995 sur le terrain.

Le Sapin baumier et l'Épinette blanche ont été inventoriés en juin 1995 dans presque chacune des rangées du terrain étudié et même dans chacune des inter-rangées soit les rangées paires également (Figure 3). La rangée neuf n'a pas d'Épinette blanche (Figure 3). Puis, un très grand nombre de jeunes Bouleaux à papier a été remarqué dans toutes les rangées. En 1995, la répartition des semis de Sapin, d'Épinette sp. et de Bouleau à papier est indépendante de l'emplacement des arbres semenciers qui avaient survécu immédiatement après le feu de 1991.

La majorité des jeunes Sapins inventoriés en 1992 immédiatement après le feu, a survécu. Un seul cas de mortalité a été vérifié dans la rangée 7B (Figure 2). Les semis se répartissent en ne respectant pas un plan spatial particulier en 1995 (Figure 2).

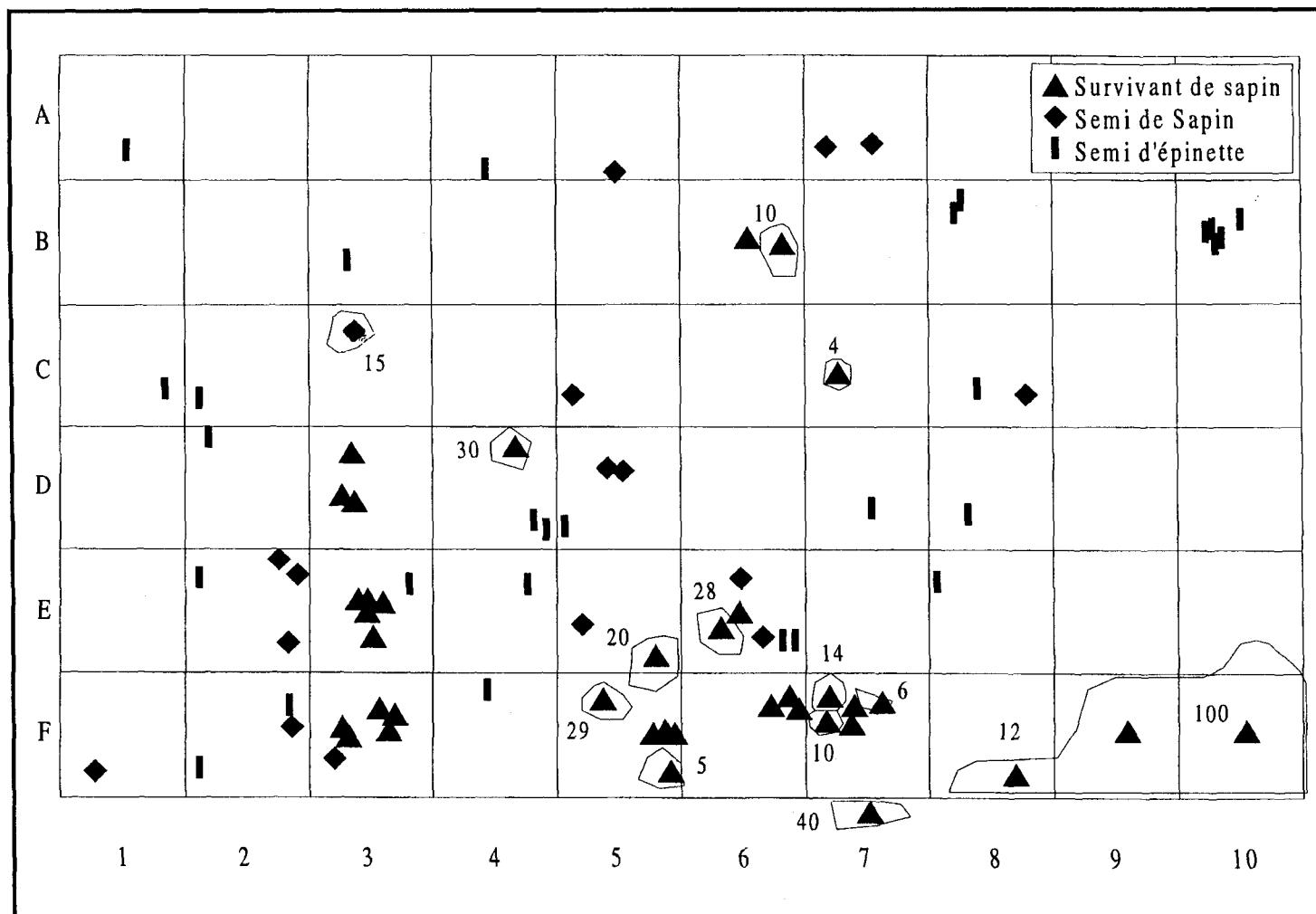


Figure 3 Détail de la cartographie du site en 1995

3.1.1 Arbres adultes et végétation établie

3.1.1.1 Conifères du terrain cartographiés ou inventoriés

En 1992, aucune petite Épinette n'était demeurée vivante après l'incendie, mais plusieurs petits Sapins avaient survécus et ont été cartographiés en bloc (Figure 2). Le nombre de petits Sapins survivants constitue la majorité des semis de Sapin cartographiés encore en 1995. Les petits Sapins survivants au feu sont répartis dans les rangées 3 à 10 (Figure 2). Ainsi, au total, environ 290 petits Sapins ont survécu au feu de 1991. Le tiers des petits Sapins cartographiés en 1995 provient d'un îlot de survivants du feu, situé sur les quadrats 8F, 9F et 10F. Ces trois quadrats contiennent un ruisseau. Puis, des Épinettes se sont aussi établies. Ainsi, un total d'environ 350 petits conifères est présent sur cette surface de 100m par 60m cartographiée en 1995 (Figure 3).

Avec les 31 semis de Sapins supplémentaires ajoutés suite à la cartographie de 1992, ce site comprend environ 320 petits Sapins, ce qui fait environ 0,053 tiges de Sapin par m^2 dans les 100 m les plus au nord-nord-ouest du terrain (Figure 3). Dans les inventaires de végétation de 1 m^2 au sol en 1995, le Sapin a été observé et noté dans des quadrats des rangées 5, 7 et 9. Il faut noter qu'il y a d'autres semis en dehors de ceux présents dans les quadrats d'échantillonnage de cet inventaire de végétation qui seront présentés au sous-chapitre 3.1. Précisément sur la cartographie du terrain à l'étude, il y a aussi un total de 28 semis d'Épinettes, plus récemment établis, cela fait environ 0,005 tige d'Épinette par m^2 (Figure 3). Des trois semenciers d'Épinette blanche qui furent repérés sur le site en 1992 après le feu, un était situé dans la rangée 8 (Quadrat 8B) des 100 m les plus au nord-nord-ouest (Figure 2). Cette Épinette est morte l'année suivante. Les graines sont plus nombreuses aux endroits où les semenciers prenaient place en 1992 mais en 1995, les graines et les petits semis ont un emplacement indépendant (Figure 3). Dans les inventaires de végétation de 1 m^2 au sol en

1995, l'Épinette sp. n'a pas été observée bien qu'il y ait des semis d'Épinettes sp. présents sur ce terrain.

3.1.1.2 Représentation des feuillus lors des inventaires de végétation

Le territoire est couvert majoritairement par le Bouleau à papier en 1995. Trois semenciers de Bouleau à papier furent repérés sur le site en 1992 après le feu dont deux, dans deux rangées différentes (Rangée 5 E et 6 E) des 100 m les plus au nord-nord-ouest (Figure 2). La première année d'échantillonnage, soit 1992-93, une relation spatiale entre les deux survivants matures de l'incendie et l'emplacement de la récolte des graines de cette espèce avait été établie. Ces survivants de l'incendie sont maintenant morts et renversés (Figure 3). Cette relation ne peut plus être faite. Plus précisément sur le site, dans les inventaires de végétation de 1 m² au sol, le Bouleau à papier a été observé et noté dans les quadrats des rangées suivantes : 1 (A, B et C); 3 (B, C, D, E et F); 5 (B, C, D et F); 7 (B, C, E et F) et 9 (A, B et F) (Tableau 1). Le site est couvert majoritairement par le Bouleau à papier encore à l'été 1999.

On a noté la présence de Sureau pubescent dans les rangées inventoriées 1C, 3D, 5D et 9E. Le Cerisier de Pennsylvanie a été trouvé dans les rangées inventoriées 1C et 1F, 3D, 5B et 5E et 7D. Le Sorbier d'Amérique a été observé seulement dans la rangée 7B. Les autres arbres feuillus ou arbustes tels les Aulnes sp., l'Érable à épis, le Cornouiller stolonifère (*Cornus stolonifera* Michx.) et le Saule (*Salix* sp.) n'ont pas été vus lors des inventaires de un mètre par un mètre au sol (Tableau 1). Deux périodes ont servi à réaliser l'inventaire des plantes en 1995 soit le printemps et l'été. Dans les Tableaux 1 et 2, les espèces répertoriées avec un chiffre ombragé représentent les espèces inventoriées au printemps. Toutes les espèces incluses dans le Tableau 1 sont des espèces dont les graines ont aussi été trouvées dans les récoltes des pluies de graines.

On a noté dans les Tableaux 1 et 2, les espèces végétales qui ont été vues dans les 30 quadrats qui constituent au total, cinq rangées du site (Jar-92). Chaque rangée est constituée de six quadrats de 10 m², dont un unique m² par quadrat a servi lors des inventaires du printemps et ensuite de l'été 1995. Les espèces végétales vues sur le site (Jar-92) au printemps et à l'été 1995 mais dont les graines n'ont pas été recueillies dans les récoltes de graines sont également notées au Tableau 2. Dans les Tableaux 1 et 2, les inventaires du printemps (chiffres écrits en caractères ombragés) de la rangée 5 sont incomplets; ils comprennent 1 sur 6 quadrats habituellement observés.

Tableau 1 Relevé floristique des quadrats des cinq rangées du site Jar-Feu en juillet puis en juin (ombragé) 1995

Tableau 2 Relevé floristique des herbacées, fougères, mousses et lichens de cinq rangées du site Jar-Feu en juillet puis en juin 1995 dont les graines des espèces présentées n'ont pas été recueillies lors de l'étude

ESPÈCES	A1	B1	C1	D1	E1	F1	A3	B3	C3	D3	E3	F3	A5	B5	C5	D5	E5	F5	A7	B7	C7	D7	E7	F7	A9	B9	C9	D9	E9	F9		
<i>Aster sp.</i>																			3													
<i>Epilobium sp.</i>																				+												
<i>Linnaea borealis</i>													1	1					2			+				1	1 et 1			+		
<i>Solidago macrophylla</i>	+												+		+																	
<i>Trientalis borealis</i>													1		+														+	+	+	
<i>Fougère spp.</i>													+	1																		
<i>Dicranum sp.</i>	1 et 1	1 et 3	1 et 2	1 et 1	2 et 2	2 et 2	2 et 2	+ et 1	1 et 2	1	1	1	1	+	3 et 2	1 et 2	3 et 3	1 et 1	1	1	1 et 2	3 et 2	2 et 1	+ et 1	1 et 1	+ et 1						
<i>Dryopteris sp.</i>								+					2									+									1	
<i>Hylocomium splendens</i>																															1	
<i>Lycopodium annotinum</i>																					+											
<i>Lycopodium clavatum</i>								+											1													
<i>Lycopodium obscurum</i>														+																		
<i>Lycopodium sp.</i>																			1													
<i>Polytrichum sp.</i>	1 et 3	2 et 2	4 et 3	1 et 2	2 et 1	3 et 2	1 et 1	1	+ et +	1 et 1	+ et +	+ et 1	2 et 1	2	1	+	1	+	1 et 2	3 et 2	2 et +	+	2 et +	1	2 et 2	1 et +	+ et 1	+ et +	+			

Pour les tableaux 1 et 2: *Classes de recouvrement: <1% (+); 1-5% (1); 6-25% (2); 26-50% (3); 51-75% (4) et 76-100% (5), Braun-Blanquet, 1965. Les chiffres normaux représentent les chiffres du relevé de juillet 1995 et ceux en gras, de juin 1995

Tableau 3 Nombre de graines et quantité en m² sur la surface totale de 11,08 m² d'échantillonnage

	1992-93		1993-94		1994-95		1995-96		1996...	
	Nombre	Qté/m ²								
<i>Galéopsis tetrahit</i>	4	0,36								
<i>Composée sp.</i>	1	0,09								
<i>Alnus sp.</i>	5	0,45								
<i>Aralia sp.</i>			1	0,09			1	0,09		
<i>Acer spicatum</i>	10	0,90	2	0,18	23	2,08			10	0,90
<i>Abies balsamea</i>	15	1,35			95	8,57	1	0,09	26	2,35
<i>Alnus rugosa</i>			9	0,81	16	1,44			13	1,17
<i>Picea sp.</i>	84	7,58	18	1,62	195	17,60	17	1,53	13	1,17
<i>Betula papyrifera</i>	3506	316,43	761	68,68	9045	816,34	70	6,32	1867	168,50
<i>Sambucus pubens</i>	1	0,09	207	18,68	443	39,98	106	9,57	163	14,71
<i>Rubus idaeus</i>	277	25,00	8135	734,21	16673	1504,78	10054	907,40	3630	327,62
<i>Vaccinium sp.</i>	5	0,45	353	31,86	116	10,47	171	15,43	1	0,09
<i>Aster acuminatus</i>	221	19,95	215	19,40	61	5,51	154	13,90	181	16,34
<i>Epilobium angustifolium</i>	191	17,24	8890	802,35	2060	185,92	23964	2162,82	649	58,57
<i>Oxalis montana</i>	5	0,45	4	0,36	12	1,08	8	0,72	7	0,63
<i>Cornus stolonifera</i>			1	0,09			1	0,09		
<i>Epilobium glandulosum</i>			3	0,27	1	0,09	10	0,90		
<i>Scirpus atrovirens</i>			8	0,72	1	0,09	25	2,26		
<i>Cyperaceae</i>					1	0,09				
<i>Prunus pensylvanica</i>			1	0,09	3	0,27	1	0,09	10	0,90
<i>Cornus canadensis</i>			79	7,13	2	0,18	13	1,17	4	0,36

Tableau 3 (suite)

Nombre de graines et quantité en m² sur la surface totale de 11,08 m² d'échantillonnage

	1992-93		1993-94		1994-95		1995-96		1996...	
	Nombre	Qté/m ²	Nombre	Qté/m ²	Nombre	Qté/m ²	Nombre	Qté/m ²	Nombre	Qté/m ²
<i>Betulaceae</i>			1	0,09	30	2,71	65	5,87	1	0,09
<i>Calamagrostis canadensis</i>			562	50,72	597	53,88	874	78,88	727	65,61
<i>Carex</i> sp.			38	3,43			2	0,18	25	2,26
<i>Lactuca biennis</i>			2	0,18			26	2,35	14	1,26
<i>Anaphalis margaritacea</i>					2	0,18	2	0,18	1	0,09
<i>Sorbus americana</i>					3	0,27			2	0,18
<i>Clintonia borealis</i>							23	2,08		
<i>Gramineae</i>							1	0,09		
<i>Ribes glandulosum</i>							9	0,81		
<i>Coptis groenlandica</i>							1	0,09		
<i>Chiogenes hispidula</i>							5	0,45		
<i>Claviceps purpurea</i>							5	0,45		
<i>Geranium</i> sp.							1	0,09		
<i>Alnus crispa</i>							9	0,81	28	2,53
<i>Agrostis</i> sp.							438	39,53	625	56,41
<i>Salix</i> sp.							11	0,99	2	0,18
<i>Streptopus roseus</i>							14	1,26	14	1,26
<i>Brassica nigra</i>							28	2,53	6	0,54
<i>Typha latifolia</i>							5	0,45	1	0,09
<i>Maianthemum</i> sp.									1	0,09
Total/Année	4325		19290 + 2 inc.		29379 + 2 inc.		36115 + 6 inc.		8021 + 4 inc.	

3.2 Graines récoltées sur le site durant les cinq années qui succèdent l'incendie

De 1992 à 1996 beaucoup de graines ont été récoltées (Figure 4). Pour plusieurs espèces, l'année la plus productive en graines fut l'année 1995-96, il en résulte une année de récolte de graines record avec 36 121 graines/97 130 graines (Figure 4). On a donc, cette année là, 37 % de la récolte totale des cinq ans. Le feu ayant eu lieu en mai 1991, c'est quatre à cinq ans après le feu qu'on assiste sur ce terrain à la plus grande pluie de graines pour toutes les espèces confondues.

