

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC**

**MÉMOIRE**

**PRÉSENTÉ À**

**L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI**

**COMME EXIGENCE PARTIELLE**

**DE LA MAÎTRISE EN RESSOURCES RENOUVELABLES**

**PAR**

**STÉPHANE RIVERIN**

**BACHELIER ÈS ARTS (GÉOGRAPHIE)**

**DYNAMIQUE D'INSTALLATION DE LA RÉGÉNÉRATION DANS UNE  
PESSIÈRE OUVERTE À CLADONIE LOCALISÉE DANS LA ZONE DE LA  
PESSIÈRE NOIRE FERMÉE, NORD DU SAGUENAY—LAC-SAINT-JEAN  
(QUÉBEC)**

**DÉCEMBRE 1994**



### *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

La dynamique d'installation de la régénération pouvant éventuellement causer la fermeture du couvert arborescent a été étudiée dans trois pessières noires à lichen ouvertes situées à l'intérieur du domaine de la pessière fermée. Les épinettes noires (*Picea mariana*) de la strate des adultes forment une population équiennne provenant d'un même incendie forestier ayant sévi en 1877. La distribution temporelle de ces individus a été établie afin de connaître l'histoire et l'écologie de cette population. L'âge des épinettes noires appartenant à la strate de la régénération a été déterminé à l'aide de trois méthodes: 1) décompte des cicatrices du bourgeon terminal; 2) décompte des anneaux de croissance au niveau du sol et 3) interdatation dans la souche, jusqu'au collet. La structure d'âge de la régénération fut établie afin de déterminer la période d'installation des semis. La distribution temporelle des épinettes de la strate de la régénération diffère selon la méthode utilisée pour déterminer leur âge. La méthode de l'interdatation dans la souche permet de réduire la période d'installation de ces petites épinettes. Les épinettes noires présentes dans ces milieux ouverts, font partie de deux cohortes équiennes et distinctes. La cohorte des adultes est issue du feu de 1877 tandis que celle de la régénération provient d'un autre feu survenu vers 1922-23. Les semis d'épinette de la strate de la régénération sont très âgés (moyenne de 60 ans) malgré leur petite taille. La faible croissance des semis rend difficile la détermination de l'âge de ces individus; chez certains, plusieurs cernes peuvent être manquants. Ces milieux ouverts de la zone boréale fermée se comportent comme les forêts ouvertes de la taïga, c'est-à-dire qu'ils tendent à demeurer ouverts malgré des conditions climatiques plus favorables. Le tapis lichénique n'offre pas de bonnes conditions pour la germination des graines disséminées au sol. Au cours des 45 dernières années, aucun semis ne s'est installé dans ces sites clairsemés.

## REMERCIEMENTS

Je tiens, avant tout, à exprimer ma gratitude envers mon directeur de mémoire, le Dr. Réjean Gagnon, qui m'a proposé ce projet de recherche et qui a su me diriger d'une façon remarquable tout au long de ce travail. Que soient également assurés de ma reconnaissance Germain Savard, François Gionet, Louis Imbeault et Dominic Simard pour leur aide et leurs précieux conseils lors des travaux de terrain. Je désire également exprimer de sincères remerciements à Jacques Filion, pour m'avoir éclairé sur certains points qui m'étaient obscurs. Je ne pourrais oublier Claude Jeuris et Hélène St-Pierre qui ont lu et corrigé la version préliminaire de ce travail. Ce projet de recherche n'aurait pu être mis à terme sans le support financier, logistique et technique du Consortium de recherche sur la forêt boréale commerciale de l'Université du Québec à Chicoutimi.

## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ .....	ii
REMERCIEMENTS.....	iii
TABLE DES MATIÈRES.....	iv
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
PROBLÉMATIQUE.....	1
1.1. INTRODUCTION.....	2
1.2. REVUE DE LA LITTÉRATURE .....	4
1.2.1. Le rôle des feux dans la pessière boréale.....	4
1.2.2. La pessière noire à mousses dans la forêt boréale.....	5
1.2.3. La pessière noire à lichen dans la taïga et dans la forêt boréale fermée .....	6
1.2.4. La régénération après feu chez l'épinette noire .....	8
1.2.5. Durée de la période d'établissement de l'épinette noire après feu.....	9
1.2.6. La viabilité des graines et la survie des semis d'épinette noire après feu.....	10
1.2.7. Le rôle des lichens dans la pessière noire boréale .....	11
2. LOCALISATION ET DESCRIPTION DE LA RÉGION À L'ÉTUDE .....	14
3. MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	17
3.1. Sélection des sites.....	17
3.2. Reconnaissance générale des sites et datation du dernier feu .....	17
3.3. Échantillonnage.....	18
3.3.1. Strate des adultes.....	18
3.3.2. Strate de la régénération .....	19
3.3.3. Sols et parterre forestier .....	19

3.4.	Analyses en laboratoire.....	20
3.4.1.	Détermination de l'âge de la strate des adultes.....	20
3.4.2.	Détermination de l'âge de la strate de la régénération .....	20
3.4.2.1.	Épinettes mesurant entre 0 et 60 cm de hauteur .....	20
3.4.2.1.1.	Le décompte des cicatrices du bourgeon terminal.....	20
3.4.2.1.2.	Le décompte des cernes de croissance annuels.....	21
3.4.2.1.3.	L'interdatation dans la souche jusqu'au collet.....	21
3.4.2.2.	Épinettes mesurant plus de 60 cm de hauteur .....	22
4.	RÉSULTATS.....	24
4.1.	Description des peuplements et datation des cicatrices de feu.....	24
4.2.	Estimation de l'âge des épinettes de la strate de la régénération .....	26
4.2.1.	Épinettes mesurant entre 0 et 60 cm de hauteur.....	26
4.2.2.	Épinettes mesurant 60 cm et plus de hauteur.....	30
4.3.	Distribution temporelle des épinettes de la strate de la régénération, selon les méthodes de détermination de l'âge utilisées.....	30
4.4.	Structure d'âge de la strate de la régénération (0 à 60 cm et 60 cm et plus) .....	35
4.5.	Structure d'âge de la strate des adultes .....	38
4.6.	Structures d'âge des deux strates.....	38
5.	DISCUSSION.....	43
5.1.	Structure d'âge des épinettes de la strate de la régénération selon les méthodes utilisées.....	43
5.2.	Patron d'installation temporelle de la strate de la régénération.....	46
5.3.	Patron d'installation temporelle de la strate des adultes.....	48
5.4.	Origine des pessières ouvertes à lichen dans la zone boréale fermée.....	49
5.5.	Dynamique d'installation et croissance de la strate de la régénération .....	50

5.6. Évolution du couvert arborescent des pessières ouvertes de la zone boréale fermée .....	52
6. CONCLUSION .....	56
7. RÉFÉRENCES .....	59

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la région à l'étude. ....	15
Figure 2: Structure d'âge des épinettes entre 0 et 60 cm de hauteur selon les trois méthodes utilisées.....	34
Figure 3: Structure d'âge des épinettes mesurant plus de 60 cm de hauteur selon les deux méthodes utilisées. ....	36
Figure 4: Structure d'âge des épinettes de la strate de régénération. ....	37
Figure 5: Structure d'âge des épinettes de la strate des adultes suite au feu de 1877.....	39
Figure 6: Structure d'âge combinée des strates adultes et de la régénération.....	41

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Caractéristiques générales des pessières à lichen sélectionnées.....	25
Tableau 2: Estimation des âges obtenus selon trois différentes méthodes sur les individus entre 0 et 60 cm de hauteur appartenant à la strate de la régénération du site A.....	27
Tableau 3: Estimation des âges obtenus selon trois différentes méthodes sur les individus entre 0 et 60 cm de hauteur appartenant à la strate de la régénération du site B.....	28
Tableau 4: Estimation des âges obtenus selon trois différentes méthodes sur les individus entre 0 et 60 cm de hauteur appartenant à la strate de la régénération du site C.....	29
Tableau 5: Estimation des âges obtenus selon deux différentes méthodes sur les individus de plus de 60 cm de hauteur appartenant à la strate de la régénération du site A.....	31
Tableau 6: Estimation des âges obtenus selon deux différentes méthodes sur les individus de plus de 60 cm de hauteur appartenant à la strate de la régénération du site B.....	32
Tableau 7: Estimation des âges obtenus selon deux différentes méthodes sur les individus de plus de 60 cm de hauteur appartenant à la strate de la régénération du site C.....	33
Tableau 8: Principales caractéristiques de la strate des adultes des trois sites.....	40

## **CHAPITRE 1**

### **PROBLÉMATIQUE**

## 1. PROBLÉMATIQUE

### 1.1. INTRODUCTION

Le territoire boréal québécois se divise en deux grandes zones. Une première zone qui est la forêt boréale commerciale (ou fermée) et une autre qui est dite non-commerciale (ou ouverte), également connue sous le nom de taïga. Le 52<sup>e</sup> parallèle de latitude nord serait la limite entre ces deux zones. Dans la forêt boréale fermée, l'espèce arborescente dominante est l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) BSP), accompagnée principalement par le pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.), le mélèze laricin (*Larix laricina* (Du roi) K. Koch), le sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.) et l'épinette blanche (*Picea glauca* (Moench) Voss) (Rowe 1972).

La zone non-commerciale (ou taïga) est dominée par les pessières noires ouvertes sur tapis lichénique, dont l'espèce dominante est *Cladina stellaris* (Opiz). Selon Sirois (1989), l'origine de ces ouvertures serait probablement reliée à la récurrence des feux, associée à des conditions climatiques rigoureuses. Les températures froides présentes à ces latitudes limiteraient la production de semences viables et freinent la régénération des populations arborescentes après un feu de forêt (Sirois 1989). Le couvert forestier de ces pessières à cladonie tend à se maintenir ouvert en raison de la présence du tapis de lichen qui agirait comme une barrière physique à la germination des graines disséminées au sol (Morneau 1988, Morneau et Payette 1989, Kershaw 1977, 1978).