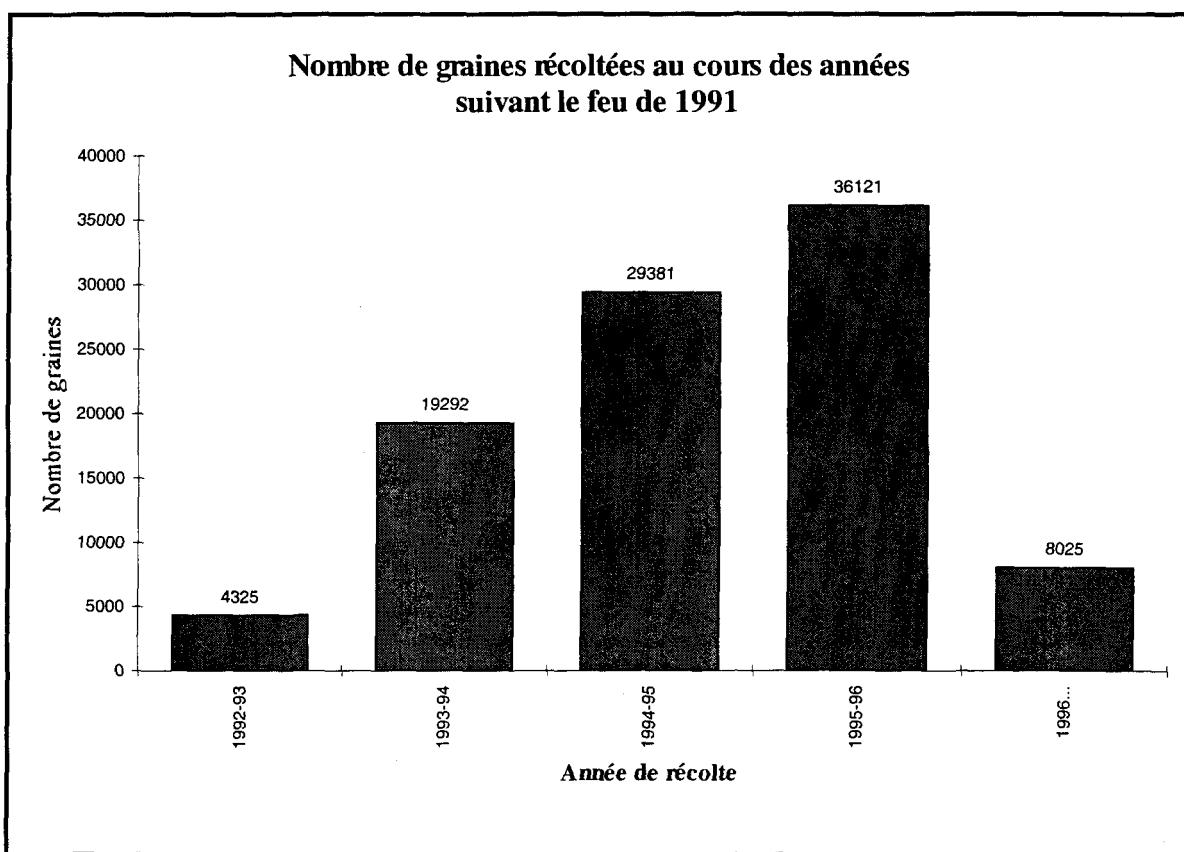


Figure 4 Nombre de graines récoltées au cours des 5 années suivant le feu de 1991

3.3 Nombre de graines récoltées pour chacune des cinq années

Sauf la dernière année, le nombre de graines récoltées sur le terrain ne cesse d'augmenter tout au cours des cinq années. Le nombre de graines passe de 4 325 à 36 121 de 1992-93 à 1995-96. L'année 1996..., ne comporte toutefois que les récoltes de l'automne 1996.

Presque toutes les graines ont été classifiées selon leur famille, leur genre et autant que possible selon leur espèce. Le site se diversifie en fonction du temps, allant d'une douzaine d'espèces à plus de 30 espèces, dont la dernière année avec 25 espèces différentes (Tableau 3). Comme il a déjà été mentionné, la récolte de l'hiver qui compléterait l'année 1996, n'est pas analysée dans ce document et apporterait probablement un peu plus non seulement en nombre mais aussi en diversité de spécimens à l'échantillonnage de 1996. Il y a huit espèces qui sont trouvées de façon constante sur le terrain, il s'agit de l'Épinette sp., du Bouleau à papier, du Sureau pubescent, du Framboisier du mont Ida, du Bleuet sp., de l'Épilobe à feuilles étroites, de l'Aster acuminé et de l'Oxalide de montagne. Les graines de toutes les autres espèces sont trouvées de façon discontinue dans l'échantillonnage au cours des années (Tableau 3).

Il y a une dizaine d'espèces que l'on a recueillies plus rarement et en faible quantité, il s'agit de : *Galéopsis tetrahit*, Aralie sp. (*Aralia* sp.), Cornouiller stolonifère, Anaphale marguerite (*Anaphalis margaritacea* (L.) Benth. et Hook.), Coptide du Groenland (*Coptis groenlandica* (Oeder) Fern.), Chiogène hispide (*Chiogenes hispidula* (L.) T. et G.), *Claviceps purpurea*, Géranium sp. (*Geranium* sp.), *Typha latifolia* et Maïanthème sp. Certaines espèces ont ponctuellement un très grand accroissement de leurs pluies de graines une année particulière tels : Bleuet sp. et Cornouiller du Canada (1993-94); Bouleau à papier, Épinette sp., Sureau pubescent et Framboisier du mont Ida (1994-95); l'Épilobe à feuilles étroites (1995-96) et puis *Agrostis* sp. (1996) (Tableau 3).

3.3.1 Représentation par graines des espèces de conifères

Au cours de 1992 à 1995, 137 graines de Sapin baumier et 327 graines d'Épinette ont été récoltées. L'année où le plus de graines de ces espèces ont été récoltées est 1994-95 (Figure 5). Aucune graine de Sapin baumier n'a été récoltée en 1993-94. L'année 1996 est l'année où le moins de graines d'Épinette ont été récoltées mais certaines autres graines auraient pu être récoltées à l'hiver suivant (Tableau 3 et Figures 5, 9 et 10).

3.3.2 Représentation par graines des espèces de feuillus

Au cours de 1992 à 1995, 15 249 graines de Bouleau à papier ont été récoltées. L'année où le plus de graines de cette espèce ont été récoltées est 1994-95 (Figures 5 et 6). L'année 1995-96 est la moins productive de ces cinq années (Tableau 3). On note la présence par graines de beaucoup d'autres espèces d'arbres ou d'arbustes comme de 1992-93 à 1996: Sureau pubescent 920 graines toujours présentes au cours des cinq années d'échantillonnage, Érable à épis 45 graines toujours présentes sauf l'année 1995-96, Aulne rugueux (*Alnus rugosa* (Du Roi) Spreng.) 38 graines récoltées les années 1993-94; 1994-95 et 1996..., Aulne crispé (*Alnus crispa* (Ait.) Pursh) 37 graines récoltées les deux dernières années, Cerisier de Pennsylvanie 15 graines présentes les quatre dernières années, Saule sp. 13 graines récoltées les deux dernières années, Sorbier d'Amérique 5 graines récoltées les années 1994-95 et 1996... et Cornouiller stolonifère 2 graines récoltées les années 1993-94 et 1995-96. Le nombre total, provenant de la compilation des graines de ces huit espèces d'arbres feuillus, est de 1075 graines. De 1992 à 1996, 38 769 graines de Framboisier du mont Ida ont été récoltées (Tableau 3). L'année où le plus de graines de cette espèce ont été récoltées est 1994-95. L'année 1992-93 est la moins productive de ces cinq années (Tableau 3).

3.3.3 Représentation par graines des herbacées

Au cours de 1992 à 1995, 35 754 graines d'Épilobe à feuilles étroites ont été récoltées. L'année où le plus de graines de cette espèce ont été récoltées est 1995-96 et 1992-93 est l'année la moins productive de ces cinq années (Tableau 3 et Figure 8).

3.4 Les principales espèces

Les cinq principales espèces traitées dans cette étude sont le Sapin baumier, l'Épinette sp., le Bouleau à papier, le Framboisier du mont Ida et l'Épilobe à feuilles étroites. Ces cinq espèces représentent près de 93% du nombre de graines récoltées durant les 5 années de l'étude (Tableau 3).

Il est important de remarquer que le nombre de graines de Sapin baumier et d'Épinette sp. est plutôt minime si on le compare au nombre de graines de Bouleau à papier. Le nombre de graines de chacune de ces trois espèces est plus élevé à toutes les deux années. Ce sont les années paires ou 1992-93; 1994-95 et 1996... qui sont les années les plus productives selon les échantillons de graines de l'étude (Figure 5).

On a regroupé les graines selon cinq strates végétales. Les strates sont les suivantes : plantes herbacées, arbustes, arbustes ou arbres, et arbres (Tableau 4). Le nombre de graines récoltées de chacune de ces catégories de plantes totalise 97 130 (Figure 4). Un pourcentage de représentation de chacune des strates végétales est aussi établi (Tableau 4). Les 41 types de graines se regroupent dans cinq strates végétales différentes. On retrouve cinq sortes d'arbres, quatre sortes d'arbres ou arbustes, sept sortes d'arbustes exclusivement, et vingt-quatre sortes d'herbacées. Certains arbres, arbustes ou herbacées sont des compétiteurs à la régénération du Sapin baumier et de l'Épinette sp., il s'agit sur l'aire à l'étude du Bouleau à papier, du Cerisier de Pennsylvanie, de l'Érable à épis, de l'Aulne rugueux, du Framboisier et de l'Épilobe à feuilles étroites.

Tableau 4 Pourcentage de la représentation des graines selon la strate végétale à laquelle elles appartiennent

Strate végétale	Nombre de graines	%
Herbacée	40 815	42,02
Arbuste	40 417	41,61
Arbuste & Arbre	160	0,16
Arbre	15 733	16,2
Total	97 130	100

Les graines des plantes herbacées et des arbustes représentent plus de 83 % des récoltes au cours des cinq années de l'étude (Tableau 4). La strate la plus représentée est ensuite celle des arbres (Tableau 4).

Une quantité de graines obtenue pour une surface donnée, pour plusieurs espèces, permet entre autre la comparaison de densité des semences, pour toutes ces espèces. Le nombre de graines obtenu initialement est un nombre de graines récolté sur une surface totale de 11,08 m² puisque c'est la surface totale que cumulent les trappes à graines qui échantillonnent un terrain de 6000 m². On est en mesure de rapporter la quantité qu'on obtient, sur une surface d'un m² pour chaque espèce, à chaque année et pour toute l'étude (Tableau 3).

L'Épilobe à feuilles étroites, le Framboisier et le Bouleau à papier obtiennent des dénombremens en dizaines de milliers de graines, la densité sur un mètre² est respectivement 3226 graines/m²; 3499 graines/m² et 1376 graines/m². Au cours de cette même période d'échantillonnage, il y a deux autres espèces de graines qui sont présentes en grande quantité; *Calamagrostis canadensis* et *Agrostis* sp., avec des dénombremens en milliers de graines, soit respectivement 2760 graines et 1063 graines. D'autres espèces comme l'Épinette et le Sapin baumier sont des espèces qui se dénombrent en centaine(s) de graines au cours de cette même période d'échantillonnage.

3.5 La viabilité des graines

La viabilité des graines n'est pas la même d'une espèce à l'autre, d'une année à l'autre et au cours d'une même année de dispersion pour une même espèce (Tableaux 5, 6 et 7).

D'une espèce à l'autre: la viabilité est par exemple très élevée chez le Framboisier et très faible chez le Sapin baumier en général dans cette étude (Figure 7 et 10). D'une année à l'autre: chez le Bouleau à papier, le Sapin baumier et l'Épinette, la viabilité varie énormément (Figure 5). Au cours d'une même année de dispersion pour une même espèce: chez le Framboisier, il y a peu de différence entre le pourcentage de viabilité des graines récoltées à l'automne et celles récoltées au printemps. Par contre, chez l'Épilobe à feuilles étroites, les graines récoltées à l'automne ont un très bon taux de germination et de viabilité en comparaison à celles de l'hiver et du printemps (récoltées au printemps), où la viabilité est presque nulle (Tableau 7 et Figures 7 et 8).

3.5.1 Viabilité chez les conifères

Les graines des Sapins baumiers ont une viabilité allant de faible à nulle (Tableau 6). Cette viabilité est toutefois supérieure à l'automne, quand plus de graines viables viennent d'être produites. La pluie de graines a lieu sur une longue période durant l'année, soit, l'automne et l'automne tard (récoltée au printemps) (Figure 10). La quantité des graines récoltées est assez équivalente pendant les deux périodes de récoltes. Seules les années 1994-95 et 1996 présentent des graines viables avec respectivement 6 graines germées et 7 graines viables sur 95 puis 1 graine germée et 2 graines viables sur 26 (Figure 5).

L'Épinette sp. a une viabilité moyenne (Tableau 5). La valeur maximum se produit l'automne pour chacune des années étudiées. Une bonne part des graines viables germe en cabinet de croissance (Figure 5). La pluie de graines des Épinettes a lieu en deux périodes soit l'automne et l'automne tard (récoltée au printemps) (Figure 9). Toutefois, la pluie est plus importante en quantité à l'automne. À chaque année, une portion des graines d'Épinettes a été trouvée viable soit par germination ou par viabilité de l'embryon de la graine (Figure 5). Aussi, la viabilité totale des graines obtenue pour les années 1992-93; 1993-94; 1994-95; 1995-96 et 1996 pour le Sapin baumier est respectivement de: 0%; ne s'applique pas (année semencière nulle); 13,7%; 0% et

11,5%. Pour ces mêmes années, la viabilité totale des graines d'Épinette est respectivement de: 16,7%; 11,1%; 24,6%; 11,8% et 46,2%.

3.5.2 Viabilité chez les feuillus

Les tests de croissance qui ont le plus haut taux de réussite chez les espèces arborescentes (Figure 5) sont ceux pratiqués sur le Bouleau à papier. Pour le Bouleau à papier, la viabilité est moyenne (Tableau 5). Elle est généralement meilleure à l'automne, les pluies de graines dans l'année sont récoltées sur deux périodes soit l'automne et l'hiver (Figure 6). Dans les années 92-93, 94-95 et 96, beaucoup des graines récoltées ont germé en cabinet de croissance (Figure 5).

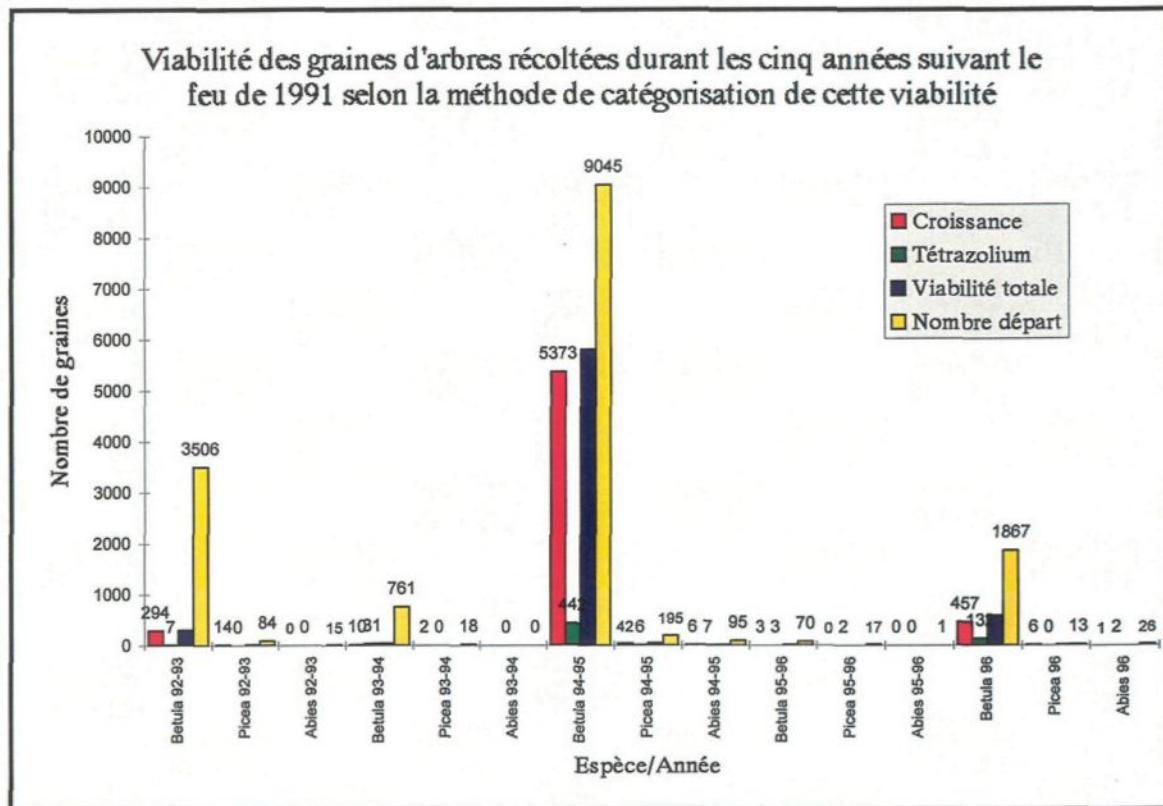


Figure 5 Viabilité des graines d'arbre

Le pourcentage de viabilité des graines de huit feuillus, retrouvées dans les pluies de graines des cinq années de suivi est calculé : le Sureau pubescent a 33,91% des graines viables, l'Érable à épis a 55,56% des graines viables, l'Aulne rugueux a 42,11% des graines viables, l'Aulne crispé a 24,32% des graines viables, le Cerisier de Pennsylvanie a 80,00% des graines viables, le Saule a 0,00% des graines viables, le Sorbier d'Amérique a 40,00% des graines viables et le Cornouiller stolonifère a 100% des graines viables (Tableau 5).