La zone commerciale est majoritairement dominée par les pessières noires fermées à mousses hypnacées dont la plupart sont issues de feux naturels (Cogbill 1985, Gagnon 1988). Par contre, on retrouve dans cette zone boréale fermée des îlots de forêt ouverte analogues aux pessières à lichen de la taïga. Toutefois, dans la zone fermée, le climat ne semble pas être le facteur limitant la colonisation de ces ouvertures. Normalement, les

conditions climatiques sont suffisamment clémentes pour la production de graines viables et pour permettre une recolonisation des peuplements détruits par un incendie (Sirois 1989).

Les pessières à cladonie choisies proviennent toutes d'un même feu naturel qui a sévi en 1877 (présence de cicatrices de feu). On observe dans ces milieux ouverts de la zone boréale fermée, des groupements d'épinette noire formant des clones ou bosquets qui semblent se maintenir par marcottage. Généralement, ces clones sont dominés en hauteur par un individu. On remarque également, quelquefois, la présence de très petites épinettes noires à proximité des clones. Leur très petite taille suggère qu'elles font partie de la strate de la régénération et qu'elles pourraient éventuellement causer la fermeture du couvert arborescent. De plus, les autres facteurs écologiques comme la compétition pour la lumière, la nature du dépôt et le climat, ne semblent pas limiter la croissance de la régénération. Sachant que l'épinette noire dans la zone boréale fermée se régénère normalement très bien et rapidement après un feu (St-Pierre *et al.* 1992, Gagnon *et al.* 1992a) et que cette régénération se caractérise par une structure d'âge équiennne des populations affectées (Heinselman 1973, Van Wagner 1978), l'hypothèse suivante est proposée: Les semis d'épinette noire appartenant à la strate de la régénération, présents sur le tapis lichénique entre les clones, devraient appartenir à la même cohorte que les arbres mères des clones. L'objectif principal de ce travail est d'évaluer l'évolution à moyen terme de ces forêts ouvertes dans la zone fermée, c'est-à-dire de déterminer si elles demeureront telles quelles ou si éventuellement il y aura fermeture du peuplement.

## 1.2. REVUE DE LA LITTÉRATURE

### 1.2.1. *Le rôle des feux dans la pessière boréale*

Il est reconnu, depuis les années 70, que les feux de forêt sont essentiels au maintien des écosystèmes forestiers boréaux et qu'ils jouent un rôle très important dans leur évolution et leur fonctionnement (Carleton 1982, Cogbill 1985, Heinselman 1973, Foster 1985, Rowe et Scotter 1973, Van Wagner 1978, Viereck 1983). La plupart des espèces colonisant la pessière noire boréale sont bien adaptées à ce genre de perturbation naturelle (Heinselman 1973). Le comportement de l'épinette noire, l'espèce la plus abondante à l'intérieur de cette zone de végétation, a été étudié depuis très longtemps suite à ces feux naturels.

L'un des principaux rôles du feu dans cette zone forestière est d'enclencher le renouvellement par graines de certaines populations conifériennes (Heinselman 1973). Par contre, le feu peut contribuer à détruire et éliminer partiellement des formations d'épinette noire, faute de graines viables ou de conditions climatiques suffisamment clémentes pour favoriser l'établissement et le développement des plantules (Black et Bliss 1980). En effet, si les conditions nécessaires à la réinstallation d'un peuplement d'épinette noire sont absentes, il est fort probable que l'on assiste à une fragmentation partielle du peuplement en question (Gagnon 1988, Lavoie 1994, Sirois 1989). Par contre, si les conditions sont favorables, le feu déclenchera les mécanismes menant généralement à la réinstallation des mêmes types de populations (Spurr et Barnes 1980).

Un autre facteur important à considérer dans la description du régime des feux est l'intervalle de temps entre les perturbations (Heinselman 1973, Van Wagner 1978). La période de rotation des feux dans la forêt boréale du centre du Québec est estimée à environ 106 ans (Cogbill 1985, Heinselman 1973). Wein (1983) mentionne que lorsque l'intervalle entre deux feux sur un site est plus court que l'âge de la maturité sexuelle des épinettes noires

présentes (environ 25 ans), on peut s'attendre à ce qu'il y ait peu ou pas de régénération après le deuxième feu, faute d'une quantité suffisante de semences viables.

Le rôle des feux dans les écosystèmes forestiers constitue donc un élément très important dans la compréhension de la structure du paysage (Pickett 1976). La signification écologique des incendies forestiers serait de maintenir la stabilité et également la diversité des écosystèmes (Heinselman 1973). Aussi, le couvert végétal d'une région forestière donnée est associé à l'histoire des feux et au contexte climatique dans lequel il s'est développé (Delcourt *et al.* 1983).

### 1.2.2. *La pessière noire à mousses dans la forêt boréale*

La pessière noire à mousses hypnacées se retrouve dans les sites où l'humidité est assez importante; les classes de drainage de ces stations varient entre 3 et 4. Selon Löve (1970 *in* Dion 1986), la forêt fermée est caractérisée par la présence d'arbres qui ont une forme de croissance arborescente normale (tige et couronne) et par des peuplements dont le recouvrement de la strate arborescente est supérieur ou égal à 50%. Le parterre végétal est recouvert d'un épais tapis de mousses dominé principalement par sept espèces: *Pleurozium schreberi* (BSG.) Mitt., *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not., *Hylocomium splendens* (Hedw.) BSG., *Dicranum polysetum* Sw., *D. fuscescens* Turn., *D. undulatum* Brid. et *Polytrichum commune* Hedw (Foster 1985). Gerardin (1980) mentionne que ces peuplements d'épinette noire sont associés aux topographies convexes sur lesquelles des dépôts de textures diverses sont présents. Les conditions climatiques assureraient une production suffisante de graines viables à chaque saison (Hustich 1966). Cette forêt boréale dense étale un tapis sombre et uniforme d'épinette noire qui croissent sur la mousse hypnacée et ce couvert arborescent tend à se maintenir fermé à long terme (Sirois 1989). Le domaine de la pessière à mousses est en étroite relation avec la pluviométrie et le régime des feux périodiques naturels (Richard 1988) dont la productivité est relativement faible (Gerardin

1980). La continuité de ce couvert arborescent est une conséquence directe du succès de la régénération après feu des principales espèces qui colonisent cette zone forestière (Sirois 1989).

### *1.2.3. La pessière noire à lichen dans la taïga et dans la forêt boréale fermée*

Dans les régions subarctiques canadiennes, la pessière ouverte à lichen est le principal type de formation forestière des sites bien drainés et elle occupe entre 0,5 et 1,0 million de km<sup>2</sup> (Johnson 1981). Au Québec, ces forêts ouvertes d'épinette noire, connues également sous le nom de pessières à cladonie ou forêts-parc, se trouvent surtout au nord du 52<sup>e</sup> parallèle. Selon Morneau et Payette (1989), le climat, les conditions édaphiques et les feux de forêt semblent être les principaux facteurs causant la fragmentation de ces forêts. À leur limite nord, plusieurs espèces d'arbres ont un faible potentiel de reproduction sexuée en raison des conditions du sol et du climat défavorable. Les conditions climatiques froides limitent la formation de graines viables et freinent la régénération après feu (Black et Bliss 1980). Dans cette zone nordique, le couvert forestier, à certains endroits, s'est progressivement ouvert par suite de passages répétés de feux naturels (Gagnon et Payette 1985). Un feu de forêt survenant pendant une période climatique rigoureuse, empêchant toute régénération par semences, diminuera le potentiel de recolonisation forestière et il en résultera une diminution importante du couvert forestier (Godmaire et Payette 1981).

Les incendies forestiers semblent avoir transformé la structure végétale de ces pessières en créant des ouvertures dans le couvert forestier (Godmaire et Payette 1981). La majorité des territoires forestiers boréaux québécois qui sont présentement clairsemés auraient donc déjà été colonisés par des populations denses et matures (Gagnon et Payette 1985). Il y aurait eu réduction importante de la densité des peuplements forestiers, et peut-être même l'élimination locale de l'épinette noire (Gagnon et Payette 1985, Sirois et Payette 1991). Dans la taïga, les feux provoquent régulièrement le remplacement du peuplement d'origine

par des communautés clairsemées en raison de l'absence de bonnes conditions de régénération (Sirois et Payette 1991).

L'état actuel de la régénération dans ces sites nordiques suggère que le couvert arborescent tend à se maintenir ouvert en raison du tapis lichénique qui agit comme une barrière physique à la germination des semences (Morneau 1988, Morneau et Payette 1989, Kershaw 1977, 1978). Par contre, certains auteurs ont proposé que ces pessières à cladonie représentent un stade successional évoluant vers des pessières fermées sur tapis de mousses hypnacées (Maikawa et Kershaw 1976). Selon Kershaw (1977), les feux réguliers sont essentiels pour que ces pessières à lichen demeurent ouvertes. Sans le passage répété de feux, ces forêts clairsemées évolueront vers des communautés denses, qui deviendront éventuellement des pessières fermées sur tapis de mousses (Moore 1980). Morneau (1988) réfute cependant cette hypothèse en suggérant que le couvert arborescent des pessières à lichen peut se maintenir ouvert en absence de feu.

Des pessières à cladonie sont également présentes dans la zone boréale fermée ou commerciale (entre le 49<sup>e</sup> et le 52<sup>e</sup> parallèle) mais de façon moins fréquente. Contrairement à la taïga, le climat ne semble pas être le facteur limitant. Normalement, les conditions climatiques sont suffisamment clémentes pour la production de semences viables et pour permettre une recolonisation des peuplements détruits par un incendie forestier. Sirois (1989) propose la récurrence des feux associée à un manque de graines viables pour expliquer ces ouvertures de la zone boréale fermée.

Selon Sirois (1989), la déforestation par les feux de forêt survient lorsque la régénération après feu est pratiquement absente ou insuffisante au maintien et à l'évolution du couvert arborescent des sites perturbés. Selon Vogl (1977), la récurrence des feux sur de courts laps de temps peut constituer un processus de déforestation partielle ou totale dans les peuplements d'épinette noire. Un feu de forêt détruisant un peuplement d'épinette noire qui

possède un potentiel de reproduction déficient aura comme conséquence de diminuer la densité des individus de la région affectée, et si ce processus se répète régulièrement, on assistera éventuellement à la fragmentation de certaines zones forestières (Sirois 1989).

Toujours selon Sirois (1989), le chevauchement spatial des incendies est probablement le principal mécanisme d'ouverture des pessières lorsque les conditions climatiques sont favorables à la production de graines viables et, sur un court intervalle de temps, il peut modifier de façon importante la structure végétale des forêts affectées. La transformation actuelle de ces milieux ouverts ne résulte probablement pas du seul dernier feu. Possiblement que ces forêts étaient occupées autrefois par un couvert forestier dense, comparable à celui des autres forêts fermées environnantes; par la suite, la récurrence des feux aurait réduit le couvert forestier (Bussièrès 1992). Il semble que les possibilités de chevauchement d'incendies soient plus fréquentes dans la zone boréale fermée que dans la taïga, suggérant que l'ouverture des peuplements, reliée à ce phénomène, est peut-être plus importante et plus régulière dans la partie nord de la forêt boréale fermée (Sirois 1989).

#### *1.2.4. La régénération après feu chez l'épinette noire*

Selon Gagnon (1988), après un feu, le comportement reproductif de l'épinette noire est sensiblement le même que celui du pin gris. Sous l'effet de la chaleur intense du feu, les cônes semi-sérotineux situés à la cime des épinettes vont s'ouvrir et disséminer les graines présentes à l'intérieur. Pour qu'un site soit en mesure de se régénérer en épinette noire suite à ce type de perturbation, il faut qu'il soit colonisé par un peuplement mature (qui possède des semences viables) d'épinette noire (Gagnon 1988). La régénération d'un peuplement peut être compromise s'il y a absence de graines viables lors du passage du feu (chez les jeunes individus), ou lorsque les graines sont parasitées par certains insectes (Gagnon 1988, Gagnon *et al.* 1992a, Sirois 1989). Il existe également une autre cause de déforestation après

feu des peuplements d'épinette noire, soit lors de périodes froides prolongées causant l'épuisement de la réserve de graines (Black et Bliss 1980).

Si la régénération se réalise dans des conditions adéquates, il y aura renouvellement des populations arborescentes à un niveau de densité comparable à ce qu'il était avant la perturbation (Sirois 1989). Selon Zasada (1971) *in* Sirois (1989), la reproduction sexuée est essentielle au maintien des populations d'épinette noire dans une région régulièrement affectée par ces feux naturels périodiques.

#### 1.2.5. *Durée de la période d'établissement de l'épinette noire après feu*

Trois facteurs sont déterminants dans l'installation de la strate de la régénération de l'épinette noire après feu: la disponibilité et la quantité de semences viables, les conditions des lits de germination et les conditions nécessaires à la survie des individus installés (St-Pierre *et al.* 1992, Filion 1994). Tous les chercheurs ne sont pas d'accord quant à la période d'installation de l'épinette noire suite à un feu de forêt. Il existe en effet une controverse au sujet de cette période d'établissement. Certains auteurs mentionnent que l'installation maximale se produit entre la cinquième et la quinzième année après la perturbation (Morneau et Payette 1989, Sirois et Payette 1989) alors que d'autres suggèrent qu'elle s'effectue très rapidement et qu'il n'y aurait pas de délai d'installation (St-Pierre *et al.* 1992, Gagnon *et al.* 1992a, Lavoie 1994, Black et Bliss 1980).

Le délai apparent dans l'installation de l'épinette noire serait dû aux difficultés d'échantillonner tous les cernes annuels de croissance, particulièrement au niveau du sol, où le collet semble difficile à localiser en raison de la présence de racines adventives (Gagnon et Morin 1992). Black et Bliss (1980) et Carleton (1982) mentionnent qu'un taux de croissance faible de l'épinette noire en période juvénile, ajouté à la difficulté de déterminer l'âge exact des tiges en raison des cernes manquants dû à une suppression, peut faire croire à un délai

d'installation de cette espèce suite à un feu naturel. En fait, l'établissement de l'épinette noire après feu ne serait pas retardé et serait complété très rapidement (moins de cinq ans); les trois premières années semblent être critiques pour l'installation des plantules (Gagnon *et al.* 1992a, St-Pierre *et al.* 1992, Groleau en préparation).

Il est plutôt rare que l'épinette noire s'installe l'année même du feu. Cette absence de régénération peut s'expliquer par la grande susceptibilité de cette espèce aux conditions difficiles des lits de germination présentes l'année du feu, associées aux cendres et (ou) à la chaleur intense d'une surface noire (St-Pierre 1989, Fillion 1994, Thomas et Wein 1990). Thomas et Wein (1985) mentionnent que, durant la première année suivant le feu, un certain nombre de graines d'épinette noire sont retenues dans les cônes et cette rétention partielle permet un établissement dans des conditions ultérieures plus favorables.

#### *1.2.6. La viabilité des graines et la survie des semis d'épinette noire après feu*

La viabilité des graines d'épinette noire retenues dans les cônes diminue graduellement après feu, la dispersion des graines décroît avec le temps (Wilton 1963), et les graines au sol ne peuvent survivre plus d'un an (Wilton 1963, Thomas et Wein 1985). L'exposition du sol minéral après feu serait très importante pour la germination et la survie des semis d'épinette noire (Chrosciewicz 1974). Gagnon *et al.* (1992a) mentionnent que la germination des graines décroît plus le temps passe après la perturbation. Il est possible également que le couvert lichénique, dans certains sites, affecte la survie des plantules de conifères et l'épinette noire semble être une espèce fortement affectée (Ahti 1959).

### 1.2.7. *Le rôle des lichens dans la pessière noire boréale*

Normalement, les lichens se développent dans les pessières ouvertes où la compétition pour la lumière est pratiquement nulle (Kershaw 1977, Bonan et Shugart 1989). L'espèce qui abonde le plus est *Cladina stellaris* (Opiz), un des principaux lichens de la taïga et de la toundra (Ahti 1964). Le substrat est le facteur édaphique qui influence le plus la présence et surtout l'abondance des lichens terricoles (Hale 1967 *in* Ouzilleau et Payette 1975). Ces derniers ont une faible biomasse et également une concentration en éléments nutritifs peu importante (Moore 1980).

Dion (1986) mentionne qu'en milieu ouvert, la rusticité s'exprime à travers l'importance croissante des lichens, surtout ceux du genre *Cladina*, au détriment de certaines mousses typiques de la forêt boréale. Particulièrement, *C. stellaris* ralentirait la croissance du pin sylvestre (*Pinus sylvestris* L.) et de l'épinette de Norvège (*Picea abies* (L.) Karst.) en relâchant certaines substances toxiques affectant l'activité des mycorhizes et, par le fait même, le développement des plantules (Brown et Mikola 1974).

Kershaw (1978) mentionne que ce tapis de lichen pourrait avoir des conséquences importantes sur la croissance de l'épinette noire. Certains lichens inhiberaient la croissance de cette espèce et pourraient même contribuer à l'ouverture des peuplements (Kershaw 1978). Cependant, les lichens n'agiraient pas directement sur l'épinette noire mais par l'intermédiaire de quelques autres organismes dont les champignons et certaines bactéries (Arsenault 1978). La croissance de l'épinette noire est généralement favorisée lorsqu'elle est en contact avec ces organismes, mais s'ils sont perturbés par des extraits, principalement des substances phénoliques, la croissance de l'épinette pourrait être fortement affectée (Arsenault 1978).

Un épais tapis lichénique pourrait réduire et même empêcher la croissance de certaines espèces arborescentes par ses effets nuisibles sur la température du sol, la disponibilité des éléments nutritifs et également par ses effets allélopathiques (Brown et Mikola 1974, Cowles 1982). Quelques études sur des semis d'épinette de Norvège ont démontré une croissance réduite lorsque ceux-ci étaient ceinturés par des lichens; lorsque les lichens étaient absents, la croissance était supérieure (Brown et Mikola 1974). Ces mêmes auteurs ont également démontré qu'il existe une forte corrélation entre la faible croissance de *Pinus sylvestris* L. et la présence de *Cladina stellaris* (Opiz) en particulier. En effet, cette inhibition serait directement associée à des substances toxiques libérées par les lichens eux-mêmes affectant l'activité des mycorhizes et par le fait même, ralentissant la croissance de cette espèce.

## **CHAPITRE 2**

### **LOCALISATION ET DESCRIPTION DE LA RÉGION À L'ÉTUDE**

## 2. LOCALISATION ET DESCRIPTION DE LA RÉGION À L'ÉTUDE

La région étudiée se situe dans le domaine de la pessière noire fermée (Thibault 1985) faisant partie de la région forestière boréale Laurentides-Onatchiway (B. 1a) (Rowe 1972). Les sites d'échantillonnage sont localisés au lac Paul (49° 52'N et 70° 46'O), plan d'eau situé à environ 200 km au nord-est du lac Saint-Jean, près du réservoir Péribonka (figure 1). Les peuplements échantillonnés sont délimités à l'ouest par un chemin forestier et à l'est par la rivière du Grand-Détour, cours d'eau faisant partie du bassin hydrographique de la rivière Manouane. Du point vue géologique, cette région fait partie de la province de Grenville et le lac Paul, plus particulièrement, est sis sur le principal massif d'anorthosite du Lac-Saint-Jean (Ministère des Richesses Naturelles 1975).