Le Framboisier possède un très bon taux de viabilité. Il est constant au cours de l'année, sauf en tout début d'automne (Figure 7 et Tableau 6). Sa pluie de graines a lieu en automne principalement (Figure 7). Les graines ayant un bon potentiel de germination ne germent presque jamais dans les conditions sous lesquelles elles ont été soumises en cabinet de croissance. L'oubli d'un lot de graines de Framboisier dans les chambres de croissances a permis de constater qu'elles pouvaient germer dans des conditions qui ont variées entre les températures de germination expérimentales et la température de la pièce, après quelques mois.

3.5.3 Viabilité chez les herbacés

L'Épilobe à feuilles étroites a une bonne viabilité à l'automne (Tableau 7). Les semences sont récoltées en nombre plus important une ou deux fois par année selon les années. Parfois on obtient une seule grande récolte de pluies au cours de l'automne et parfois deux si la pluie s'échelonne jusqu'à l'automne tard (Figure 8).

La viabilité totale comprend toutes les graines qui auraient le potentiel de germer sur le terrain. La viabilité totale inclue donc des graines qui ont germé et des graines qui n'ont pas germé après un mois d'essai en cabinet de croissance mais qui ont révélé un embryon viable. La viabilité totale de près d'une quarantaine d'espèces a été évaluée (Tableau 5).

Tableau 5 Viabilité totale de chacune des espèces

	1992-93	1993-94	1994-95	1995-96	1996...
<i>Galéopsis tetrahit</i>	4/4				
Composée sp.	0/1				
<i>Alnus</i> sp.	1/5				
<i>Aralia</i> sp.		0/1		1/1	
<i>Acer spicatum</i>	6/10	0/2	13/23		6/10
<i>Abies balsamea</i>	0/15	0/0	13/95	0/1	3/26
<i>Alnus rugosa</i>		1/9	8/16		7/13
<i>Picea</i> sp.	14/84	2/18	48/195	2/17	6/13
<i>Betula papyrifera</i>	301/3506	41/761	5815/9045	6/70	589/1867
<i>Sambucus pubens</i>	0/1	107/207	95/443	36/106	74/163
<i>Rubus idaeus</i>	61/277	5460/8135	14738/16673	8120/10054	2932/3630
<i>Vaccinium</i> sp.	1/5	39/353	39/116	28/171	1/1
<i>Aster acuminatus</i>	67/221	2/215	0/61	21/154	33/181
<i>Epilobium angustifolium</i>	54/191	902/8890	719/2060	6829/23964	59/649
<i>Oxalis montana</i>	5/5	3/4	11/12	7/8	7/7
<i>Cornus stolonifera</i>		1/1		1/1	
<i>Epilobium glandulosum</i>		1/3	1/1	5/10	
<i>Scirpus atrovirens</i>		1/8	0/1	7/25	
<i>Cyperaceae</i>			0/1		
<i>Prunus pensylvanica</i>		1/1	3/3	1/1	7/10
<i>Cornus canadensis</i>		12/79	2/2	11/13	0/4
<i>Betulaceae</i>		0/1	2/30	1/65	0/1
<i>Calamagrostis canadensis</i>		130/562	318/597	498/874	457/727
<i>Carex</i> sp.		30/38		0/2	22/25
<i>Lactuca biennis</i>		2/2		17/26	10/14
<i>Anaphalis margaritacea</i>			0/2	0/2	1/1
<i>Sorbus americana</i>			0/3		2/2
<i>Clintonia borealis</i>				0/23	
<i>Gramineae</i>				0/1	
<i>Ribes glandulosum</i>				3/9	
<i>Coptis groenlandica</i>				0/1	
<i>Chiogenes hispidula</i>				0/5	
<i>Claviceps purpurea</i>				0/5	
<i>Geranium</i> sp.				0/1	
<i>Alnus crispa</i>				0/9	9/28
<i>Agrostis</i> sp.				217/438	52/625
<i>Salix</i> sp.				0/11	0/2
<i>Streptopus roseus</i>				11/14	14/14
<i>Brassica nigra</i>				0/28	5/6
<i>Typha latifolia</i>				0/5	1/1
<i>Maianthemum</i> sp.					1/1
Viabilité totale par année	514/4325	6735/19290	21826/29379	15822/36115	1366/8021

Des graines comme Streptope rose (*Streptopus roseus* Michx.), Cerisier de Pennsylvanie, Cornouiller du Canada et stolonifère puis Framboisier obtiennent une bonne proportion viable. Toutefois, le tégument de la graine est plutôt rigide et ne germe que quand des conditions particulières sont rencontrées. Ainsi, dans la majorité des cas, c'est l'embryon qui s'est révélé viable.

Des exemples de viabilité au cours d'une année de pluie de graines chez certaines espèces sont donnés. Les graines de l'automne et celles de l'hiver ou du printemps du Bouleau à papier ont un taux de viabilité comparable pour l'année 1994-95 (Figure 6). La viabilité totale des graines de Bouleau à papier pour les années 1992-93; 1993-94; 1994-95; 1995-96 et 1996 est de respectivement: 8,6%; 5,4%; 64,3%; 8,6% et 31,5% (Tableau 5). 1994-95 fut la meilleure année pour la récolte du nombre de graines pour cette espèce et pour la viabilité. La viabilité est généralement légèrement supérieure pour les graines de Bouleau à papier tombées à l'hiver et au printemps (Tableau 7).

Les graines de l'automne et celles de l'hiver ou du printemps du Framboisier du mont Ida ont un taux de viabilité comparable sauf pour le tout début de l'automne pour l'année 1993-94 (Figure 7).

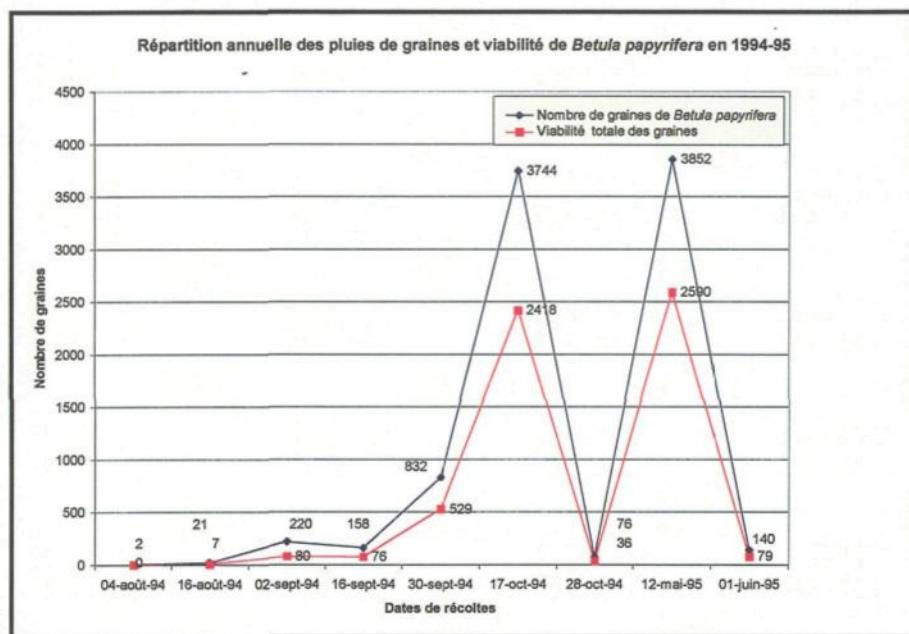


Figure 6 Viabilité des graines de Bouleau à papier selon la date de récolte

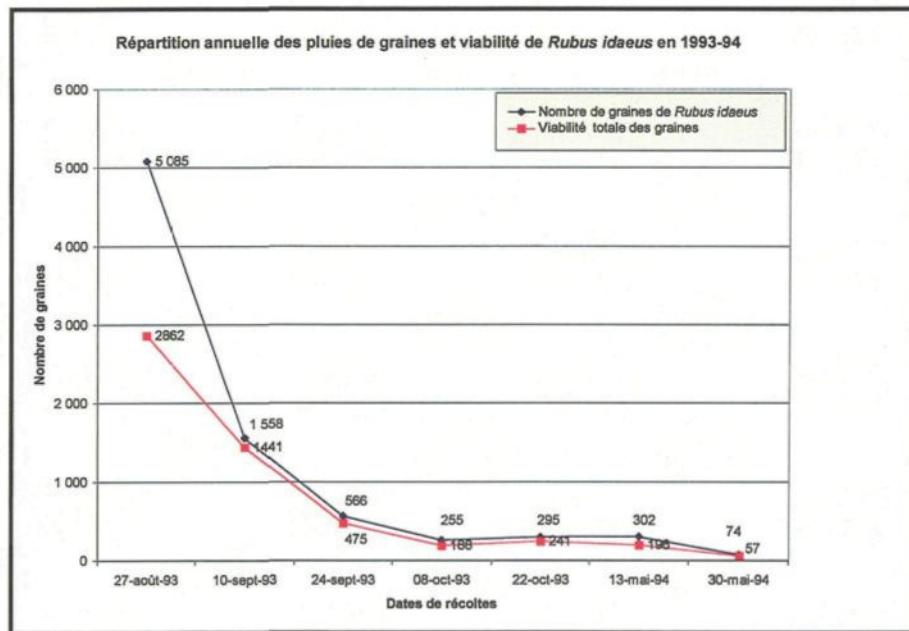


Figure 7 Viabilité des graines de Framboisier selon la date de récolte

La viabilité totale des graines de Framboisier du mont Ida pour les années 1992-93; 1993-94; 1994-95; 1995-96 et 1996 est respectivement de: 22,02%; 67,12%; 88,39%; 80,73% et 80,77% (Tableau 5). La meilleure année pour la récolte du nombre de graines pour cette espèce est 1994-95 et c'est également la meilleure pour la viabilité. La viabilité est supérieure pour les graines de framboise tombées à la fin de l'automne (Figure 7 et Tableau 7).

Les pluies de graines et la viabilité de plusieurs espèces sont plus élevées au début de l'automne (Figures 8, 9, 10 et Tableau 7).

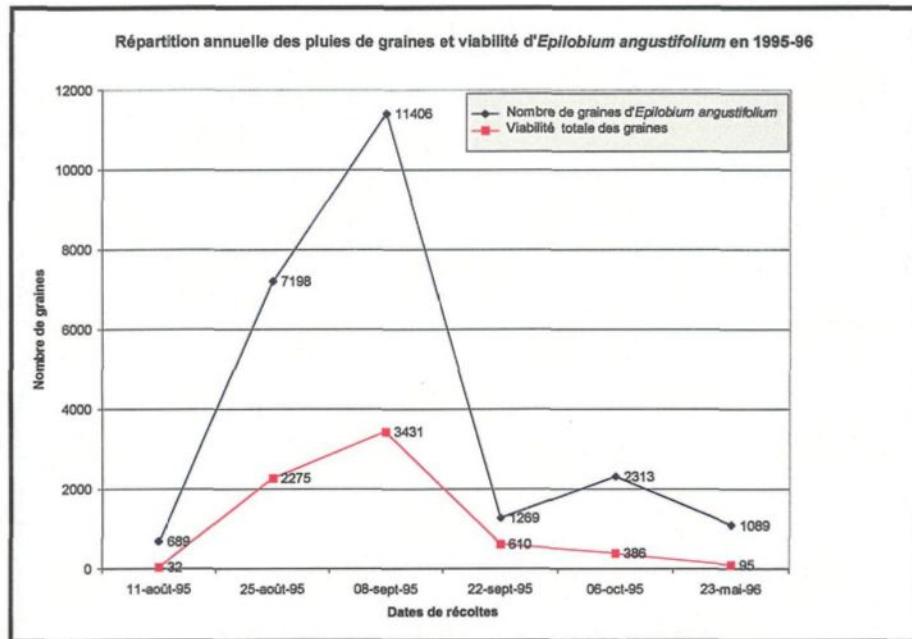


Figure 8 Viabilité des graines d'Épilobe à feuilles étroites selon la date de récolte

La viabilité totale des graines de l'Épilobe à feuilles étroites pour les années 1992-93; 1993-94; 1994-95; 1995-96 et 1996 est respectivement de: 28,27%; 10,15%; 34,90%; 28,50% et 9,09% (Tableau 5). L'année 1995-96 fut la meilleure année pour la récolte du nombre de graines pour cette espèce mais la viabilité a été meilleure en 1994-95 (Figure 8). La viabilité est supérieure pour les graines d'Épilobes tombées à l'automne (Tableau 7).

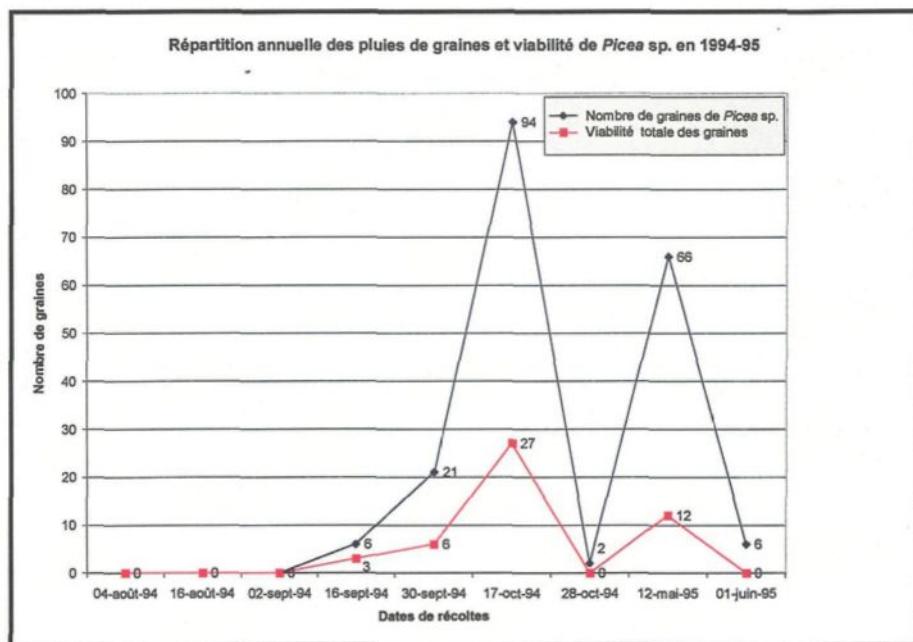


Figure 9 Viabilité des graines d'Épinette sp. selon la date de récolte

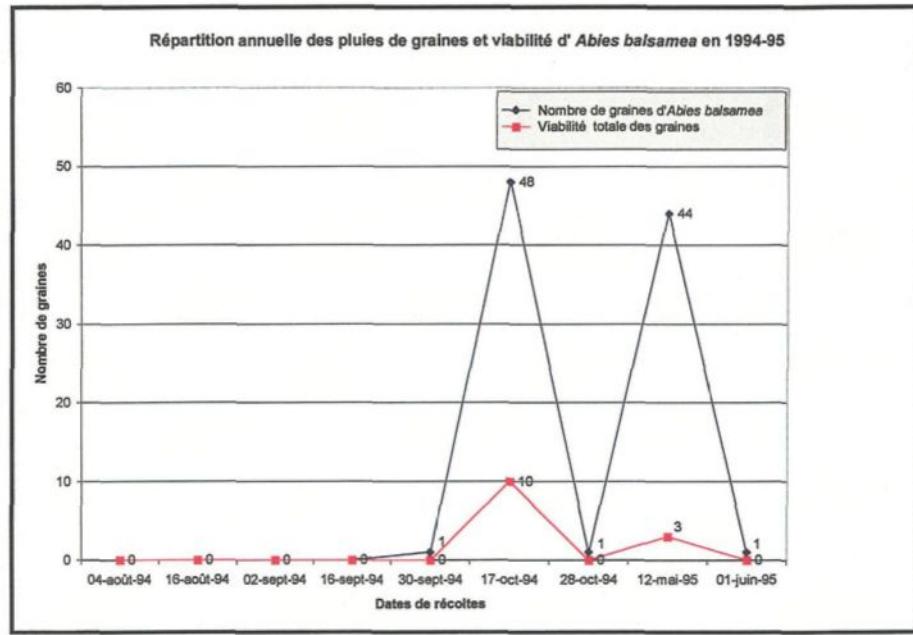


Figure 10 Viabilité des graines de Sapin baumier selon la date de récolte

La viabilité totale des graines de l'Épinette sp. pour les années 1992-93; 1993-94; 1994-95; 1995-96 et 1996 est respectivement de: 16,7%; 11,1%; 24,6%; 11,8% et 46,2% (Tableau 5). 1994-95 fut la meilleure année pour la récolte du nombre de graines d'Épinette mais c'est en 1996 que la viabilité est la meilleure (graines de l'hiver absentes de l'étude) (Figure 9). La viabilité est supérieure pour les graines tombées à l'automne (Tableau 7).

La viabilité totale des graines de Sapin baumier pour les années 1992-93; 1993-94; 1994-95; 1995-96 et 1996 est respectivement de: 0%; ne s'applique pas (année semencière nulle); 13,7%; 0% et 11,5% (Tableau 5). 1994-95 fut la meilleure année pour la récolte du nombre de graines de Sapin et aussi la meilleure pour la viabilité (Figure 10). La viabilité est supérieure pour les graines tombées à l'automne (Tableau 7).

Le Tableau 6 présente la variabilité de la viabilité et les valeurs maximales et minimales des cinq espèces plus importantes dans l'étude.