Le relief est relativement plat, l'altitude moyenne étant d'environ 200 mètres. Le dépôt de surface est analogue dans les trois sites; il est caractérisé par une terrasse de sable fluvio-glaciaire (Ducruc et Gerardin 1988) modelée par l'ancien lit de la rivière du Grand-Détour. Le sol est caractéristique d'un podzol humo-ferrique orthique (Agriculture Canada 1992). Dans les trois sites, le drainage est bon (classe 2); il n'y a pas de mouchetures et la nappe phréatique est absente à deux mètres de profondeur (Ducruc et Gerardin 1988). Le climat régional (station Péribonka: 48° 46' N, 72° 02' O) est caractérisé par une température moyenne annuelle oscillant autour de 1,4°C. Les moyennes mensuelles de janvier et juillet sont respectivement de -17,0°C et 17,3°C. Les précipitations sont réparties de façon uniforme tout au long de l'année mais il y a concentration (83%) entre les mois d'octobre et mai. La moyenne annuelle sous forme de pluie est de 53,0 mm et de 16,3 mm sous forme de neige (Anonyme 1982).

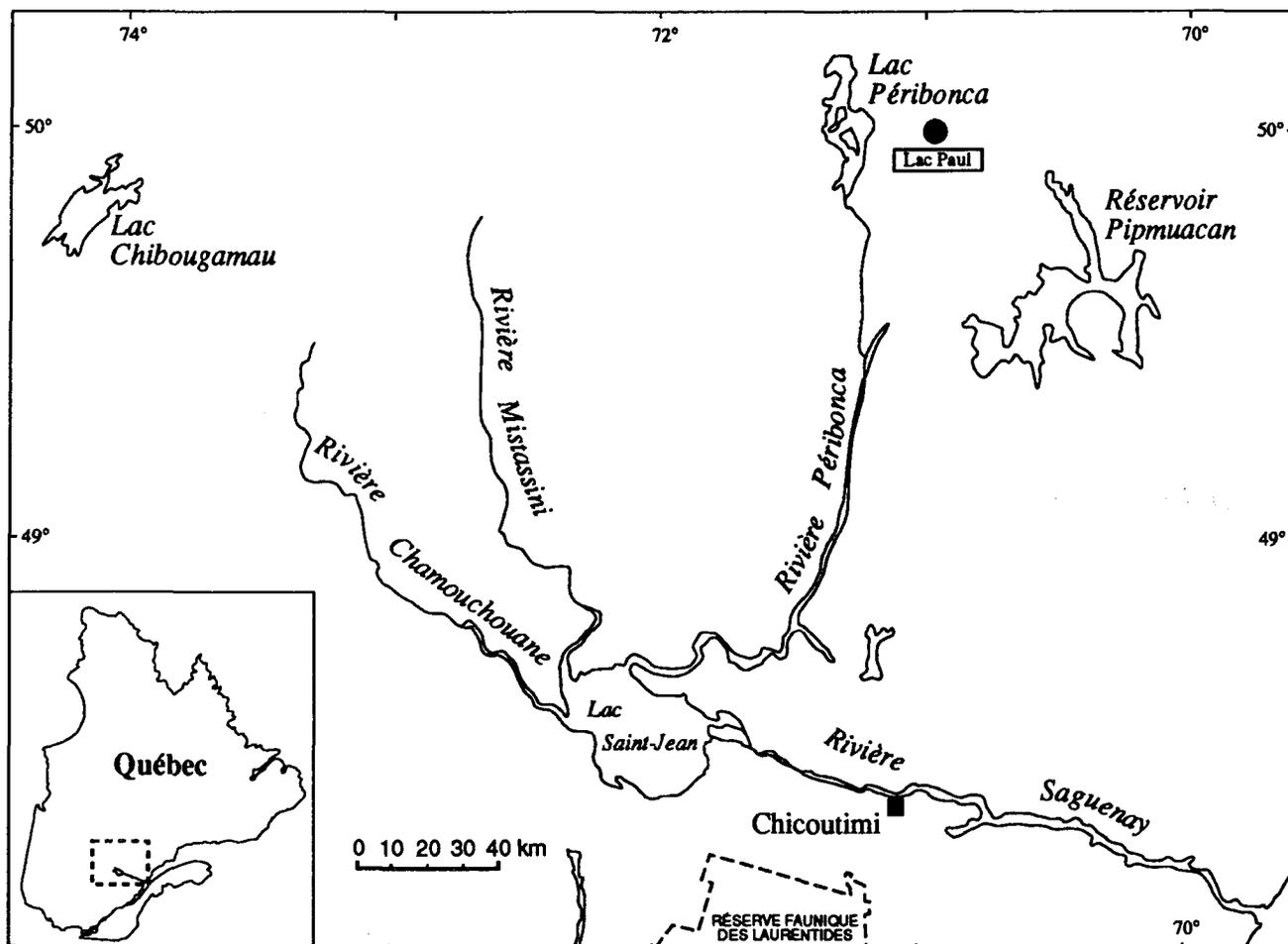


Figure 1. Localisation de la région à l'étude.

## **CHAPITRE 3**

### **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### 3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### 3.1. Sélection des sites

Des pessières à cladonie furent localisées à l'aide de cartes forestières et de photographies aériennes du Ministère des ressources naturelles. Cette recherche s'est réalisée dans les ateliers de cartographie de la compagnie Abitibi-Price et également dans les bureaux du Ministère des ressources naturelles. Les peuplements potentiels étaient répertoriés sur les cartes sous le terme "dénudés secs", c'est-à-dire une couverture arborescente (recouvrement) variant entre 25% et 40% et une hauteur des arbres adultes se situant entre 7 et 12 mètres. Le terme "sec" correspondait à la présence d'un tapis de lichen continu, dominant le parterre forestier. Les sites potentiels devaient être constitués uniquement d'épinette noire, devaient avoir le même type de dépôt de surface et des conditions édaphiques homogènes, présenter une couverture arborescente de moins de 50%, être en âge de se reproduire par semences et devaient provenir d'un feu naturel. La pente et la classe de drainage devaient être analogues et les sites devaient être facilement accessibles par véhicule routier. Finalement, les sites sélectionnés ne devaient pas avoir fait l'objet de perturbations humaines. Trois peuplements ouverts ont été sélectionnés, dénommés site A, site B et site C.

#### 3.2. Reconnaissance générale des sites et datation du dernier feu

Les sites d'étude ont fait l'objet d'une reconnaissance générale au printemps 1993 dans le but de vérifier les facteurs abiotiques et de dater le dernier feu. Les principales caractéristiques physiques vérifiées ont été la pente, la classe de drainage, le type de dépôt de surface et le type de sol. Dans les trois sites, ces paramètres étaient analogues. La datation du dernier feu a été effectuée à l'aide de cicatrices de feu localisées à la limite ouest du feu et près de la rivière du Grand-Détour. Les endroits les plus propices pour retrouver ces cicatrices correspondent généralement aux abords des plans d'eau ou à la limite du feu. La présence de charbons de bois sous le tapis de lichen au pied des clones confirmait que ces

peSSIères s'étaient développées à la suite d'un feu. Deux sections transversales ont été récoltées dans la zone cicatrisée sur chaque individu. Chaque section a ensuite été finement poncée en laboratoire et l'âge des cicatrices a été déterminé par le dénombrement des cernes de croissance annuels, de l'écorce jusqu'à la blessure.

### 3.3. Échantillonnage

#### 3.3.1. *Strate des adultes*

Le protocole d'échantillonnage fut le même pour chaque site choisi. L'échantillonnage s'est fait du 7 au 11 juin 1993. À l'aide d'une équerre optique, une place-échantillon représentative de quarante mètres par quarante mètres fut délimitée de façon subjective dans chaque site. Celle-ci a été installée à plus de 100 mètres du chemin forestier afin d'éviter l'effet de bordure. Pour cette étude, quatre-vingts deux (82) épinettes noires appartenant à la strate des adultes ont été sélectionnées de façon systématique dont vingt-neuf (29) dans le site A, vingt-huit (28) dans le site B et vingt-cinq (25) dans le site C. On observait dans ces sites des groupements d'arbres ou clones, généralement dominés en hauteur par une épinette. Seule l'épinette dominante de chaque clone ( $DHP \geq 10$  cm) fut échantillonnée afin d'éviter de récolter des individus issus de marcottes. Tous les arbres sélectionnés devaient obligatoirement provenir de semences. Les autres épinettes adultes originant de graines présentes dans chaque parcelle ont été dénombrées afin d'évaluer la densité du peuplement. Des mesures de diamètre à hauteur de poitrine (à l'aide d'un ruban circonférenciel) et de hauteur ont été prises pour chaque arbre sélectionné. Seul le DHP des autres adultes fut mesuré. Une section transversale a été récoltée au niveau du sol pour chaque épinette sélectionnée afin de déterminer l'âge de chaque individu et ainsi établir la structure d'âge du peuplement.

### 3.3.2. *Strate de la régénération*

À l'intérieur de chaque parcelle, des épinettes appartenant à la strate de la régénération ( $DHP \leq 5$  cm) furent sélectionnées de façon systématique. Dans les trois sites, la dimension de la place-échantillon fut ajustée afin d'inclure un minimum de cinquante individus. La superficie totale des quadrats était de 4 200 m<sup>2</sup> pour le site A, 2 400 m<sup>2</sup> pour le site B et 3 200 m<sup>2</sup> pour le site C. Au total, 136 épinettes de la régénération ont été échantillonnées dont quarante-six (46) dans le site A, quarante-quatre (44) dans le site B et quarante-six (46) dans le site C. Seuls les individus se situant à plus de 2 mètres des clones ont été échantillonnés afin d'éviter de récolter des individus issus de reproduction végétative. Les individus de cette strate ont été répartis en deux classes de hauteur différentes soit de 0 à 60 cm et 60 cm et plus; pour la majorité des épinettes de cette strate, les cicatrices du bourgeon apical disparaissaient de l'écorce à une hauteur d'environ 60 cm. Les épinettes appartenant à la première classe ont été prélevées en entier et numérotées. Seulement une partie de la tige (environ 10 cm) et tout le système racinaire fut récolté pour les épinettes appartenant à la seconde classe de hauteur. Les autres individus de cette strate présents dans la parcelle furent dénombrés afin d'évaluer leur densité.

### 3.3.3. *Sols et parterre forestier*

Deux pédons ont été creusés dans chaque quadrat. L'épaisseur de la matière organique fut mesurée à l'aide d'un ruban gradué en centimètres. L'épaisseur de chaque horizon du sol a été mesurée et un échantillon de chaque horizon fut prélevé afin de caractériser le type de sol de chaque site. Chaque espèce de plante présente à l'intérieur de chaque parcelle a été identifiée. L'épaisseur du tapis de lichen fut mesurée à trois endroits au hasard, à l'intérieur de chaque place-échantillon.

### 3.4. Analyses en laboratoire

#### 3.4.1. Détermination de l'âge de la strate des adultes

Les méthodes d'analyse ont été les mêmes pour les trois sites d'étude. L'état actuel des populations a été établi au moyen de structures d'âge déterminées par le décompte des cernes annuels de croissance à partir d'une section prélevée au niveau du sol. Chaque section transversale récoltée a été finement poncée. Les cernes de croissance annuels ont été dénombrés à l'aide d'une loupe binoculaire à grossissement maximal de 50x. Par la suite, la structure d'âge de chaque peuplement mature fut établie.

#### 3.4.2. Détermination de l'âge de la strate de la régénération

##### 3.4.2.1. *Épinettes mesurant entre 0 et 60 cm de hauteur*

Trois méthodes furent utilisées en combinaison pour les trois sites afin d'obtenir l'âge le plus exact possible: (1) le décompte des cicatrices du bourgeon terminal, (2) le décompte des cernes de croissance annuels et (3) l'interdatation dans la souche jusqu'au collet.

##### 3.4.2.1.1. *Le décompte des cicatrices du bourgeon terminal*

La tige de chaque individu fut d'abord nettoyée à l'aide d'une brosse pour éliminer les lichens arboricoles et les champignons, dans le but de faciliter la localisation de chaque cicatrice du bourgeon terminal. Ensuite, toutes les cicatrices ont été dénombrées de l'apex jusqu'au collet de l'individu, à l'aide d'une loupe binoculaire à grossissement minimal de 12x. Chaque dizaine de cicatrices fut marquée d'un trait de crayon sur la tige, pour servir de points de repères pour la deuxième méthode. Les cicatrices étaient généralement faciles à identifier à l'exception de celles enfouies dans le sol. En effet, sur cette partie de la tige abondaient de petites fissures que l'on pouvait facilement confondre avec les cicatrices. Il devenait très difficile de distinguer avec certitude les fissures des cicatrices et si un doute se

manifestait, elle n'était pas comptée. Cette première méthode nous a permis d'obtenir une première évaluation de l'âge de chaque épinette.

#### *3.4.2.1.2. Le décompte des cernes de croissance annuels*

Cette méthode est généralement utilisée pour les arbres adultes, la lecture des cernes sur les plantules étant très difficile. Nous l'avons tout de même utilisée pour comparaison. Chaque épinette a été sectionnée à toutes les dix cicatrices (marque de crayon sur la tige) jusqu'au niveau du sol à l'aide d'une scie à ruban et chaque section a été numérotée et finement poncée. Toutes les sections ont été humectées et de la craie fut appliquée sur la surface polie. En appliquant la craie, les contrastes entre le bois initial et final étaient meilleurs, rendant plus facile la distinction des cernes (Schweingruber 1989, Mc Bride 1983). On a procédé ensuite au dénombrement des cernes de croissance sur chaque section à l'aide d'une loupe binoculaire à grossissement maximal de 50x et on a vérifié s'ils correspondaient au même nombre de cicatrices localisées auparavant sur la section de tige correspondante.

#### *3.4.2.1.3. L'interdatation dans la souche jusqu'au collet*

Après avoir vérifié attentivement la partie centrale de la section du semis au niveau du sol, nous avons remarqué la présence d'une moelle typique de la tige (Esau 1965), ce qui indiquait que le collet se trouvait plus bas que le niveau du sol. Il a donc été nécessaire d'effectuer une vérification de la localisation du collet et d'interdater (Gagnon et Morin 1992) les sections de chaque individu, à partir du niveau du sol jusqu'au collet localisé dans le sol. Cette méthode, développée par Villeneuve (en préparation) consistait à localiser sur une première section (celle correspondant au niveau du sol) finement poncée, des cernes repères caractéristiques (cernes minces, larges, faux cernes etc.) et à leur donner une position par rapport à la moelle. Il s'agissait ensuite de relocaliser ces cernes repères sur les autres sections récoltées plus bas sur la tige et de vérifier si leur position avait changé. Cette

méthode nous a permis de retracer certains cernes manquants. Chaque petite épinette a été interdatée dans la souche jusqu'au collet, c'est-à-dire à la jonction de la tige et de la racine primaire.

#### *3.4.2.2. Épinettes mesurant plus de 60 cm de hauteur*

Deux méthodes furent utilisées pour déterminer l'âge de ces individus soit 1) le décompte des cernes annuels sur une section au niveau du sol et 2) l'interdatation jusqu'au collet. Chaque arbre fut d'abord coupé en plusieurs sections d'environ 5 centimètres chacune, du niveau du sol jusqu'à l'extrémité de l'axe tige-racine principale, à l'aide d'une scie à ruban. Une première lecture des cernes a été faite sur la section du niveau du sol à l'aide d'une loupe binoculaire, afin d'avoir un âge minimal de départ pour chaque épinette. Les sections suivantes ont ensuite été interdatées de la même façon que les épinettes appartenant à la classe de hauteur précédente, c'est-à-dire en utilisant des cernes repères caractéristiques. Lorsque l'âge de toutes les épinettes fut déterminé, la structure d'âge de cette strate fut établie pour chacun des sites afin de connaître sa distribution temporelle suite au dernier feu.

## **CHAPITRE 4**

### **RÉSULTATS**

## 4. RÉSULTATS

### 4.1. Description des peuplements et datation des cicatrices de feu

Les trois peuplements choisis étaient très ouverts et analogues à ceux de la taïga. L'épinette noire, espèce dominant la strate arborescente, se présentait sous forme de clones ou de bosquets. Elle était accompagnée par quelques mélèzes laricins (*Larix laricina* (Du roi) K. Koch) et quelques pins gris (*Pinus banksiana* Lamb.) mais de façon très sporadique. Presque toutes les épinettes de la strate des adultes étaient fortement colonisées par un lichen arboricole (*Usnea* sp.). On remarquait dans ces milieux la présence d'une strate peu dense de régénération d'épinette noire. Ces individus croissaient généralement sur le tapis de lichen à proximité des clones et ne possédaient pas d'anomalies morphologiques. La strate arbustive quoique sporadique, était dominée par le bouleau glanduleux (*Betula glandulosa* Michx.) tandis que *Vaccinium angustifolium* Ait., *Ledum groenlandicum* Retz. et *Epigea repens* L. occupaient la strate herbacée. *Cladina stellaris* (Opiz) dominait la strate muscinale en recouvrant le sol d'un épais tapis presque continu entre les clones d'épinette. *Pleurozium shreberri* (BSG) Mitt. était limité aux parties ombragées sous les clones d'épinette; par contre, dans le site C, lequel avait une densité plus élevée, cette mousse hypnacée occupait plus d'espace. En effet, dans ce site, le *Pleurozium* colonisait également les espaces entre les clones. Les seize cicatrices de feu échantillonnées sur les huit épinettes noires vivantes ont toutes été datées. Dans tous les cas, la cicatrice correspondait à l'année 1877. Le tableau 1 présente les principales caractéristiques des trois peuplements sélectionnés pour cette étude.

Tableau 1. Caractéristiques générales des pessières à cladonie sélectionnées.

CARACTÉRISTIQUES	SITE A	SITE B	SITE C
Densité strate adulte (DHP $\geq$ 10cm) (tiges à l'hectare) *	231	450	662
Hauteur moyenne adultes (m)	11 $\pm$ 2,1 (n=29)	13 $\pm$ 2,2 (n=28)	11 $\pm$ 2,8 (n=25)
DHP moyen adultes (cm)	16 $\pm$ 3,8 (n=29)	19 $\pm$ 5,2 (n=28)	20 $\pm$ 6,5 (n=25)
Densité régénération (DHP $\leq$ 5cm) (tiges à l'hectare) **	136	237	206
Hauteur moyenne régénération (cm)	99 $\pm$ 78 (n=46)	99 $\pm$ 79,3 (n=44)	95 $\pm$ 77,2 (n=46)
Épaisseur moyenne tapis lichénique (cm)	12 (n=3)	16 (n=3)	10 (n=3)
Épaisseur moyenne matière organique (cm)	3,5 (n=2)	4,0 (n=2)	7,0 (n=2)
Épaisseur moyenne horizon Ae et B (cm)	4 et 12 (n=2)	4 et 14 (n=2)	4 et 15 (n=2)

Note: \* Calculée à partir d'une parcelle de 1 600 m<sup>2</sup> pour les trois sites.

\*\* Calculée à partir d'une parcelle de 4 200 m<sup>2</sup> pour le site A, 2 400 m<sup>2</sup> pour le site B et 3 200 m<sup>2</sup> pour le site C.

## 4.2. Estimation de l'âge des épinettes de la strate de la régénération

### 4.2.1. *Épinettes mesurant entre 0 et 60 cm de hauteur*

Les estimations de l'âge des épinettes de la strate de la régénération sont détaillées aux tableaux 2, 3 et 4. Au total, soixante-cinq épinettes appartenaient à cette classe de hauteur. La hauteur des individus variait entre 21 et 59 cm (moyenne de 48 cm). Le nombre de cicatrices du bourgeon terminal oscillait entre 34 et 70 (moyenne de 59 cicatrices). Pour le site A, l'âge de chaque épinette a augmenté (1 à 17 cernes) avec la méthode du décompte des cernes, à l'exception de quatre individus (A06, A19, A25 et A30). Les résultats obtenus par le décompte des cernes de croissance sur les épinettes des sites B et C sont très différents de ceux du site A. En effet, 57% et 64% respectivement, de ces épinettes, présentent une diminution du nombre de cernes située entre 1 et 38, la moyenne de tous les individus étant de sept cernes en moins, comparé avec le nombre de cicatrices du bourgeon terminal. Pour le site C, seulement huit individus ont connu des augmentations du nombre de cernes (entre 1 et 12). La troisième méthode, qui consistait à interdater chaque arbre dans la souche jusqu'au collet, a révélé pour la majorité des individus de cette classe de hauteur, une augmentation du nombre de cernes entre 1 et 38 (moyenne de 7 cernes). Le nombre de cernes des épinettes, avec cette méthode, variait entre 53 et 70 (moyenne de 61 cernes) et le gain moyen était de 11 cernes annuels de croissance.