Tableau 6 Variabilité de la viabilité des espèces

Espèce	% max	% min	Records de viabilité
<i>Betula papyrifera</i>	66,86	4,00	Durant les hivers 1994-95; max. et 1995-96; min.
<i>Rubus idaeus</i>	88,76	20,55	Durant les automnes 1994-95; max. et 1992-93; min.
<i>Epilobium angustifolium</i>	36,17	0,19	Durant l'automne 1994-95; max., puis l'hiver 1992-93; min.
<i>Picea</i> sp.	46,15	0,00	Durant l'automne 1996; max., puis l'hiver 1995-96; min.
<i>Abies balsamea</i>	20,00	0,00	Durant l'automne 1994-95; max., puis les années 1992-93, 1993-94 et 1995-96; min., automne et hiver.

Les maximums de viabilité sont souvent retrouvés sur les graines récoltées durant l'automne et les minimums sur celles récoltées durant l'hiver ou au printemps. Il y a toutefois certaines exceptions soit pour le Bouleau à papier et pour le Framboisier du mont Ida. Pour le

Bouleau, c'est en hiver et au printemps que les deux extrêmes se sont produits et pour le Framboisier, c'est durant les automnes que les deux extrêmes se sont produits (Tableau 6).

3.6 Dispersion des graines dans le temps

3.6.1 Dispersion des graines de conifères au cours de l'année

Les pluies de graines du Sapin baumier se récoltent majoritairement sur deux périodes durant l'année soit fin octobre et le printemps suivant pour les graines tombées tard l'automne ou l'hiver. En 1994-95, 95 graines de Sapins baumiers ont été récoltées. Cette année là, 49 graines ont été récoltées le 17 octobre 1994 et 44 autres ont été récoltées le 12 mai 1995 (Figure 10).

Les pluies de graines de l'Épinette se récoltent sur deux périodes durant l'année, soit en automne de la mi-août à la mi-octobre et au printemps qui suit, à la mi-mai. En 1994-95, 195 graines d'Épinettes ont été récoltées, dont 94 graines le 17 octobre 1994 et 66 autres le 12 mai 1995 (Figure 9).

3.6.2 Dispersion des graines de feuillus au cours de l'année

Les pluies de graines du Bouleau à papier se récoltent majoritairement sur deux périodes durant l'année soit mi-octobre et mi-mai (Figure 6). Les mois de chute des pluies de graines des espèces d'arbres feuillues sont les suivantes: le Sureau pubescent, mois d'août; l'Érable à épis, mois d'octobre; l'Aulne rugueux, fin octobre, souvent récoltées en mai de l'année suivante; l'Aulne crispé, fin octobre, souvent récoltées en mai de l'année suivante; le Cerisier de Pennsylvanie, août et septembre; le Saule, début août; le Sorbier d'Amérique, août, septembre et début octobre; et finalement le Cornouiller stolonifère, fin août. Le Framboisier a une seule période de chute de graines à l'automne (Figure 7).

Le Tableau 7 permet de voir le nombre de graines des cinq espèces importantes dans l'étude qui sont tombées au cours de l'hiver et qui ont été récoltées en mai de l'année suivante sur le nombre de graines total de chacune des espèces récoltées. La proportion des graines tombées l'hiver est aussi appelée la distribution hivernale des graines. C'est le Bouleau à papier qui, de ces cinq espèces, a la plus grande proportion de ses pluies de graines retrouvées à l'intérieur des récoltes du printemps, suivi du Sapin baumier et de l'Épinette (Tableau 7).

3.6.3 Dispersion des graines d'herbacés au cours de l'année

L'Épilobe est plus difficilement qualifiable au niveau de son patron temporel de distribution des graines mais beaucoup tombent en septembre et peu tombent au cours de l'automne tard, de l'hiver puis du printemps qui suit (Figure 8). Chez certaines espèces, la viabilité des graines varie avec leur moment de dispersion (Tableau 7).

Tableau 7 Pourcentage de viabilité des graines des principales espèces selon qu'elles étaient des pluies de graines automnales ou bien hivernales et printanières

Espèce Viabilité	Saison Année	Automne 1992-93	Hiver 1992-93	Automne 1993-94	Hiver 1993-94	Automne 1994-95	Hiver 1994-95	Automne 1995-96	Hiver 1995-96
Nombre de Bouleaux à papier selon la saison, sur la quantité annuelle		1004- 3506	2502- 3506	615- 761	146- 761	5053- 9045	3992- 9045	45- 70	25- 70
Graines viables sur le nombre récolté dans la saison		137	164	35	6	3146	2669	5	1
Pourcentage de viabilité (%) selon la saison de récolte		13,65	6,55	5,69	4,11	62,26	66,86	11,11	4,00
Nombre de Framboisiers selon la saison, sur la quantité annuelle		253- 277	24- 277	7759- 8135	376-8135	15869- 16 673	804- 16 673	9053- 10 054	1001- 10 054
Graines viables sur le nombre récolté dans la saison		52	9	5207	253	14 086	652	7312	808
Pourcentage de viabilité (%) selon la saison de récolte		20,55	37,50	67,11	67,29	88,76	81,09	80,77	80,72
Nombre de Épilobes à feuilles étroites selon la saison, sur la quantité annuelle		184- 191	7- 191	8372- 8890	518-8890	1977- 2060	83- 2060	22875- 23 964	1089- 23 964
Graines viables sur le nombre récolté dans la saison		54	0	901	1	715	4	6734	95
Pourcentage de viabilité (%) selon la saison de récolte		29,35	0,00	10,76	0,19	36,17	4,82	29,44	8,72
Nombre de Épinettes sp. selon la saison, sur la quantité annuelle		63- 84	21- 84	8- 18	10- 18	123- 195	72- 195	12- 17	5- 17
Graines viables sur le nombre récolté dans la saison		12	2	1	1	36	12	2	0
Pourcentage de viabilité (%) selon la saison de récolte		19,05	9,52	12,50	10,00	29,27	16,67	16,67	0,00
Nombre de Sapins baumiers selon la saison, sur la quantité annuelle		10- 15	5- 15	0- 0	0- 0	50- 95	45- 95	1- 1	0- 1
Graines viables sur le nombre récolté dans la saison		0	0	0	0	10	3	0	0
Pourcentage de viabilité (%) selon la saison de récolte		0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	6,67	0,00	0,00

L'Épilobe à feuilles étroites a une grande différence entre la viabilité des graines de l'automne et celle des graines de l'automne tard ou de l'hiver récoltées au printemps suivant : la viabilité des graines de l'automne est supérieure. L'Épinette a aussi un ratio supérieur de la viabilité des graines l'automne. L'année 1994-95 est le seul exemple avec graines viables pour le Sapin baumier et la viabilité des graines de l'automne est supérieure. Chez les deux autres espèces, cette différence de viabilité n'est pas aussi marquée, chez le Bouleau à papier et chez le Framboisier, les viabilités des graines tombées et récoltées au cours de l'automne ou tombées à l'automne tard ou l'hiver et récoltées au printemps sont semblables. (Tableau 7).

3.7 Dispersion des graines dans l'espace

De 1992 à 1996, 137 graines de Sapins baumiers ont été naturellement dispersées puis ensuite récoltées dans certaines des 180 trappes à graines. Il est possible de voir où la chute des graines a abouti selon l'emplacement de la trappe qui a servi à les recueillir (Figure 11). Le maximum de graines ayant chuté dans un quadrat est 9 graines et le minimum est 1 graine, soit plus de 24 graines/m² et 2 graines/m². Ces chiffres sont représentés en nombre de graines/m² (Figure 11). Au cours de ces mêmes années, 327 graines d'Épinettes sp. ont été dispersées et récoltées dans les trappes à graines. Il est possible de voir l'emplacement des graines d'Épinettes sp. lors des récoltes (Figure 12). Le maximum de graines ayant chuté dans un quadrat est 20 graines et le minimum est 2 graines soit plus de 48 graines/m² et 5 graines/m². Ces chiffres sont représentés en nombre de graines/m² (Figure 12). L'annexe A présente en détail l'emplacement des graines de Sapins baumiers et d'Épinettes sp. pour chacune des années.

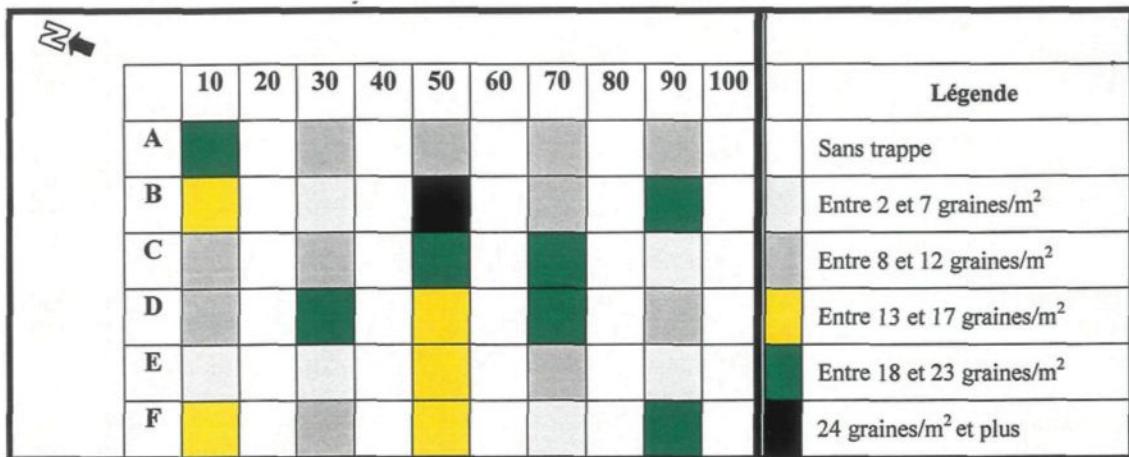


Figure 11 Distribution spatiale des pluies de graines de Sapins baumiers (1992-1996)

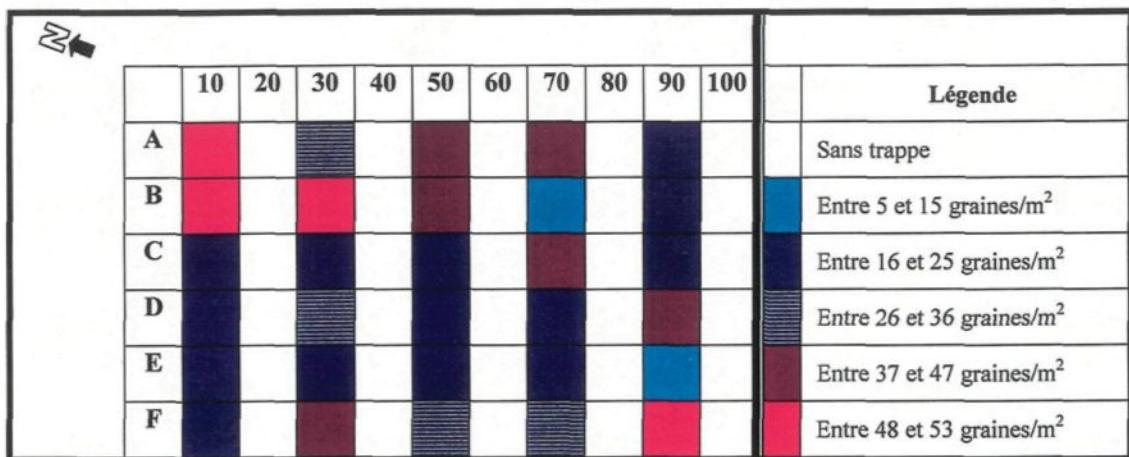


Figure 12 Distribution spatiale des pluies de graines d'Épinettes sp. (1992-1996)

3.8 Dispersion des graines dans le temps au cours des années

Le Sapin baumier, l'Épinette et le Bouleau à papier ont une pluie de graines plus abondante à toutes les deux années. Certaines espèces sont, en proportion de la récolte annuelle de toutes les graines, présentes en grande quantité tout au cours des cinq années de l'étude. Certaines autres espèces ne sont récoltées qu'au cours d'une ou de deux années. Pour celles qui sont présentes au

cours des cinq années, il est possible de voir une fluctuation de l'importance de l'espèce sur le nombre total de la récolte annuelle de graines. Certaines espèces gardent toujours une grande proportion dans la présence de leurs graines sur le total de la pluie de graines annuelle toutes espèces confondues et certaines autres fluctuent. Le Framboisier a un taux constant de représentation élevé dans la récolte de graines totale toutes espèces confondues au cours des années. La présence du Sapin baumier est faible lors des récoltes de graines. Le Bouleau à papier est trouvé en forte proportion au cours des années paires. L'Épinette a sa meilleure année semencière l'année après le feu et sa représentation décline ensuite. Les années impaires, la proportion d'Épilobe à feuilles étroites est élevée dans les échantillons annuels de graines. Ces années impaires coïncident avec des années plus restreintes en semences pour certaines espèces d'arbres. Des graines de bleuet (*Vaccinium myrtilloides* Michx. et *Vaccinium angustifolium* Ait.) ont été abondantes en proportion dans l'échantillon annuel de graines peu de temps après le feu, mais elles diminuent ensuite au cours des années. Les graines du Sureau pubescent, de l'Aster acuminé (*Aster acuminatus* Michx.), de l'Agrostis sp. et du Calamagrostis du Canada sont élevées en proportion dans l'échantillonnage annuel de graines certaines années de l'étude (Tableau 8).

En proportion de la récolte de graines toutes espèces confondues, c'est le Bouleau à papier qui est le plus représenté en 1992-93. C'est l'Épilobe à feuilles étroites qui est le plus représenté chez les graines récoltées en 1993-94 et en 1995-96. Puis, c'est le Framboisier qui est le plus représenté chez les graines récoltées en 1994-95 et à l'automne 1996 (Tableau 8).

Tableau 8 Pourcentage de l'espèce sur le total de graines récoltées dans l'année

Espèces	Années	1992-93	1993-94	1994-95	1995-96	1996...
<i>Galéopsis tetrahit</i>		0,092				
<i>Composée</i> sp.		0,023				
<i>Alnus</i> sp.		0,116				
<i>Aralia</i> sp.			0,005		0,003	
<i>Acer spicatum</i>		0,231	0,010	0,078		0,125
<i>Abies balsamea</i>		0,347		0,323	0,003	0,324
<i>Alnus rugosa</i>			0,047	0,054		0,162
<i>Picea</i> sp.		1,942	0,093	0,664	0,047	0,162
<i>Betula papyrifera</i>		81,064	3,945	30,787	0,194	23,276
<i>Sambucus pubens</i>		0,023	1,073	1,508	0,294	2,032
<i>Rubus idaeus</i>		6,405	42,172	56,751	27,839	45,256
<i>Vaccinium</i> sp.		0,116	1,830	0,395	0,473	0,012
<i>Aster acuminatus</i>		5,110	1,115	0,208	0,426	2,257
<i>Epilobium angustifolium</i>		4,416	46,086	7,012	66,355	8,091
<i>Oxalis montana</i>		0,116	0,021	0,041	0,022	0,087
<i>Cornus stolonifera</i>			0,005		0,003	
<i>Epilobium glandulosum</i>			0,016	0,003	0,028	
<i>Scirpus atrovirens</i>			0,041	0,003	0,069	
<i>Cyperaceae</i>				0,003		
<i>Prunus pensylvanica</i>			0,005	0,010	0,003	0,125
<i>Cornus canadensis</i>			0,410	0,007	0,036	0,050
<i>Betulaceae</i>			0,005	0,102	0,180	0,012
<i>Calamagrostis canadensis</i>			2,913	2,032	2,420	9,064
<i>Carex</i> sp.			0,197		0,006	0,312
<i>Lactuca biennis</i>			0,010		0,072	0,175
<i>Anaphalis margaritacea</i>				0,007	0,006	0,012
<i>Sorbus americana</i>				0,010		0,025
<i>Clintonia borealis</i>					0,064	
<i>Gramineae</i>					0,003	
<i>Ribes glandulosum</i>					0,025	
<i>Coptis groenlandica</i>					0,003	
<i>Chiogenes hispidula</i>					0,014	
<i>Claviceps purpurea</i>					0,014	
<i>Geranium</i> sp.					0,003	
<i>Alnus crispa</i>					0,025	0,349
<i>Agrostis</i> sp.					1,213	7,792
<i>Salix</i> sp.					0,030	0,025
<i>Streptopus roseus</i>					0,039	0,175
<i>Brassica nigra</i>					0,078	0,075
<i>Typha latifolia</i>					0,014	0,012
<i>Maianthemum</i> sp.						0,012
Total/Année		4325	19290	29379	36115	8021

CHAPITRE IV
DISCUSSION

4.1 Perturbations récentes dans le territoire

Le terrain étudié a subi récemment deux perturbations majeures. Il s'agit de l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette qui débute en 1974 et de l'incendie de mai 1991. Deux autres perturbations ont affectées les peuplements du parc des Grands-Jardins, soit l'avant-dernière épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (1946-48) et le dernier incendie de 1915 (Dion, 1986). L'épidémie dans la sapinière initiale a entraîné une diminution importante de semenciers de Sapin baumier et une diminution du nombre de semenciers d'Épinette blanche. Cette épidémie a sévi pendant une période de 13 à 14 ans, réduisant la croissance des conifères matures et entraînant même la mort d'une grande proportion d'entre eux mais laissant un sous-couvert de Sapins baumiers immatures. L'incendie de 1991 a provoqué la mortalité de toutes les espèces présentes sur le terrain étudié à l'exception de quelques semis de Sapin baumier. L'incendie s'est produit de façon moins intense dans les secteurs plus humides et des semis de Sapin baumier ont été épargnés dans ces secteurs. Les semis de Sapin peuvent survivre dans des conditions d'éclairement réduit, ce qui permettra l'accumulation d'une banque de semis sous un couvert de peuplement feuillu potentiel sur ce terrain du Parc des Grands-Jardins. Les semis de Sapin baumier sont âgés, au moment du feu de 1991, de moins de 20 ans puisqu'ils se sont installés sur le terrain peu avant et un peu durant l'épidémie de 1974 (Perron, 1994). Comme le peuplement forestier d'avant le feu de 1991 était composé d'arbres ayant colonisé un site après une épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, il était dominé par les résineux et particulièrement par le Sapin baumier, bien adapté à se régénérer après les épidémies de la tordeuse par la présence de sa banque de semis au sol. Près du terrain étudié, un coupe-feu de l'incendie de 1991 a permis d'épargner un secteur adjacent. Le secteur est situé au nord-ouest du territoire étudié et moins d'une dizaine de mètres séparent les deux zones. Les semenciers voisins du terrain étudié n'ont pas été cartographiés mais le

peuplement est identifié selon la carte des régions forestières du Canada comme un peuplement principalement résineux, dominé par le Sapin baumier (Dion, 1986). Les essences forestières compagnes sont l'Épinette blanche, l'Épinette noire, le Bouleau à papier, le Pin blanc (*Pinus strobus* L.) et le Pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.) (Thibault, 1985).