Tableau 2. Estimation des âges obtenus selon trois différentes méthodes sur les individus entre 0 et 60 cm de hauteur appartenant à la strate de la régénération du site A.

Arbre	Hauteur (cm)	Méthodes de détermination de l'âge				
		Cicatrices	Cernes *	Différence + - (cicatrices/cernes)	Interdatation **	Différence + - (cernes/interdatation)
A02	30	58	60	+2	60	0
A05	48	59	60	+2	60	0
A06	34	59	58	-1	61	+3
A07	33	61	62	+1	62	0
A08	44	58	61	+3	61	0
A09	41	59	62	+3	62	0
A11	56	53	60	+7	60	0
A16	59	55	62	+7	62	0
A17	47	55	59	+4	61	+2
A18	47	59	60	+1	60	0
A19	51	54	50	-4	61	+11
A20	51	55	59	+4	60	+1
A21	58	53	59	+6	60	+1
A23	58	54	59	+5	60	+1
A25	59	56	56	0	60	+4
A27	37	45	62	+17	62	0
A29	53	59	49	+10	61	+12
A30	39	60	60	0	61	+1
A33	52	50	58	+8	61	+3
A35	56	60	62	+2	70	+8
A42	39	53	59	+6	59	0
A46	57	52	58	+6	60	+2
Moyenne	48	56	59	+5	61	+2
Écart-type	9,2	3,9	3,4		0,9	

Note: \* Âge obtenu sur une section récoltée au niveau du sol.

\*\* Âge obtenu au niveau du collet de l'arbre.

Tableau 3. Estimation des âges obtenus selon trois différentes méthodes sur les individus entre 0 et 60 cm de hauteur appartenant à la strate de la régénération du site B.

Arbre	Méthodes de détermination de l'âge					
	Hauteur (cm)	cicatrices	cernes*	Différence + - (cicatrices/cernes)	interdatation**	Différence + - (cernes/interdatation)
B09	39	59	60	+1	60	0
B10	34	59	35	-24	62	+27
B13	39	60	41	-19	60	+19
B14	31	61	43	-18	61	+18
B15	58	45	58	+13	60	+2
B17	59	59	53	+6	63	+10
B18	41	64	42	-22	64	+22
B19	47	54	57	+3	70	+13
B20	43	47	58	+11	61	+3
B23	23	47	52	+5	59	+7
B24	57	59	59	0	62	+3
B26	40	53	42	-11	58	+16
B27	55	50	47	-3	57	+10
B28	59	53	55	+2	64	+9
B30	25	70	40	-30	70	+30
B31	28	59	45	-14	59	+14
B38	27	50	50	0	58	+8
B39	28	62	41	-21	62	+11
B42	49	58	51	-7	59	+8
B43	29	59	42	-17	53	+11
B46	36	54	50	-4	60	+10
Moyenne	41	56	49	-7	61	+12
Écart-type	12,6	6,2	7,4		3,8	

Note: \* Âge obtenu sur une section récoltée au niveau du sol.

\*\* Âge obtenu au niveau du collet de l'arbre.

Tableau 4. Estimation des âges obtenus selon trois différentes méthodes sur les individus entre 0 et 60 cm de hauteur appartenant à la strate de la régénération du site C.

Arbre	Hauteur (cm)	Méthodes de détermination de l'âge				
		cicatrices	cernes annuels*	Différence + - (cicatrices/cernes)	interdatation**	Différence + - (cernes/interdatation)
C03	36	56	34	-22	60	+26
C04	44	36	48	+12	50	+2
C05	51	38	46	+8	60	+14
C06	25	54	51	-3	54	+3
C07	21	39	30	-9	39	+9
C08	58	48	48	0	50	+2
C10	59	49	43	-6	49	+6
C11	59	58	35	-23	58	+23
C12	40	34	43	-9	43	0
C15	49	44	41	-3	44	+3
C20	48	42	41	-1	45	+4
C22	43	45	50	+5	50	0
C25	59	44	45	+1	47	+2
C26	46	40	47	+7	59	+12
C28	51	68	50	-18	68	+18
C30	41	48	42	-6	48	+6
C31	58	52	48	-4	55	+7
C35	31	58	20	-38	58	+38
C39	39	42	36	-6	49	+13
C45	58	46	55	+9	55	0
C46	56	48	52	+4	54	+2
C48	42	40	39	-1	40	+1
Moyenne	46	47	43	-5	52	+9
Écart-type	11,1	8,3	8,1		7,2	

Note: \* Âge obtenu sur une section récoltée au niveau du sol.

\*\* Âge obtenu au niveau du collet de l'arbre.

#### 4.2.2. *Épinettes mesurant 60 cm et plus de hauteur*

Pour les trois sites, soixante-et-onze (71) individus faisaient partie de cette classe et leur hauteur variait entre 60 et 310 cm (moyenne de 151 cm) (tableaux 5, 6 et 7). Les estimations de l'âge obtenues par le dénombrement des cernes de croissance au niveau du sol varient entre 39 et 70 ans. La méthode de l'interdatation démontre qu'il y a eu une augmentation du nombre de cernes entre 1 et 23 chez la plupart des individus (moyenne de 7 cernes). Les autres épinettes (26%) sont demeurées au même âge, même en utilisant la méthode de l'interdatation; il est intéressant de remarquer que ces individus étaient ceux qui possédaient les cernes les plus larges sur la section du niveau du sol. La moyenne d'âge de 57 ans obtenue par le dénombrement des cernes de croissance est passée à 62 ans en utilisant l'interdatation.

#### 4.3. Distribution temporelle des épinettes de la strate de la régénération, selon les méthodes de détermination de l'âge utilisées

La figure 2 présente les individus appartenant à la classe de hauteur entre 0 et 60 cm de hauteur. Pour le site A, la distribution temporelle des arbres est différente selon les méthodes utilisées. Avec la méthode du décompte des cicatrices du bourgeon terminal, la distribution des épinettes est relativement étalée comparativement à la méthode du dénombrement des cernes de croissance. En utilisant la méthode de l'interdatation dans la souche, la distribution des arbres est moins étalée et est réduite à seulement deux classes d'âge. Les épinettes des sites B et C se présentent différemment. La méthode du décompte des cernes annuels a donné une distribution plus étalée que la méthode du décompte des cicatrices. Par contre, par la méthode de l'interdatation dans la souche, la distribution temporelle des individus a été réduite à cinq classes d'âge.

Tableau 5. Estimation des âges obtenus selon deux différentes méthodes, sur les individus de plus de 60 cm de hauteur appartenant à la strate de la régénération du site A.

Arbre	Hauteur (cm)	Méthodes de détermination de l'âge		
		Cernes*	Interdatation**	Différence + - (cernes/interdatation)
A01	77	46	60	+14
A03	76	60	61	+1
A04	143	64	64	0
A10	68	55	62	+7
A12	71	52	62	+10
A13	170	39	62	+23
A14	310	66	66	0
A15	145	48	61	+13
A22	161	57	60	+3
A24	123	55	61	+6
A26	97	52	65	+13
A28	112	41	60	+19
A31	221	70	70	0
A32	139	46	59	+13
A34	198	56	64	+8
A36	84	53	60	+7
A37	262	59	66	+7
A38	103	56	61	+5
A39	198	60	70	+10
A40	225	61	61	0
A41	75	51	57	+6
A43	109	58	61	+3
A44	93	55	60	+5
A45	65	51	61	+10
Moyenne	138	55	62	+8
Écart-type	67,2	7,3	3,2	

Note: \* Âge obtenu sur une section récoltée au niveau du sol.

\*\* Âge obtenu au niveau du collet de l'arbre.

Tableau 6. Estimation des âges obtenus selon deux différentes méthodes, sur les individus de plus de 60 cm de hauteur appartenant à la strate de la régénération du site B.

Arbre	Hauteur (cm)	Méthodes de détermination de l'âge		
		cernes*	interdatation**	Différence + - (cernes/interdatation)
B01	148	63	69	+6
B02	242	64	69	+5
B03	77	57	64	+7
B04	236	66	69	+3
B05	152	60	63	+3
B06	149	58	63	+5
B07	132	61	61	0
B08	248	66	68	+2
B11	85	60	63	+3
B12	119	61	64	+3
B16	203	67	67	0
B21	112	70	70	0
B25	88	64	65	+1
B29	84	61	64	+3
B32	211	66	69	+3
B34	189	68	68	0
B35	60	49	59	+10
B36	249	55	70	+15
B37	189	64	68	+4
B40	281	60	60	0
B41	203	67	68	+1
B44	221	70	70	0
B45	117	64	64	0
Moyenne	164	63	66	+6
Écart-type	67,6	4,9	3,4	

Note: \* Âge obtenu sur une section récoltée au niveau du sol.

\*\* Âge obtenu au niveau du collet de l'arbre.

Tableau 7. Estimation des âges obtenus selon deux différentes méthodes, sur les individus de plus de 60 cm de hauteur appartenant à la strate de la régénération du site C.