4.2 La recolonisation et compétition pour la lumière

Dans cette étude, les vents dominants sont d'ouest et passent d'abord au travers de secteurs comme le secteur épargné plus à l'ouest du coupe-feu. Il a été possible de cartographier les jeunes Sapins baumiers survivants de l'incendie de mai 1991, l'année suivant le feu soit en 1992, sur le terrain de 100 m par 60 m. À ce moment aucun semis d'Épinettes blanches n'était présent (Figure 2). Par la suite, 31 semis de Sapins baumiers s'ajoutent aux 290 petits Sapins baumiers survivants présents lors de la cartographie de 1992. Au cours de la même période, 28 semis d'Épinettes blanches s'installent et sont présents sur la cartographie de 1995 (Figure 3). Dans les inventaires de végétation faits en 1995, le Sapin baumier a été observé dans les rangées 5a et 5f, 7f et 9f (Tableaux 1 et 2). Dans ces mêmes inventaires de végétation de 1995, aucun semis ou jeune Épinette blanche n'a été observée dans les quadrats inventoriés. Dans la présente étude, des graines de Sapins baumiers et d'Épinettes sp., un peu plus nombreuses pour les Épinettes, arrivent au sol tout au cours des cinq premières années qui suivent le feu (Tableau 3). Selon De Grandpré *et al.* (1993), l'installation des semis de Sapin sur le terrain perturbé se fait pendant les 10 premières années suivant la perturbation majeure.

En 1995, il y a de jeunes Bouleaux à papier à toutes les rangées du terrain, souvent même dans chacun des quadrats (Tableau 1). Le Bouleau à papier se régénère bien par rejets de souche après un feu (Hosie, 1973). Par contre, une étude de Foster et King réalisée en 1986 sur le Bouleau à papier, révèle que l'arbre se régénère très bien après un feu par semis et peu par rejet de souche. Des rejets de souche de Bouleau à papier ont été observés mais en début d'étude surtout et c'est par

l'installation des semis par graines que la régénération du terrain en Bouleau à papier s'est poursuivie. Dans l'étude, la proportion de la régénération du Bouleau à papier attribuable au rejet de souche et celle attribuable à l'installation par graines n'a pas été quantifiée. Aussi, selon une étude d'une sapinière réalisée par Zoladeski et Maycock (1990), le recrutement de Bouleau à papier a eu lieu durant les 60 premières années. Dans le milieu des années 1990, le terrain est visuellement dominé par le Bouleau à papier. Le Bouleau à papier nuit aux conifères en faisant de l'ombre aux semis. Les 5 à 10 premières années, il diminue la croissance et met même leur survie en péril. Et plus tard, soit 10 à 15 ans après la recolonisation du site, il peut s'ensuivre une réduction de croissance chez le Sapin (Ruel, 1992). Sur le terrain des Grands-jardins, l'ombrage aux conifères par le Bouleau à papier peut avoir lieu dès le début de la recolonisation du site. En un an, il est possible qu'un Bouleau à papier atteigne 70 cm de hauteur (Jobidon, 1995).

Les 10 premières années suivant la perturbation seraient les plus importantes pour l'établissement des Framboisiers et des Cerisiers (Peterson et Carson, 1996). Le Framboisier et le Cerisier de Pennsylvanie présents sur le terrain, exercent de la compétition sur le Bouleau à papier (Marquis, 1965). C'est ce qui se produit sur le terrain étudié, puisque les deux espèces sont présentes et le Framboisier l'est de façon importante. Lors des inventaires de végétation de 1995, le Framboisier a été observé dans chacune des rangées et est absent de seulement quatre quadrats sur une possibilité de trente quadrats au total (Tableau 1). Tel que mentionné par Jobidon (1995), le Framboisier est une espèce en phase avec des cycles de perturbation dotée d'un opportunisme à exploiter rapidement les ressources environnementales et à dominer une station en très peu de temps par voie sexuée et végétative et ces caractéristiques en font un compétiteur important. Selon Whitney (1982) une population de Framboisier subsiste sur une station pour une période de 5 à 15 ans. Whitney (1978, 1982) décrit trois phases: une première phase d'établissement, caractérisée par la germination de semences enfouies, survient principalement au cours de l'année suivant la

perturbation; la seconde phase, dite d'accroissement, est caractérisée par une forte reproduction végétative et se poursuit de la seconde à la troisième année; une troisième phase, dite d'auto-éclaircissement, est caractérisée par une production fruitière élevée et est considérée comme une réaction adaptative à un environnement qui se détériore pour l'espèce. Dans les stations colonisées à la fois par le Framboisier et des feuillus de lumière, l'ombrage fait par ces derniers élimine en moyenne en quatre à cinq ans le couvert de Framboisier (Marks 1974, Whitney 1978). L'année où le plus grand nombre de graines est récolté est 1994-95 soit de trois à quatre ans après l'incendie. Par le nombre de graines récoltées, il est possible de faire une liaison parfaite avec la première et la dernière phase du Framboisier décrites par Whitney (1978, 1982). Sur le terrain, il y a des signes de détérioration des colonies de Framboisiers puis une diminution dans la récolte des graines de framboises la cinquième année de récolte (Tableau 3). La venue de feuillus de lumière faisant ombrage aux Framboisiers est une condition environnementale défavorable pour les Framboisiers (Keep, 1968). Comme bien des Bouleaux à papier sont déjà installés sur le terrain, il devrait y avoir une accélération de la diminution du peuplement de Framboisiers.

Selon des études menées par Jobidon (1992, 1994), le Framboisier et l'Épilobe à feuilles étroites font compétition aux jeunes Épinettes sp. et ce, en captant une portion de la lumière, ce qui nuit à la croissance du conifère. L'Épilobe à feuilles étroites survient fréquemment après un feu car le retrait de toute compétition par le feu permet aux graines de l'Épilobe de germer, puis permet à la colonie de se former par reproduction végétative par la suite (Mosquin 1966, Wein et Bliss 1973). Toutes les rangées du terrain contiennent des Épilobes à feuilles étroites et 22 quadrats sur une possibilité de 30 contiennent la plante lors de l'inventaire de végétation de 1995 (Tableau 1). La biomasse aérienne chez l'Épilobe à feuilles étroites s'accroît au cours des sept premières années, puis vient ensuite pour une douzaine d'années une période de stabilité et finalement la colonie commence à dépérir en son centre (Myercough, 1980). Une colonie d'Épilobe à feuilles étroites

peut atteindre 30 ans (Van Andel, 1975). L'Épilobe à feuilles étroites est présente de 1992 à 1996 sur le terrain (Tableau 3).

Les inventaires de végétation ont révélé la présence du Sureau pubescent dans les rangées C1, D3, D5 et E9, puis, le Cerisier de Pennsylvanie a été observé dans les rangées 1C, 1F, 3D, 5B et 5E, ainsi qu'à 7D (Tableau 1). Un petit nombre d'individus d'Érables à épis a été remarqué sur le terrain étudié mais hors des parcelles servant à l'inventaire de végétation. L'Érable à épis mature peut supprimer les Épinettes et les Sapins durant une période de 35 ans et la demande en eau par le système racinaire de l'Érable à épis inhibe la germination des résineux (Vincent, 1965).

4.3 Les pluies de graines au cours des cinq années

Le mode de dispersion annuel des graines influence la quantité et le type de graines pour une récolte ponctuelle (McDonnell *et al.*, 1990). Pour aller chercher le plus de graines possibles sans que des vents viennent chasser les graines contenues dans les trappes à graines, les trappes ont été visitées à toutes les deux semaines à l'automne, et afin de récolter les graines tombées en présence de neige ou à la fonte de cette dernière, une visite fut réalisée au printemps, aussitôt que le dégagement des lieux par la neige permettait la visite aux trappes. Par contre, il est possible que des vents forts aient eu lieu entre les visites et aient réduit le nombre de graines récoltées.

La proximité et l'abondance des semenciers dans l'environnement contigu expliquent globalement, pour ce qui est des graines de certains arbres, arbustes et herbacés, la forte densité des pluies de graines sur ce territoire. La fréquence des pluies de graines dépend de la quantité et de la proximité des sources de graines (McDonnell *et al.*, 1990). La densité de pluie de graines chez les arbres et les arbustes n'est pas différente lorsque la distance qui sépare le semencier des graines retrouvées varie entre 0 et 40 m. Certains semenciers survivants de l'environnement dans le Parc des Grands-Jardins sont à une distance inférieure à 40 m. Il est possible de l'affirmer bien que les survivants des environs n'aient pas été cartographiés mais simplement observés dans le secteur

épargné par le coupe-feu. Ceci permet d'obtenir une bonne densité dans la pluie de graines de certaines espèces du territoire, comme c'est le cas pour le Bouleau à papier. Beaucoup d'espèces n'ont pas profité de la courte distance séparant le peuplement bien établi, de la parcelle en colonisation, c'est le cas du Sapin baumier et de l'Épinette sp., et ce, probablement parce que la quantité de graines retrouvées en un endroit donné est aussi fonction de la quantité de la source de graines et des propriétés aérodynamiques des graines (Mc Donnell *et al.*, 1990). D'autres arbres semenciers externes au brûlis sont séparés du site par plus de 40 m et même d'autres sont séparés par plus de 70 m de distance et plus, mais cela permet tout de même d'enrichir légèrement la pluie de graines (McDonnell *et al.*, 1990). Au cours des cinq années d'étude de la pluie de graines du parc des Grands-Jardins, 97 130 graines ont été recueillies. L'année où le plus grand nombre de graines a été recueilli est 1995-96, soit la quatrième année après l'incendie de mai 1991 (Figure 4). L'année où le plus de graines des espèces arborescentes ont été récoltées est 1994-95, soit 3 ans après le feu (Figure 5). La récolte de 1996 est toutefois incomplète par rapport aux autres récoltes. Cette année comprend exclusivement les récoltes automnales. La récolte du printemps a apporté une quantité de graines supplémentaire à la récolte annuelle pour ce qui est des autres années, et c'est ce qui laisse croire que la récolte serait plus abondante en 1996 avec la récolte du printemps 1997. La quantité de graines est croissante à chaque année à partir de 1992-93 jusqu'à 1995-96. Après compilation de toutes les graines, il a été possible de diviser ces dernières par catégorie. La catégorie où le plus de graines ont été récoltées est la catégorie des herbacés, suivie de très près par la catégorie des arbustes (Tableau 4). Au cours des cinq années de cette étude, chaque catégorie est grandement représentée par une espèce dont les graines sont beaucoup plus nombreuses que les autres. Pour la catégorie herbacée, c'est l'Épilobe à feuilles étroites, pour la catégorie arbuste, c'est le Framboisier et pour la catégorie arbre, c'est le Bouleau à papier. Ce sont ces trois espèces qui sont les plus grandes compétitrices aux Sapins baumiers et aux Épinettes sp. sur le terrain du Parc

des Grands-Jardins dû à la grande proportion du terrain qu'elles couvrent et l'ombrage qu'elles produisent. L'Épilobe à feuilles étroites, le Framboisier du mont Ida et le Bouleau à papier sont les espèces les plus importantes en nombre sur le site. Ils représentent plus de 92% du nombre de graines récoltées durant les 5 années de l'étude. L'étude quantitative des échantillons de graines reflète bien la réalité se produisant au niveau de l'établissement des espèces sur le terrain et de la compétition pour la lumière.

On peut observer et comparer le nombre de graines récoltées de trois espèces d'arbres soit : le Sapin baumier, l'Épinette sp. et le Bouleau à papier, au cours des cinq années où les pluies de graines ont été recueillies (Figure 5). Les graines de Sapins ne sont pas nombreuses et celles des Épinettes sont légèrement plus élevées en nombre, mais elles demeurent peu nombreuses si on les compare au nombre de graines du Bouleau à papier. On note aussi la présence par graines d'autres espèces d'arbres (Tableau 3). Sur le terrain, plusieurs centaines de graines de Sureaux pubescents ont été récoltées au cours des cinq années dont le tiers viables. Puis, moins d'une cinquantaine de graines d'**Érables à épis** dont plus de la moitié viables ont été récoltées au cours des mêmes années sauf en 1995-96. Les quatre dernières années, une quinzaine de graines de **Cerisier de Pennsylvanie** ont été récoltées dont une douzaine viables. D'autres feuillus que l'on retrouve aussi sur le terrain sont notés ici par la présence de leurs graines mais toujours par moins d'une quarantaine au total, pour chacune des espèces, au cours de ces cinq même années d'échantillonnage, soit: **Aulne rugueux**, Aulne crispé, Saule sp., Sorbier d'Amérique et Cornouiller stolonifère. Les espèces qui sont écrites en gras sont des espèces de compétition d'importance pour la régénération forestière au Québec selon Jobidon (1995). Ces trois espèces cumulent sur cinq années, moins de 100 graines et ainsi ne constituent pas une très grande menace pour ce qui est de l'ombrage sur le terrain étudié. Le nombre total provenant de la compilation des graines de ces huit espèces d'arbres feuillus est calculé à 1075 graines dont 378 graines sont viables, soit 35 %

(Tableau 5). Ces huit espèces représentent environ 1% de la récolte totale des graines des cinq années de l'étude. Le Sureau pubescent n'est pas mentionné comme une espèce de compétition mais peut aussi projeter de l'ombre sur les petits conifères. La viabilité globale des graines de Sureaux pubescents est de 33, 91% pour les cinq différentes années de l'étude (Tableau 5). C'est après le Bouleau et le Framboisier, l'espèce feuillue qui peut produire le plus d'ombre sur le terrain et faire un peu de compétition aux conifères.

Comme on a constaté, les graines récoltées ne sont pas toutes viables et c'est la viabilité des graines qui importe pour qu'il y ait un potentiel d'installation du semis sur le terrain après le dépôt de la graine au sol (Tableau 5). La viabilité n'est pas seulement spécifique mais diffère aussi selon chaque graine, selon chaque date de pluie de graines et selon chaque année des récoltes (Tableau 7). La proportion de la pluie de graines d'une espèce varie d'une année à l'autre par rapport à l'échantillonnage annuel de graines (Tableau 8). Le patron de distribution des graines durant l'année semencière est spécifique. Ce patron de distribution dans l'année est influencé par l'emplacement géographique des plants producteurs.