Arbre	Hauteur (cm)	Méthodes de détermination de l'âge		Différence + - (cernes/interdatation)
		cernes*	interdatation**	
C01	137	58	62	+4
C02	149	55	61	+6
C13	109	50	61	+11
C14	79	54	60	+6
C16	383	54	65	+11
C18	152	54	54	0
C23	202	54	54	0
C24	109	49	49	0
C27	98	52	59	+7
C29	207	56	59	+3
C32	60	56	60	+4
C33	296	57	67	+10
C34	179	55	64	+9
C36	108	49	54	+5
C37	116	53	53	0
C38	129	51	51	0
C40	129	46	53	+7
C41	99	52	55	+3
C42	75	56	59	+3
C43	78	40	49	+9
C44	142	50	53	+3
C47	88	51	53	+2
C49	85	43	47	+4
C50	184	51	54	+3
Moyenne	141	52	56	+5
Écart-type	74,1	4,3	5,3	

Note: \* Âge obtenu sur une section récoltée au niveau du sol.

\*\* Âge obtenu au niveau du collet de l'arbre.

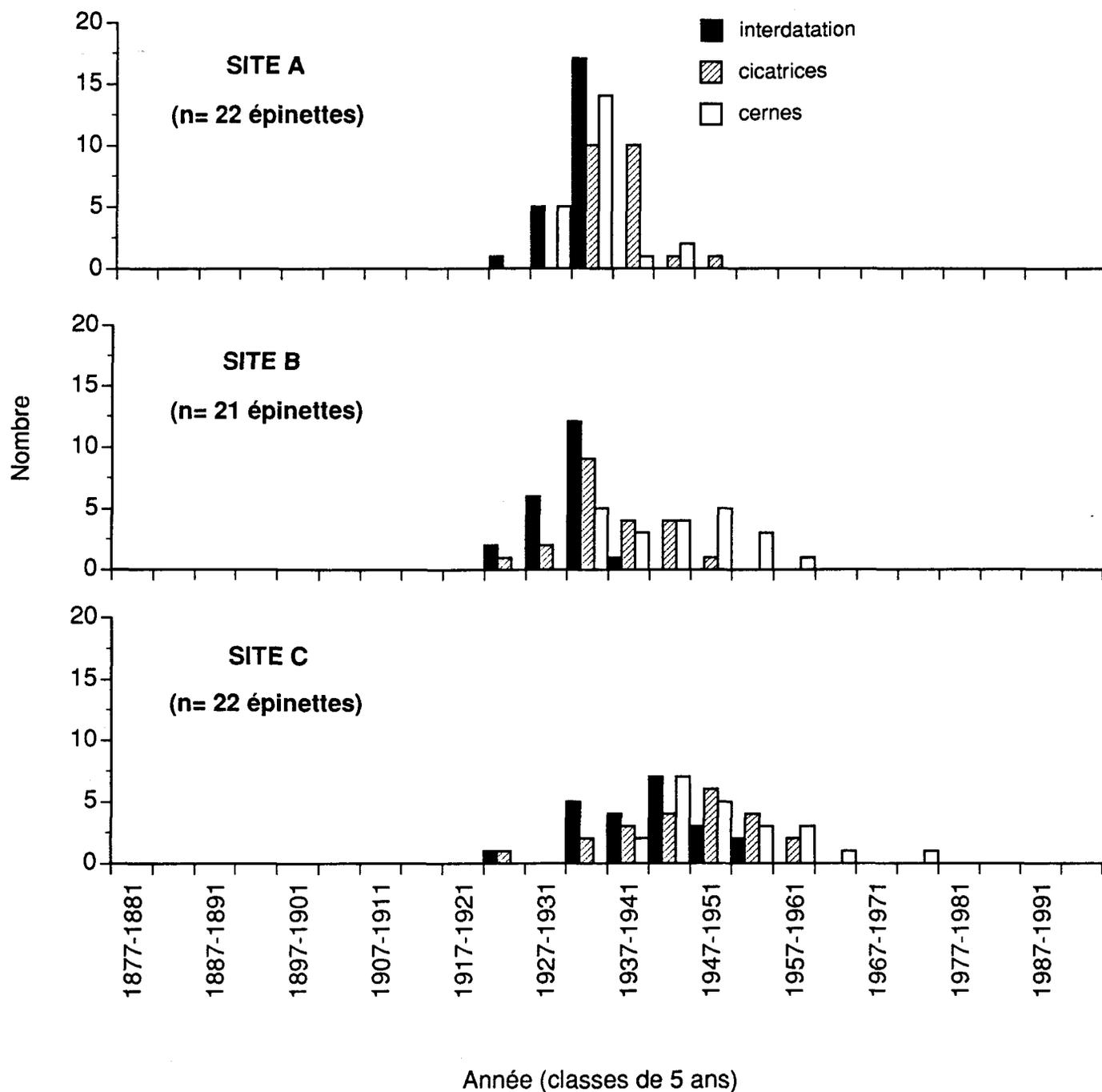


Figure 2. Structure d'âge des épinettes entre 0 et 60 cm de hauteur selon les trois méthodes utilisées.

Les épinettes appartenant à la classe de hauteur supérieure à 60 cm sont présentées à la figure 3. Les trois sites se présentent de la même façon. En utilisant la méthode du dénombrement des cernes de croissance, l'installation des épinettes est relativement étalée (5 classes d'âge). La méthode de l'interdatation a permis de réduire l'estimé de la période d'installation. Les individus du site C sont distribués sur une période plus longue que ceux des deux autres sites, même en utilisant l'interdatation dans la souche.

#### 4.4. Structure d'âge de la strate de la régénération (0 à 60 cm et 60 cm et plus)

Les structures d'âge totales de la régénération sont présentées à la figure 4. Les données qui ont été utilisées pour construire ces histogrammes sont celles des estimations d'âge obtenues par l'interdatation dans la souche de tous les individus de cette strate. L'analyse de ces histogrammes permet d'observer que les épinettes de cette strate constituent des cohortes équiennes. Les individus des sites A et B sont distribués entre 1923 et 1936. La majorité des épinettes (67% ou 31 individus) se sont installées durant la période 1932-36 tandis que la plus faible installation est survenue entre 1922 et 1926. Malgré leur petite taille, ces épinettes avaient entre 53 et 70 ans, l'âge moyen étant de 60 ans.

La distribution temporelle des individus du site C est légèrement différente de celle des deux autres sites. La distribution de ces épinettes s'étale sur une période beaucoup plus longue, soit entre 1926 et 1954. Le maximum d'installation (78% ou 36 individus) est survenu durant la période 1932-46, tandis que la plus faible installation (10 individus) se répartie de façon assez égale dans quatre classes d'âge, soit les deux premières et les deux dernières.

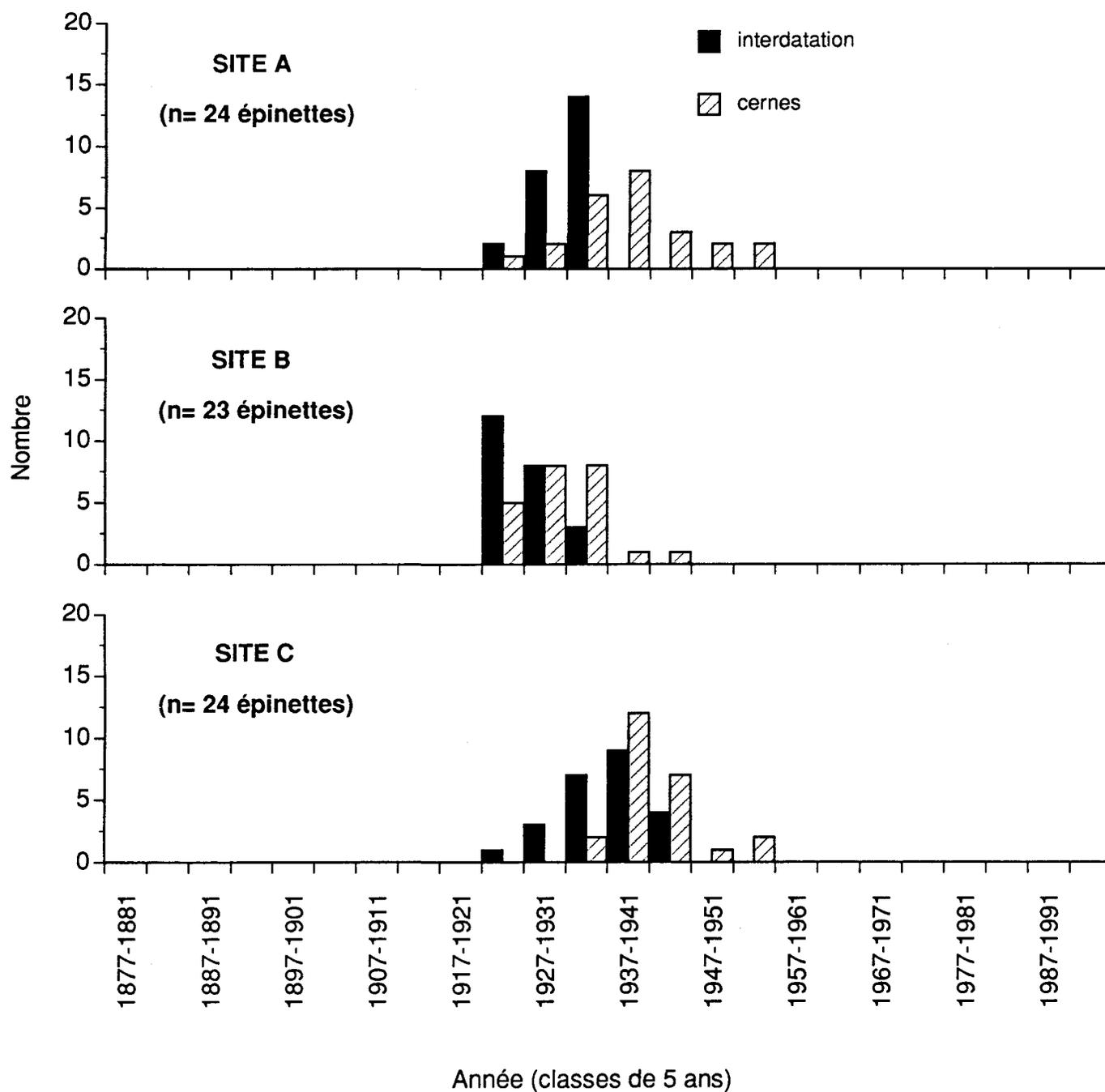


Figure 3. Structure d'âge des épinettes mesurant plus de 60 cm de hauteur selon les deux méthodes utilisées.