4.3.1 Les conifères

Vers la mi-septembre, le Sapin baumier disperse ses graines dans l'environnement puisque ses cônes se désarticulent rapidement après leur production (Bélanger *et al.*, 1993). Les graines du Sapin ont été récoltées majoritairement à la fin octobre et à la mi-mai (Figure 10). Le Sapin baumier a une bonne année semencière à tous les deux ans, avec une production légère les années intermittentes (Morris, 1951; Powell 1977). Le Sapin baumier a effectivement une pluie de graines plus abondante à toutes les deux années dans l'étude. Les années paires sont de meilleures années semencières (Tableau 3). Les Sapins baumiers sont des producteurs prolifiques de graines et leur viabilité est habituellement assez élevée (Fowells 1965; Houle et Payette 1991a). On observe une très faible quantité de graines au m^2 sur le terrain à chacune des années et de ces graines, seulement

une portion est viable (Tableau 5). La viabilité des graines de Sapin est faible au Parc des Grands-Jardins, avec un maximum en 1994-95 de 13,68% des graines viables. L'année de la plus grande production de graines au parc des Grands-Jardins est 1994-95 et c'est aussi l'année où le plus grand taux de viabilité est remarqué. Les seules années où quelques graines de Sapin ont été trouvées viables sont les années 1994-95 et 1996. Toutes les années de l'étude, un pourcentage des graines provient des récoltes des pluies de graines de l'hiver et du printemps qui suit l'automne de production des graines, ce sont en fait les graines de l'automne tardif (Tableau 7). Ainsi, dans l'étude, pour le Sapin baumier, au moins le tiers des graines sont récoltées au printemps qui suit la production des graines. C'est une grande proportion des graines totales. La viabilité des graines de Sapin baumier est légèrement supérieure selon qu'elle soit évaluée à partir des graines récoltées à l'automne plutôt qu'au printemps (Tableau 7). La viabilité supérieure des graines provenant des récoltes automnales est une tendance attendue puisque les graines de Sapins baumier et d'Épinettes sp. ont la possibilité de rester vivantes environ une année mais elles doivent germer le printemps suivant leur dispersion (Thomas et Wein 1985; Morin 1986). Ainsi, les graines qui tombent l'automne viennent d'être produites et sont plus vigoureuses et celles récoltées au printemps suivant ont pu être relâchées tardivement, voyager sur la neige par les vents ou même être issues pour une portion d'entre elles d'une année de production antérieure ou encore peuvent provenir de l'extrémité des cônes où les graines sont moins viables. Aucune relation spatiale n'est faite entre l'endroit sur le terrain où les pluies de graines de Sapins sont recueillies et les semenciers survivants du site ou de la bordure du site (Figure 11 et Annexe A). Les Sapins survivants commencent à produire des graines au milieu des années 1990 et dans quelques années, des liens de proximité pourront possiblement être établis avec les semences. Le plan spatial de répartition des graines au sol est d'abord façonné par les vents puisque les graines proviennent de semenciers des secteurs

adjacents épargnés par les flammes de 1991. La topographie du terrain étudié est responsable du patron spatial de répartition des graines du Sapin.

Selon Carleton et Mac Lellan (1994), le fait de ne pas retrouver de Peuplier faux-tremble dans les échantillons de graines ou dans les inventaires de végétation, facilitera la recolonisation de la sapinière en Sapin.

Les graines d'Épinette sp. ont été récoltées majoritairement de la mi-août à la mi-octobre, puis ensuite à la mi-mai (Figure 9). La pluie de graines de l'Épinette noire a lieu tout au cours de l'année (Fowells 1965). L'Épinette blanche laisse partir la plus grande partie de ses graines l'automne mais certaines sont retenues dans les cônes jusqu'au printemps suivant (Fowells 1965; Archibald 1980). Il est difficile de dire si la pluie de graines qui a eu lieu tout au cours de l'automne a eu un patron qui s'apparente davantage à celui des pluies provenant des Épinettes blanches qu'à celui des pluies provenant des Épinettes noires ou encore un patron provenant d'une pluie composée des deux espèces à la fois. Le peuplement d'origine comportant les deux espèces et la très grande ressemblance entre les graines de ces deux espèces explique pourquoi il faut s'en tenir au genre plutôt qu'à l'espèce. L'Épinette a une pluie de graines plus abondante à tous les deux années dans la présente étude, tout comme le Sapin baumier (Figure 5). De ces graines, seulement une portion est viable (Tableau 5). L'année de la plus grande production de graines est 1994-95 et la plus grande proportion de graines viables est trouvée en 1996 avec plus de 46% des graines viables. Toutefois, cette année 1996 ne contient que les semences de l'automne qui contiennent généralement une proportion plus élevée de graines viables. L'année 1992 est une année où les graines d'Épinettes ont un pourcentage de viabilité plus élevé que les graines de Sapin baumier et de Bouleau à papier. À ce moment, soit en 1992, sur le terrain il y avait des survivants d'Épinette. Ces derniers étaient aussi des semenciers relâchant des semences et il y avait ainsi un lien spatial favorable pour la vigueur des semences puisqu'elles venaient d'être relâchées et avaient un

potentiel pour coloniser le milieu environnement. L'Épinette n'a obtenu en 1993-94 que 11 % de viabilité. Cela montre une variabilité de la viabilité à chaque année (Tableau 6). Ceci peut être attribué entre autre au fait qu'il y avait des semenciers vivants dans la placette immédiatement après l'incendie. Par la suite, ces semenciers sont morts et les graines provenaient d'autres arbres matures distants. De plus, la viabilité des graines d'Épinette sp. diminue progressivement après l'incendie (Wilton 1963; Zasada *et al.* 1979). Toutes les années de l'étude, un pourcentage des graines provient des pluies de graines de l'hiver et du printemps qui suit l'automne de production des graines (Tableau 7). La viabilité des graines d'Épinettes sp. est supérieure selon qu'elle est évaluée à partir des graines récoltées à l'automne plutôt qu'à l'automne tard, l'hiver et au printemps (Tableau 7). La répartition des graines sur le terrain ne présente pas un patron spatial particulier ou épidémique de 1992 à 1996, sauf pour l'année 1992 qui présentait sur le terrain des Épinettes blanches semencières, survivantes de l'incendie de mai 1991 (Figure 12 et Annexe A). La régénération de l'Épinette après feu est rendue possible par les semences provenant de semenciers survivants à l'extérieur du brûlis, sauf l'année qui suit le feu. Le vent ainsi que la topographie sont responsables de leur emplacement.

4.3.2 Les feuillus

Ruel (1992) fait remarquer que la régénération naturelle de Sapin baumier est supprimée par un couvert de feuillus de lumière, dont le Bouleau à papier. La pluie de graines du Bouleau à papier débute rapidement en automne après la maturation des graines (Fowells, 1965). Au parc des Grands-Jardins les pluies de graines ont été récoltées majoritairement à la mi-octobre et à la mi-mai (Figure 6). La germination des graines a lieu après la fonte des neiges, le printemps suivant la dispersion, ou encore au cours de l'été après des pluies importantes (Clautice *et al.* 1979; Marquis 1966). Les meilleures années semencières chez le Bouleau à papier ont une fréquence de retour, quoi que variable, de deux à trois ans (Bjorkbom *et al.* 1965; Godman et Mattson 1976). Le

Bouleau à papier a une pluie de graines plus abondante à toutes les deux années dans la présente étude, dont seulement une portion est viable (Figure 5). Selon Jobidon (1995), la production moyenne annuelle de semences est de l'ordre de 250 graines/m² et une étude de Bjorkbom *et al.* (1965) indique que certaines excellentes années semencières, il est possible que les peuplements de Bouleau à papier produisent de 4200 à 8900 graines/m². L'année 1994-95 est la plus grosse année semencière avec 816 graines/m² et c'est aussi là qu'un haut taux de viabilité est retrouvé avec 64,29% des graines viables. Toutes les années de l'étude, un pourcentage des graines provient des pluies de graines de l'automne tardif, de l'hiver et du printemps qui suit l'année de production des graines (Tableau 7). La viabilité des graines de Bouleau à papier est souvent plus élevée que la viabilité des autres espèces d'arbres (Tableau 5). Le Bouleau à papier est habituellement un producteur prolifique de graines ayant de bons taux de viabilité (Archibald, 1980). La viabilité globale des graines de Bouleau à papier est de 44,28% pour les cinq différentes années de l'étude. La viabilité des graines de Bouleau à papier est comparable selon qu'elle soit évaluée à partir des graines récoltées à l'automne ou encore durant la période printanière (Tableau 7). Ce résultat est possiblement relié au fait que les graines demeurent viables plus longtemps par rapport aux autres espèces. En 1992-93 sur le territoire étudié, une proximité avait été établie entre certaines semences du Bouleau à papier et le survivant semencier de l'époque. Les années suivantes, ce patron disparaît et c'est aussi le vent et la topographie qui sont responsables de la disposition des graines sur le terrain.

4.4 Exposition du sol minéral après trouée et banques de graines

4.4.1 Les feuillus

Les graines de Bouleau à papier germent sur une période de plusieurs années après leur dispersion. Toutefois leur viabilité diminue au fil des ans (Marquis 1975; Archibald 1980). La banque de graines au parc des Grands-Jardins pour le secteur étudié peut atteindre, pour cinq années d'accumulation, une densité de 1376 graines/m². Selon Clausen (1975), en condition d'entreposage, la germination des graines du Bouleau à papier augmente jusqu'à la quatrième année, pour décroître jusqu'à la douzième année, à partir de quoi, la banque de graines peut avoir épuisé son potentiel à germer.

Le Framboisier peut accumuler une banque de graines viables sur plusieurs années dans le sol et se servir de cette accumulation sur ou dans le sol pour un usage ultérieur. Le test de croissance en cabinet est le moyen le plus certain d'évaluer la viabilité des graines car dans les conditions jour-nuit respectueuses des conditions de la nature auxquelles elles sont soumises, les graines qui germent révèlent qu'elles pourraient germer aussi en nature. Par contre, pour les graines de Framboisiers, dans la présente étude, beaucoup de graines sont viables et très peu germent. Selon une étude d'Hogenbirk et Wein (1992) les températures de germination du Framboisier sont, pour des graines enfouis naturellement dans le sol, de 20°C le jour et de 10°C la nuit, soit des températures plus fraîches que celles utilisées lors des expériences en cabinets pour les graines du site. Pour le Framboisier il sera donc approprié d'observer le taux de viabilité totale dont le chiffre est obtenu par le test de viabilité au chlorure et non par celui en cabinet de croissance. Cinq années d'accumulation constituent la banque de graines du sol pour le Framboisier (Jobidon, 1995). Sur le terrain, en considérant toutes les graines de Framboisier comme valides pour faire partie de la banque de graines potentielles au cours de ces cinq années, on est en présence d'une banque de graines de framboises dans le sol de 3499 graines/m² (Tableau 3). Les arbres fruitiers

comme les Framboisiers ont une banque de graines dans le sol plus importante que les autres types de plantes. La banque peut contenir jusqu'à 1000 graines/m² (McDonnell *et al.*, 1990). Selon une étude de Jobidon (1995), le Framboisier a la possibilité d'accumuler des graines viables au sol et la quantité de graines/m² sur cinq ans peut équivaloir à 25 000 graines de framboises. Au total, sur cinq ans, 38 769 graines de Framboises ont été récoltées sur le terrain et le taux de viabilité global est évalué à 80% pour les cinq années (Tableau 5). Les graines de Framboisiers provenant du terrain à l'étude sont récoltées en très grande quantité proportionnellement au total des graines récoltées au cours de chacune des cinq années (Tableau 8). Après le feu, sur le terrain, il a été possible de voir le Framboisier s'installer immédiatement. Ainsi, en ce qui a trait au Framboisier du Mont Ida, le territoire a probablement été, dans le passé, couvert à un moment ou à un autre de cette plante puisque les graines ont un bon taux de viabilité qui diminue seulement chez les graines âgées de plus d'une soixantaine d'années (Whitney, 1978 et Jobidon, 1995).

Le Cerisier de Pennsylvanie possède de grosses graines lourdes tombant au pied du semencier. Un facteur influence en partie l'installation des graines de cette espèce, c'est celui du faible aérodynamisme des semences. Ainsi, chez le Cerisier de Pennsylvanie, bien que la plante ait la capacité de germer après l'ouverture du milieu, il est bien possible qu'en absence d'un Cerisier de Pennsylvanie mature sur le territoire avant la perturbation, ayant laissé une banque de graines, peu de semis de cette espèce d'arbre prennent place, bien que les conditions de germination soient rencontrées. Selon trois études de Marks (1974), on a déjà dénombré une possibilité de 2 761 500 fruits ou graines par hectare et par année dans un peuplement pur de cerisier, lors d'une autre étude de Marks (1974), il a été dénombré 49,4 graines/m² enfouis dans le sol d'une forêt non perturbée et lors d'une autre étude encore, il a été dénombré entre 1 et 111 graines viables/m² dans des forêts d'âge divers. De 1993 à 1996, seulement 15 graines ou 1 graine/m² de cet arbre ont été récoltées (Tableau 3). Cette petite quantité vient peut-être de l'absence antérieurement sur ce terrain d'une

bonne quantité de semenciers. Puis, dans les inventaires de végétation, six fois sur une possibilité de 30 quadrats inventoriés, la plante a été notée (Tableau 1). On soupçonne que le Cerisier de Pennsylvanie n'avait pas une importante banque de graines dans le sol dû à la faible représentation de Cerisiers matures avant le feu de 1991.

4.4.2 Les herbacées

Au total, sur cinq ans, 35 754 graines d'Épilobes à feuilles étroites ont été récoltées (Tableau 3). Les graines d'Épilobes à feuilles étroites sont récoltées en très grande quantité sur le terrain proportionnellement au total des graines récoltées au cours de chacune des cinq années (Tableau 8). Les graines d'Épilobes à feuilles étroites ont un taux de viabilité élevé l'automne, mais les graines récoltées au printemps ont un taux de viabilité faible (Tableau 7). Les graines de l'Épilobe peuvent donc germer en bonne proportion mais peu de temps après leur production.

4.5 La diversification du milieu au cours des cinq années de recolonisation

4.5.1 Diversification des espèces végétales

L'année qui suit le feu, des plantes sont inventoriées sur le terrain et des graines sont récoltées systématiquement par des trappes à graines. Voici les douze différentes espèces de graines récoltées l'année qui suit l'incendie: Sapin baumier, Érables à épis, Aulne sp., Aster acuminé, Bouleau à papier, Épilobe à feuilles étroites, *Galeopsis tetrahit*, Oxalide de montagne, Épinette sp., Framboisier du mont Ida, Sureau pubescent et Bleuet. Outre le *Galeopsis tetrahit*, toutes les espèces de graines sont récoltées les années suivantes. Toutefois, d'autres espèces s'ajoutent au cours des cinq années de suivi, triplant ainsi la diversité qui régnait immédiatement après le feu (Tableau 3). La diversité augmente, entre autres, au cours de ces cinq années, par l'accroissement des opportunités qu'ont les graines d'aboutir sur le terrain au cours du temps.

Tout au cours des années de recolonisation du site, il y a l'apport de nouvelles espèces établies par graines. De 1992 à 1996, il y a une diversification au niveau du territoire et cela se

réflète dans les échantillons de graines: en 1992-93, il y a 13 différentes espèces de graines; en 1993-94, il y en a 20; en 1994-95, il y en a 20; en 1995-96 il y en a 33 et dans la récolte exclusivement automnale de 1996, il y en a 26. L'année 1995-96 a été non seulement une année particulière pour son nombre de graines important mais aussi pour sa grande diversité (Tableau 3).

La grande diversité végétale du site, qui est toujours croissante, est en accord avec une étude citée dans Jobidon (1995) qui veut qu'avec les peuplements de Bouleau à papier, il y ait une plus grande richesse et diversité floristique et moins de bryophyte comparativement aux peuplements conifériens voisins n'ayant pas autant de Bouleau à papier.

4.5.2 Dispersion et diversification par la faune

Qu'on soit après une coupe à blanc, dans une forêt jeune ou dans une forêt surannée, la dispersion des graines et la quantité de graines retrouvées en un endroit donné est fonction de la quantité de la source de graines, de la distance de cette dernière, des propriétés aérodynamiques des graines ou fruits et de la direction des vents (McDonnell *et al.*, 1990). La flore se diversifie aussi grâce à la faune. Au cours des années, différents animaux fréquentent le milieu anciennement trop perturbé. Ainsi les oiseaux, les petits mammifères et même de plus gros mammifères commencent à fréquenter le milieu transportant parfois des nouvelles graines et aidant à fertiliser les fleurs, en outre par le transport de pollens. Les graines contenues dans un fruit et les grosses graines ont besoin d'aide supplémentaire pour se distancer de leur semencier respectif (McDonnell *et al.*, 1990). Les graines qui sont plus lourdes retrouvées dans l'étude sont les suivantes : Sureau pubescent, Cornouiller stolonifère, Sorbier d'Amérique, Framboisier, Gadelier glanduleux, Streptope rose et Bleuet. Par exemple, la graine du Cerisier de Pennsylvanie est lourde et n'est pas aérodynamique puisqu'elle est contenue dans un fruit. La graine a été récoltée dans cette étude et si le fruit qui contient la graine est sain, la graine à l'intérieur aura besoin d'une aide extérieure ou elle tombera bien souvent, au pied du plant-mère.

CHAPITRE V
CONCLUSION

Sur le terrain, il y a, après l'incendie de mai 1991, quelques survivants de semis de Sapin baumier mais pas de survivants de semis d'Épinette. C'est dans une parcelle plus humide du terrain que des petits Sapins baumiers ont été épargnés et ils sont en mesure, dès le milieu des années 1990, de produire des graines, assurant ainsi une certaine régénération. Au moment où les semis seront rendus des semenciers, l'installation du Sapin pourra être plus concentrée en cet endroit de petits survivants, puis persister dans ce secteur, pour ensuite prendre progressivement de l'expansion selon les opportunités offertes sur le territoire. Le Sapin baumier ainsi que l'Épinette, lorsqu'ils sont laissés sans survivant mature, se régénèrent par graines sur les brûlis, à partir de semenciers épargnés voisins et c'est ce qui se produit sur le terrain après le feu de 1991. La régénération se fait à partir du peuplement résiduel situé à l'ouest. La faible occupation du terrain par les jeunes conifères est due globalement à la dépendance des conifères à une source de graines externe au brûlis assez rapprochée. Les graines en absence de vent, ont tendance à se déposer au pied du semencier. Le vent qui circule parfois dans le site, est un vent pouvant préalablement circuler au travers d'arbres matures de conifères et de feuillus portant des graines, présents autour du terrain. Le nombre de graines de conifères récoltées et le nombre de jeunes conifères installés, sont inférieurs aux graines et aux semis de feuillus au cours des cinq années qui suivent le feu. Pour le Sapin baumier et l'Épinette sp. l'établissement par graines reste lent car la densité de leur pluie de graines est faible. De plus, les graines doivent germer le printemps qui suit leur production pour ces deux espèces, puisque leur viabilité s'échelonne sur une courte période. De plus, il n'y a une bonne année semencière qu'à tous les deux ans seulement pour ces deux espèces. Les meilleures années semencières chez le Bouleau à papier ont une fréquence de deux ans aussi mais il est un producteur plus prolifique de graines et leur viabilité s'échelonne sur une plus longue période. L'ombre fait par ces derniers, interfère et nuit indistinctement aux

conifères et aux autres feuillus. Après le feu de mai 1991, le territoire reçoit beaucoup de graines d'Épilobes à feuilles étroites, de Framboisier et de Bouleau à papier et se couvre principalement de ces trois espèces. L'Épilobe à feuilles étroites envahit rapidement le terrain récemment brûlé. Les Framboisiers sont nombreux, mais ont atteint leur apogée en nombre de graines, 3 à 4 ans après l'incendie. Dès le moment où ces deux espèces seront éliminées, cela laissera plus de chance à l'épanouissement du Sapin et de l'Épinette. Par contre, le Bouleau à papier est l'espèce arborescente dominante sur le terrain au milieu des années 1990. Il fait compétition pour la lumière. La proportion de Bouleau à papier sur le terrain peut être élevée pendant encore plusieurs années. La diversité végétale est pour sa part avantageée dans les peuplements ayant une grande proportion de Bouleau à papier. Le terrain est effectivement diversifié. Le Sureau pubescent est aussi présent et y amène plus de compétition pour la lumière que le Cerisier de Pennsylvanie, bien qu'il ne soit pas cité comme espèce de compétition d'importance pour la régénération au Québec. L'Érable à épis et le Cerisier de Pennsylvanie font parti des espèces de compétitions mais sont en très petite quantité sur le terrain et ne nuiront pas beaucoup. L'Épinette et le Sapin poursuivront leur lente installation sur le terrain comme il est possible de constater tout au cours de cette étude. Il semble que l'Épinette puisse demeurer une espèce compagne dans le peuplement futur. Selon Carleton et Mac Lellan (1994), le fait de ne pas retrouver de Peuplier faux-tremble dans les échantillons de graines ou dans les inventaires de végétation, permettra la recolonisation de la sapinière en Sapin. L'envahissement rapide du territoire par les feuillus intolérants a débuté tôt dans le processus de recolonisation et compromet possiblement le retour de la sapinière à court terme. La tolérance du Sapin baumier à s'installer et à persister sous le couvert, peut faire en sorte que le paysage soit dominé à nouveau par le Sapin baumier à long terme.

CHAPITRE VI
LITTÉRATURE CITÉE

- Archibald, O.W., 1980. Seed input into a postfire forest site in northern Saskatchewan. *Can. J. For. Res.* 10 : 129-134.
- Baskerville, G.L., 1975. *Spruce budworm : super silviculturist.* For. Chron. 51 : 138-140.
- Bélanger, L., D. Allard et P. Meek, 1993. *Dynamique d'établissement d'un peuplement bi-étageé de bouleau blanc et de Sapin baumier en zone boréale.* For. Chron. 69(2) : 173-177.
- Bjorkbom, J.C., D.A. Marquis et F.E. Cunningham, 1965. *The variability of paper birch seed production, dispersal, and germination.* USDA For. Serv., Northeastern For. Exp. Stn., Res. Pap. NE-41. 8p.
- Blais, J.R., 1954. *The recurrence of spruce budworm infestations in the past century in the Lac Seul area of northwestern Ontario.* Ecol. 35 : 62-71.
- Blais, J.R., 1961. *Spruce budworm outbreaks in the lower St. Lawrence and Gaspe Region.* For. Chron. 37 : 192-202.
- Blais, J.R., 1962. *Collection and analysis of radial growth data from trees for evidence of past spruce budworm outbreaks.* For. Chron. 38 : 474-483.
- Blais, J.R., 1965. *Spruce budworm outbreaks in the past three centuries in the Laurentides Park, Québec.* For. Sci., 11 : 130-138.
- Blais, J.R., 1983. *Trends in frequency, extent, and severity of spruce budworm outbreaks in eastern Canada.* Can. J. For. Res. 13 : 539-547.
- Braun-Blanquet, J., 1965. *Plant sociology : The study of plant communities.* Édité par Fueller, C.D. et H.S. Conard, Hafner, London, 439 p. Tiré de Muller-Dombois, D. et H. Ellenberg. 1974. *Aims and method of vegetation ecology.* John Wiley and Sons, New York, p. 60.
- Carleton, T.J. and P. Mac Lellan, 1994. *Woody vegetation responses to fire versus clear-cutting logging: a comparative survey in the central Canadian boreal forest.* Écoscience 1, 141-152.
- Clausen, K.E., 1975. *Long-term storage of yellow and paper birch seed.* U.S. Forest Service, North Central For. Exp. Stn., Res. Note NC-183. 3 p.
- Clautice, S.F., J.C. Zasada et B.J. Neiland, 1979. *Autecology of first year postfire tree regeneration.* Ecological effects of the wickersham dome fire near fairbanks, Alaska. Viereck, L.A. et Dyrness, C.T. (eds), USDA For. Serv., Pac. Northwest For. Range Exp. Stn., Gen. Tech. Rep. PNW-90, : 50-53.
- Degrandpré, L., D. Gagnon and Y. Bergeron, 1993. *Changes in the understory of Canadian Southern boreal forest after fire.* J. Veg. Sci. 4 , 803-810.
- Dion, L., 1986. *La dynamique forestière des hauts sommets de Saint-Urbain (Charlevoix).* Thèse de maîtrise, Univ. Laval, Québec, 109 p.

- Dix, R.L. et J.M.A. Swan, 1971. *The roles of disturbance and succession in upland forest at Candle Lake, Saskatchewan.* Can. J. Bot. 49 : 657-676.
- Edwards, D.G.W. 1987. *Méthodes de contrôle des semences forestières au Canada* (Rapport technique de foresterie 36). Centre de foresterie du Pacifique (Victoria), Service Canadien des forêts, Ottawa, 34p.
- Filion, J. et H. Morin, 1996. *Distribution spatiale de la régénération d'épinette noire 8 ans après un feu de forêt.* Can. J. For. Res. 26: 601-610.
- Foster, D.R. et G.A. King, 1986. *Vegetation pattern and diversity in s.e. Labrador, Canada : Betula papyrifera (birch) forest development in relation to fire history and physiography.* J. Ecol. 74 : 465-483.
- Fowells, H.A., 1965. *The silvics of forest trees of the United States.* USDA For. Serv., Washington. DC., Agric. Handbook No. 271. 762p.
- Fulton, J.R., 1974. *Pin cherry.* Shrubs and vines for northeastern wildlife. Gill, J.D. et Healy, W.M. (éds) USDA For. Serv., Gen. Tech. Rep. NE-9. Pp. 26-28.
- Gagnon, R., 1988. *La dynamique naturelle des peuplements équiennes d'épinette noire.* Compte rendu Colloque Les mécanismes de régénération de l'épinette noire : applications pratiques en aménagement, août 1988. Chicoutimi, Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, 11 p.
- Gagnon, R. et M. Chabot, 1988. *Un système d'évaluation de la vulnérabilité des peuplements à la tordeuse des bourgeons de l'épinette : ses fondements, son implantation et son utilisation en aménagement forestier.* L'aubelle, octobre-novembre, p. 7-14.
- Godman, R.M. et G.A. Mattson, 1976. *Seed crops and regeneration problems of 19 species in Northeastern Wisconsin.* USDA For. Serv., North Central For. Exp. Stn., Res. Pap. NC-123. 5p.
- Grabe, D.F. ed. 1970. *Tetrazolium testing handbook for agricultural seeds.* The Tetrazolium Testing Committee of the Association of Official Seed Analysts.
- Graber, R.E. et D.F. Thompson, 1978. *Seeds in the organic layers and soil of four beech-birch-maple stands.* USDA For. Serv., Res. Pap. NE-401. 8p.
- Hardy, Y., 1984. *La tordeuse des bourgeons de l'épinette... un mythe ou une réalité?* Rev. Entomol. Qc. 29 : 35-47.
- Hardy, Y., M. Mainville et D.M. Schmitt. 1986. *An atlas of spruce budworm defoliation in eastern North America, 1938-80.* U.S.D.A. For. Serv. Misc. Publ. 1449.
- Hatcher, R.J. 1960. *Croissance du Sapin baumier après une coupe rase dans le Québec.* Direction des Forêts, Environnement Canada, Mémoire technique No. 87, 24p.

- Hogenbirk, J.C. et Wein, R.W., 1992. *Temperature effects on seedling emergence from boreal wetland soil : implications for climate change*. Aquat. Bot. 42 : 361-373.
- Hosie, R.C., 1973. *Native trees of Canada*. (Seventh edition) Can. For. Serv. And the Can. Publ. Cent. Fitzhenry and Whiteside, Ont.
- Houle, G. et S. Payette. 1991a. *Seed dynamics of Abies balsamea and Acer saccharum in a deciduous forest of Northeastern North America*. American J. Bot. 78(7) : 895-905.
- Houle, G. et S. Payette. 1991b. *Seed dynamics of Betula alleghaniensis in a deciduous forest of north-eastern North America*. J. Ecol. 78 : 677-690.
- Jobidon, R., 1992. *Measurement of light transmission in young conifer plantations : a new technique for assessing herbicide efficacy*. Northg. J. Appl. For. 9 : 112-115.
- Jobidon, R., 1994. *Light threshold for optimal black spruce (Picea mariana) seedling growth and development under brush competition*. Can. J. For. Res. 24 : 1629-1635.
- Jobidon, R., 1995. *Autoécologie de quelques espèces de compétition d'importance pour la régénération forestière au Québec*. Revue de littérature. 1-180. 1995. Ste-Foy, Québec, Min. Ress. Nat. Mémoire de recherche forestière no. 117.
- Keep, E., 1968. *Incompatibility in Rubus with special reference to R. idaeus L.* Can. J. Genet. Cytol. 10 : 253-262.
- Mac Arthur, J.D., 1964. *A study of regeneration after fire in the Gaspé region*. Dep. of Forestry publication No. 1074, Forest Research Branch, Canada, 20 p.
- MacLean, D.A., 1984. *Effects of spruce budworm outbreaks on the productivity and stability of balsam fir forests*. For. Chron. 60 : 273-279.
- Marie-Victorin, F. 1964. *Flore laurentienne*. Deuxième édition revue par E. Rouleau. Les Presses de l'Université de Montréal. 925p.
- Marks, P.L., 1974. *The role of pin cherry (Prunus pensylvanica L.) in the maintenance of stability in northern hardwood ecosystems*. Ecol. Monogr. 44 : 73-88.
- Marquis, D.A., 1965. *Regeneration of birch and associated hardwoods after patch cuttings*. USDA For. Serv., Res. Pap. NE-32. 13p.
- Marquis, D.A., 1966. *Germination and growth of paper birch and yellow birch in simulated strip cuttings*. USDA For. Serv., Res. Pap. NE-54.
- Marquis, D.A., 1975. *Seed storage and germination under northern hardwood forests*. Can. J. For. Res. 5 : 478-484.

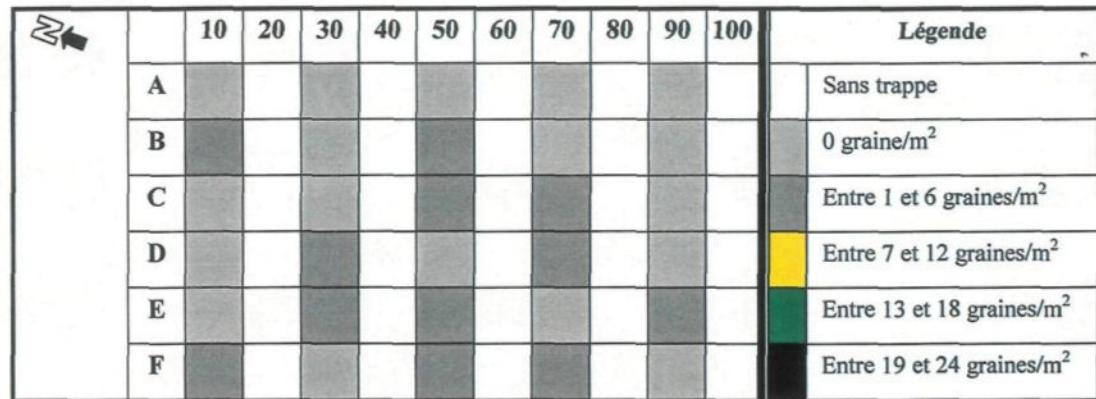
- Mc Donnell M.J., J.M. Koch and M.-J. Fortin, 1990. *Seed dynamics in fragmented landscapes, Woody Plant Seed Dynamics in Fragmented Landscapes : Seed Source Availability and Dispersal Patterns*. Ecological Application. New York. 27 p.
- Methven, I.R. et W.G. Murray. 1974. *Using fire to eliminate understory balsam fir in pine management*. For. Chron. 2 : 77-79.
- Montgomery, F.H., 1977. Seeds and fruits of plants of eastern Canada and northeastern United States. University of Toronto press, Toronto, 232 p.
- Morin, H., 1986. *La régénération de l'épinette blanche dans les étages montagnards, subalpin et alpin du mont Jacques-Cartier, Québec*. Nat. Can. 113 : 347-354.
- Morin H. et R. Gagnon, 1991. *Structure et croissance de peuplements d'épinette noire issus de régénération préétablie, une quarantaine d'années après coupe au Lac Saint-Jean, Québec*. The For. Chron. Vol. 67, No. 3 : 275-283.
- Morin H. et D. Laprise, 1990. *Histoire récente des épidémies de la Tordeuse des bourgeons de l'épinette au nord du lac Saint-Jean (Québec) : une analyse dendrochronologique*. Can. J. For. Res. 20 : 1-8.
- Morris, R.F. 1951. *The effects of flowering on the foliage production and growth of balsam fir*. For. Chron. 27 : 40-57.
- Mosquin, T., 1966. *A new taxonomy for Epilobium angustifolium L. (Onagraceae)*. Brittonia 18 : 167-188.
- Myerscough, P.J., 1980. *Biological flora of the British Isles : Epilobium angustifolium L., Chamaenerion angustifolium L.*. Scop. J. Ecol. 68 : 1047-1074.
- Perron, N., 1994. *Dynamique des populations de Sapins baumiers et suivi de leur régénération après un feu dans un secteur du parc des Grands-Jardins affecté par la tordeuse des bourgeons de l'épinette*. Mémoire de maîtrise, Univ. Québec à Chicoutimi, Québec, 75p.
- Peterson, C.J. and W.P. Carson, 1996. *Generalizing forest regeneration models : the dependence of propagule availability on disturbance history and stand size*. Can. J. Forest. Res. 26 : 45-52.
- Powell, G.R. 1977. *Biennial strobilus production in balsam fir : a review of its morphogenesis and a discussion of its apparent physiological basis*. Can. J. For. Res. 7 : 547-555.
- Ruel, J.-C., 1992. *Impact de la compétition exercée par le framboisier (Rubus idaeus L.) et les feuillus de lumière sur la croissance du Sapin baumier (Abies balsamea (L.) Mill.) en régénération*. Can. J. For. Res. 22 : 1408-1416.

- Saint-Pierre, H., 1990. *Régénération après feu du Pin gris (Pinus banksiana Lamb.) et de l'épinette noire (Picea mariana (Mill.) BPS.) dans la forêt boréale, lac Desautels, réserve faunique Ashuapmushuan, Québec*. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec.
- Sanders, C.J., Stark, R.W., Mullins, E.J., et Murphy, J. 1985. *Recent advances in spruce budworm research Symposium*, 16-20 sept. 1984, Bangor, Main, Éditeurs : C.J. Sanders, R.W. Stark, E.J. Mullins et J. Murphy. Canadian Forestry Service, Ottawa.
- Sherrer, B., 1984. *Biostatistique*. Gaëtan Morin éditeur, Boucherville, Québec, pp 850.
- Thibault, M. 1985. Les régions écologiques du Québec méridional. Deuxième approximation. Service de la recherche, Ministère de l'Énergie et des Ressources, Québec. (1: 1 250 000).
- Thomas, P.A. et R.W. Wein, 1985. *Delayed emergence of four conifer species on postfire seedbeds in eastern Canada*. Can. J. For. Res. 15 : 727-729.
- Van Andel, J., 1975. *A study on the population dynamics of the perennial plant species Chamaenerion angustifolium (L.) Scop.* Oecologia 19 : 329-337.
- Vincent, A.B., 1965. *Growth of black spruce and balsam fir reproduction under speckled alder*. For. Res. Branch, Dept. For., Pub. No. 1102. 14 p.
- Wein, R.W. et L.C. Bliss, 1973. *Changes in Arctic Eriophorum tussock communities following fire*. Ecology 54 : 845-852.
- Wein, R.W. et J.M. Moore. 1977. *Fire history and rotations in the New Brunswick Acadian Forest*. Can. J. For. Res. 7 : 285-294.
- Whitney, G.G., 1978. *A Demographic analysis of Rubus idaeus L. and Rubus pubens Raf. The reproductive traits and population dynamics of two temporally isolated members of the Genus Rubus idaeus*. Ph. D. Diss., Yale Univ. 139 p.
- Whitney, G.G., 1982. *The productivity and carbohydrate economy of a developing stand of Rubus idaeus*. Can. J. Bot. 60 : 2697-2703.
- Wilton, W.C. 1963. *Black spruce seedfall immediately following fire*. For. Chron. 26 : 477-479.
- Zasada, J.C., L.A. Viereck, et M.J. Foote, 1979. *Black spruce seedfall and seeding establishment. Ecological effects of the Wickersham Dome fire near Fairbanks, Alaska*. Édité par L.A. Viereck et C.T. Dyrness. U.S.D.A., For. Serv., Gen. Tech. Rep. No. PNW-90, pp. 42-50.
- Zoladeski, C. A. and P. F. Maycock, 1990. Dynamics of the boreal forest in northwestern Ontario.

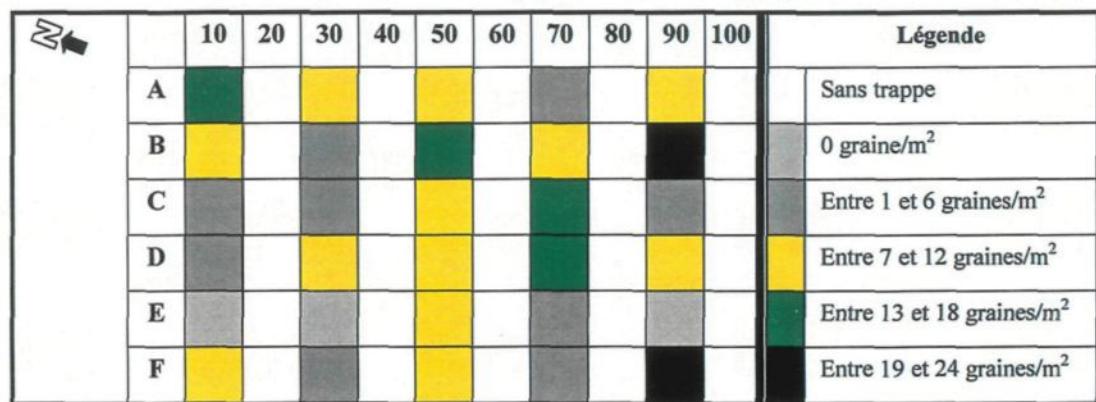
ANNEXE A

Dispersion des graines dans l'espace pour chaque année

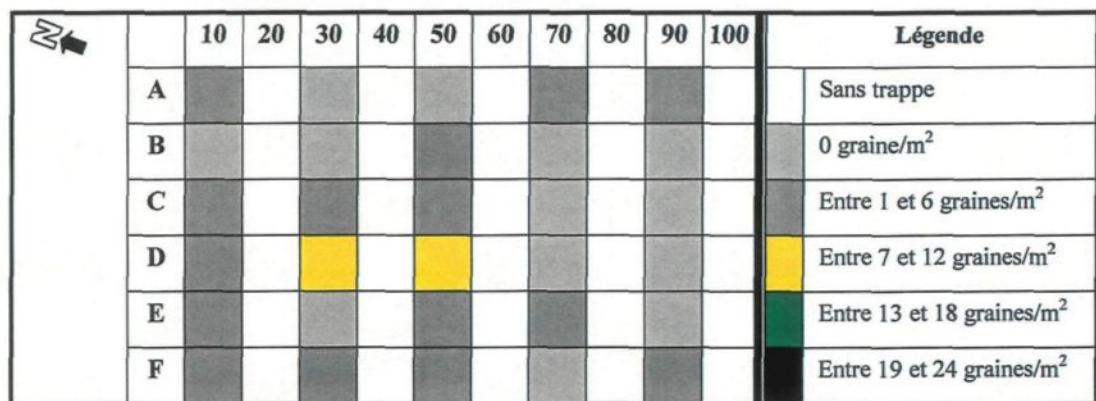
En 1992-93, 15 graines d'*Abies balsamea* ont été récoltées. Chacune d'elle dans des trappes à graines différentes, ne formant pas un patron de distribution spatial particulier. Toutefois, aucune de ces graines ne s'est retrouvée dans la rangée A, soit la rangée à la plus faible altitude ou encore la rangée qui est la plus éloignée de la colline qui surplombe le site à l'étude. La combinaison de six trappes à graines constituant une parcelle (ex: la parcelle C-5) cumule un nombre de graines variant de 0 à 2 graines. Ce maximum ayant été rencontré dans la parcelle tout juste citée en exemple. En 1993-94, aucune graine d'*Abies balsamea* n'a été récoltée dans les visites faites ponctuellement aux trappes à graines. En 1994-95, 95 graines d'*Abies balsamea* ont été récoltées. L'emplacement des graines récoltées ne forme pas un patron spatial particulier mais on retrouve un peu moins de graines près du coupe-feu soit au nord-nord-ouest. La combinaison de six trappes à graines constituant une parcelle (ex : la parcelle B-9 ou F-9) cumule un nombre de graines variant entre 0 et 7 graines. Ce maximum ayant été rencontré dans les parcelles tout juste citées en exemple. En 1995-96, une seule graine d'*Abies balsamea* a été récoltée, ainsi, aucun patron ne peut être établi. La graine est tombée dans la trappe à graines D-34 et plus globalement dans la parcelle D-3. En 1996, aucun patron spatial particulier se dessine, par contre, les regroupements de trappes à graines B, C, D et E-9 ainsi que B, C et D-7 n'ont reçu aucune graine de sapin en 96. De ce fait, les graines se retrouvent plus près du coupe-feu soit au nord-nord-ouest du terrain. La combinaison de six trappes à graines constituant une parcelle (ex : la parcelle D-3 ou D-5) cumule un nombre de graines variant entre 0 et 3 graines. Ce maximum ayant été rencontré dans les parcelles tout juste citées. Ce nombre de graines provient uniquement des récoltes automnales et la récolte des graines de l'hiver et du printemps suivants n'a pas été analysée dans cette étude.



Distribution spatiale des pluies de graines de Sapin 1992

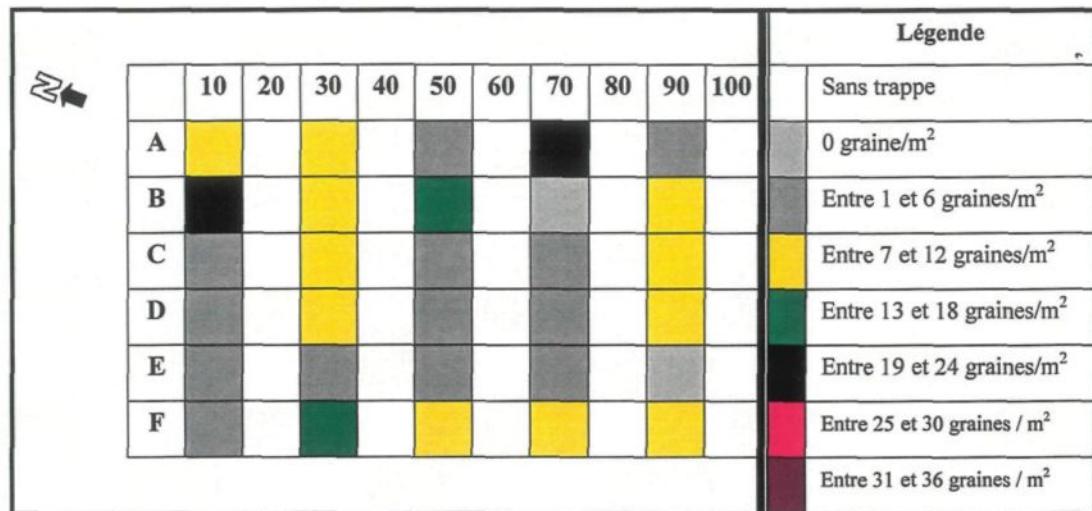


Distribution spatiale des pluies de graines de Sapin 1994

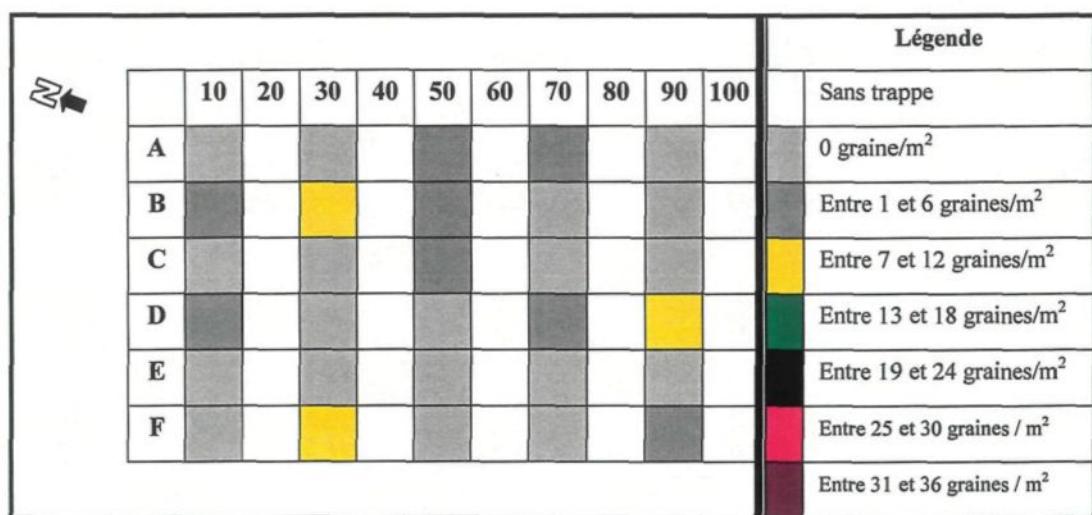


Distribution spatiale des pluies de graines de Sapin 1996

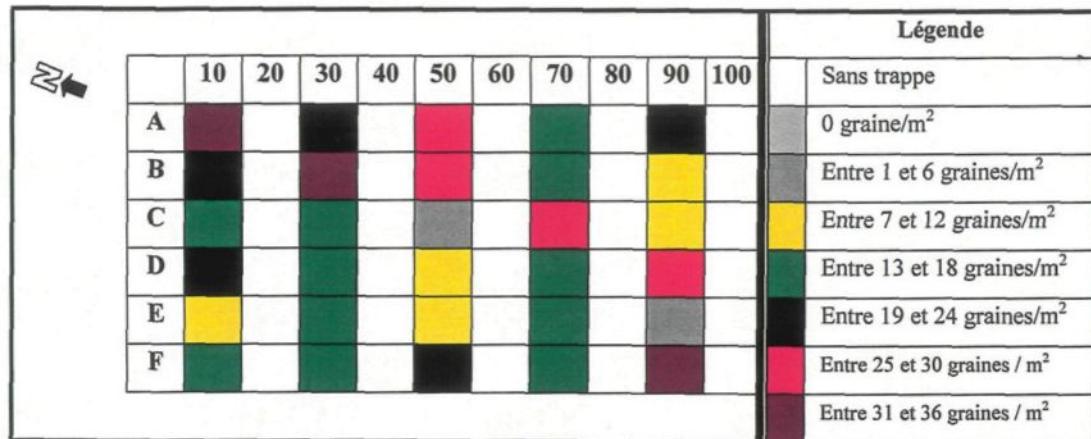
En 1992-93, 84 graines de *Picea* sp. ont été récoltées. La combinaison de six trappes à graines constituant une parcelle (ex: la parcelle A-7 ou B-1) cumule un nombre de graines variant entre 0 et 7 graines. Ce maximum ayant été rencontré dans les parcelles tout juste citées. La façon dont sont distribuées les graines sur le terrain n'indique pas un patron particulier. En 1993-94, 18 graines de *Picea* sp. ont été récoltées. La combinaison de six trappes à graines constituant une parcelle (ex : la parcelle B-3 ou F-3 ou encore D-9) cumule un nombre de graines variant entre 0 et 3 graines. Ce maximum ayant été rencontré dans les parcelles tout juste citées. Ce patron de distribution spatial ne correspond à rien de particulier, il n'y a toutefois pas de graines qui ont été récoltées dans la rangée E. Cette rangée est située assez près de la colline où il est possible d'y voir des conifères survivants de l'épidémie et de l'incendie. En 1994-95, 195 graines de *Picea* sp. ont été récoltées. La combinaison de six trappes à graines constituant une parcelle (ex : la parcelle B-3) cumule un nombre de graines variant entre 1 et 13 graines. Ce maximum ayant été rencontré dans la parcelle ci-haut citée. On n'assiste pas à une distribution spatiale correspondant à un patron particulier. En 1995-96, 17 graines de *Picea* sp. ont été récoltées. La combinaison de six trappes à graines constituant une parcelle (ex : la parcelle A-1 ou C-7 ou encore D-9) cumule un nombre de graines variant entre 0 et 2 graines. Ce maximum ayant été rencontré dans les parcelles ci-haut mentionnées. Il n'y a pas de patron spatial particulier. En 1996, 13 graines de *Picea* sp. ont été récoltées, peut-être aurait-on pu assister à une autre récolte intéressante au printemps 1997 si l'étude avait couvert cet hiver et ce printemps. La combinaison de six trappes à graines constituant une parcelle (ex : la parcelle D-5) cumule un nombre de graines variant entre 0 et 3 graines. Ce maximum ayant été rencontré dans la parcelle ci-haut citée. Le patron de distribution spatial des graines semble éviter les regroupements A, B, C, D et E : 7 et 9 ainsi que A de 1 à 9. Les graines se retrouvent plus près du coupe-feu et du sommet de la colline ou se retrouvent au nord-ouest du terrain.



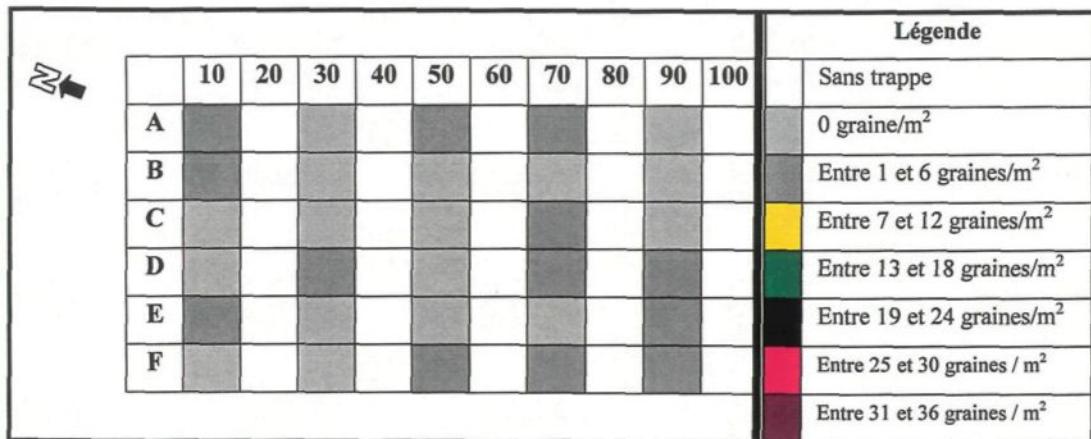
Distribution spatiale des pluies de graines d'Épinette 1992



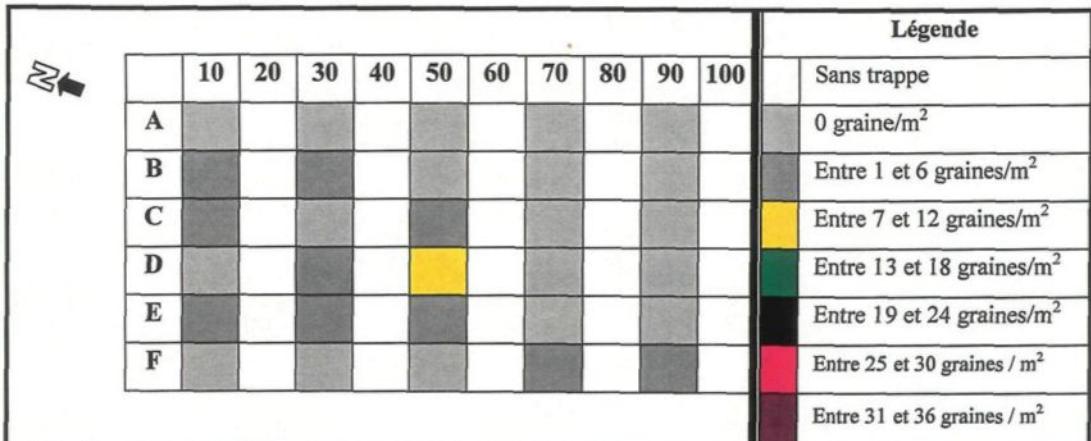
Distribution spatiale des pluies de graines d'Épinette 1993



Distribution spatiale des pluies de graines d'Épinette 1994



Distribution spatiale des pluies de graines d'Épinette 1995



Distribution spatiale des pluies de graines d'Épinette 1996