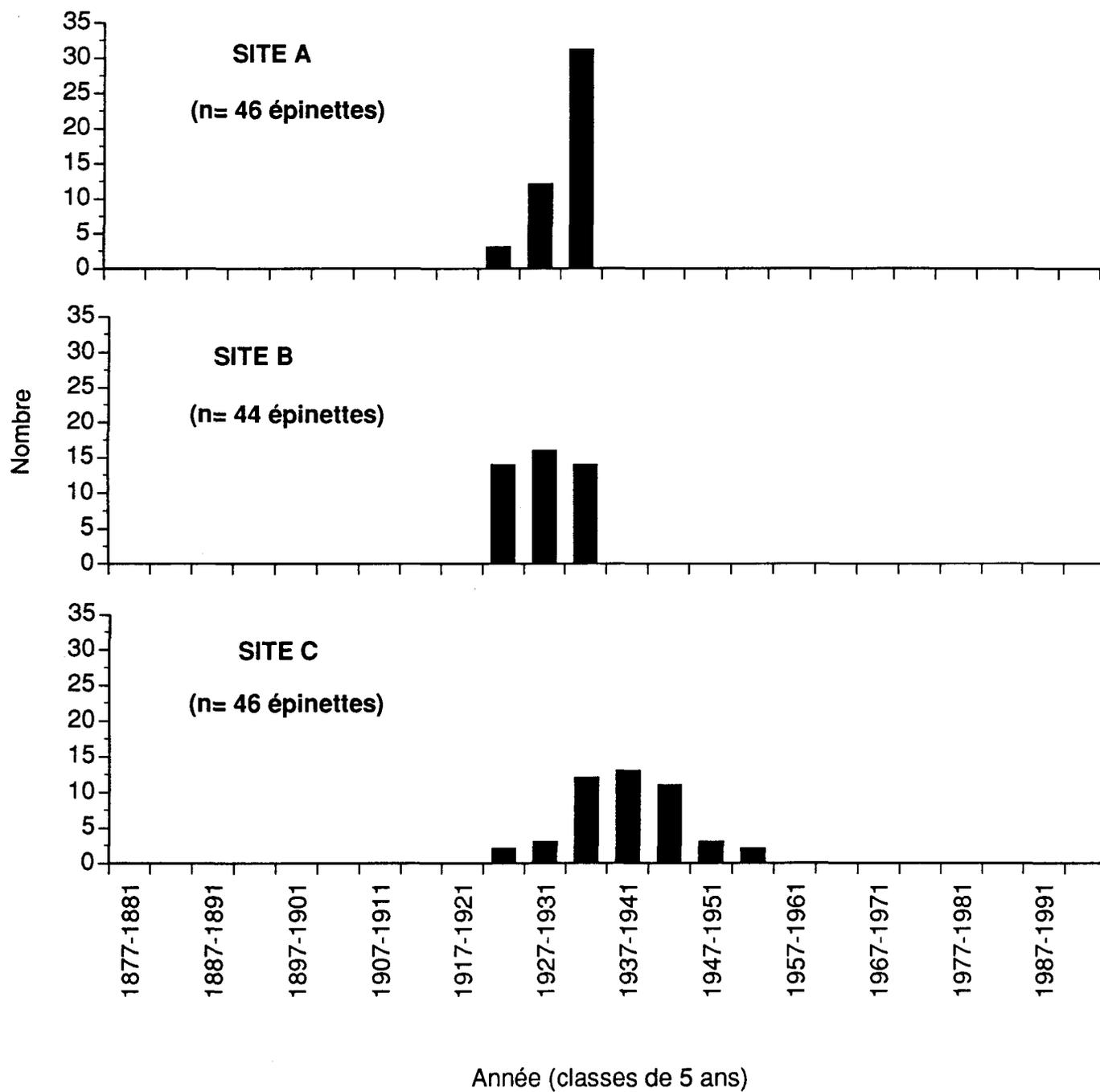


Figure 4. Structure d'âge des épinettes de la strate de régénération.

#### 4.5. Structure d'âge de la strate des adultes

Les structures d'âge des peuplements d'origine sont présentées à la figure 5. Les structures d'âge des épinettes des sites A et B sont équiennes. Ces épinettes noires proviennent du feu de 1877. Les individus semblent s'être installés entre 1884 et 1904, c'est-à-dire entre la septième et la vingt-septième année après la perturbation. La structure d'âge des arbres du site C est très différente de celles des sites A et B. En effet, deux cohortes équiennes sont présentes. La première cohorte s'est installée après le feu de 1877 et la seconde vers 1922-23. D'autres caractéristiques spécifiques à cette strate sont présentées au tableau 8.

#### 4.6. Structures d'âge des deux strates

Ces histogrammes, présentés à la figure 6, montrent clairement que nous sommes en présence de deux cohortes équiennes distinctes. La cohorte des adultes est plus âgée et est issue du feu de 1877, tandis que celle de la strate de la régénération semble provenir d'un autre événement ponctuel. Selon la structure d'âge des individus de cette strate de régénération, ces épinettes se seraient installées à la suite d'un autre feu qui serait survenu vers 1922-23.

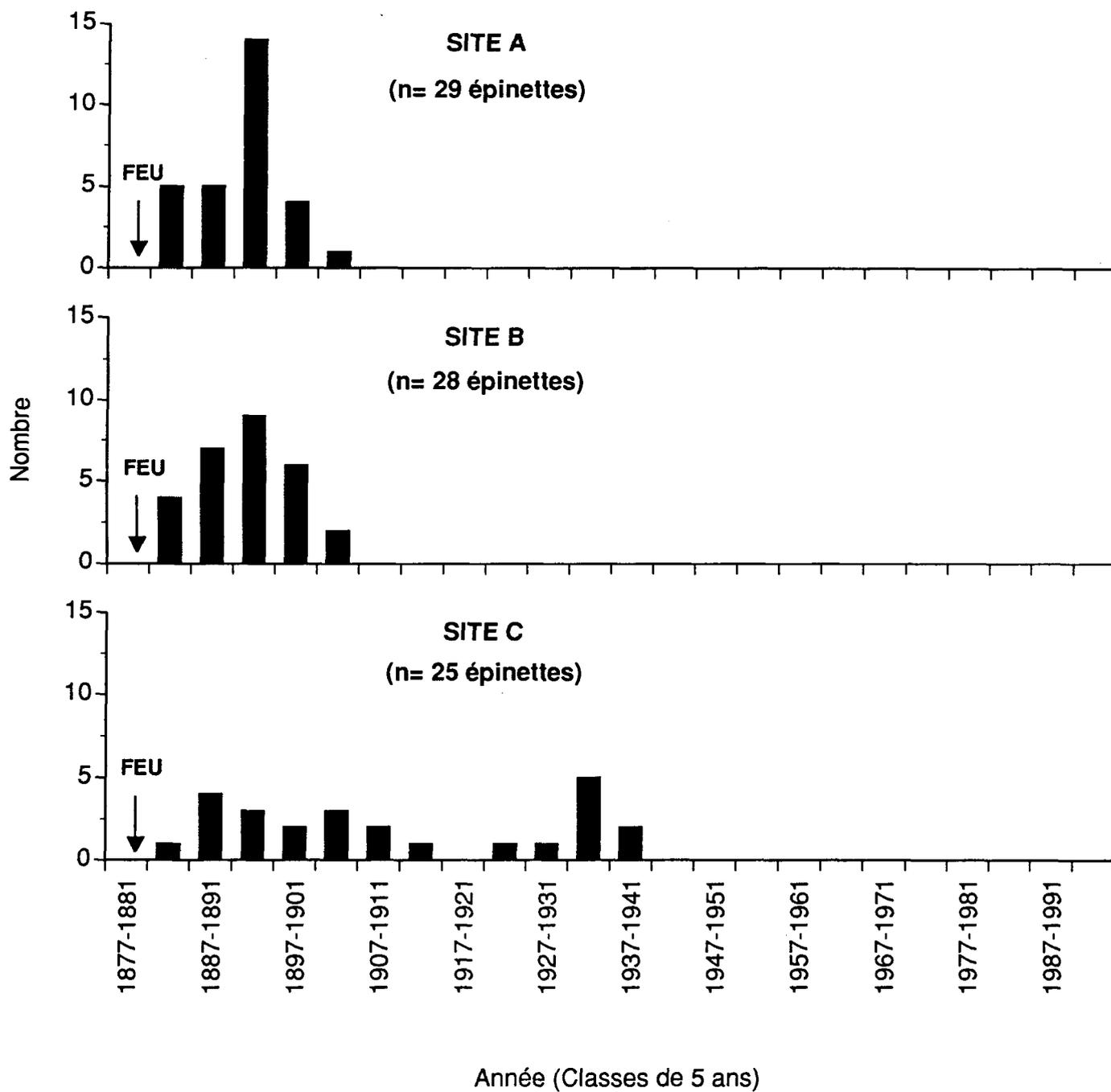


Figure 5. Structures d'âge des épinettes de la strate des adultes suite au feu de 1877.

Tableau 8. Principales caractéristiques de la strate des adultes des trois sites choisis.

PARAMÈTRES		CARACTÉRISRIQUES		
		Hauteur (m)	DHP (cm)	Âge*
SITE A n=29	Moyenne	11	16	101
	Écart-type	2.1	3.8	4.9
	Minimum	2	5	89
	Maximum	15	21	109
SITE B n=28	Moyenne	12	17	99
	Écart-type	3.9	6.6	6.8
	Minimum	1	5	76
	Maximum	17	29	108
SITE C n=25	Moyenne	12	20	82
	Écart-type	2.7	6.5	19.9
	Minimum	8	11	52
	Maximum	17	32	108

Note: \* Âge obtenu sur une section récoltée au niveau du sol.

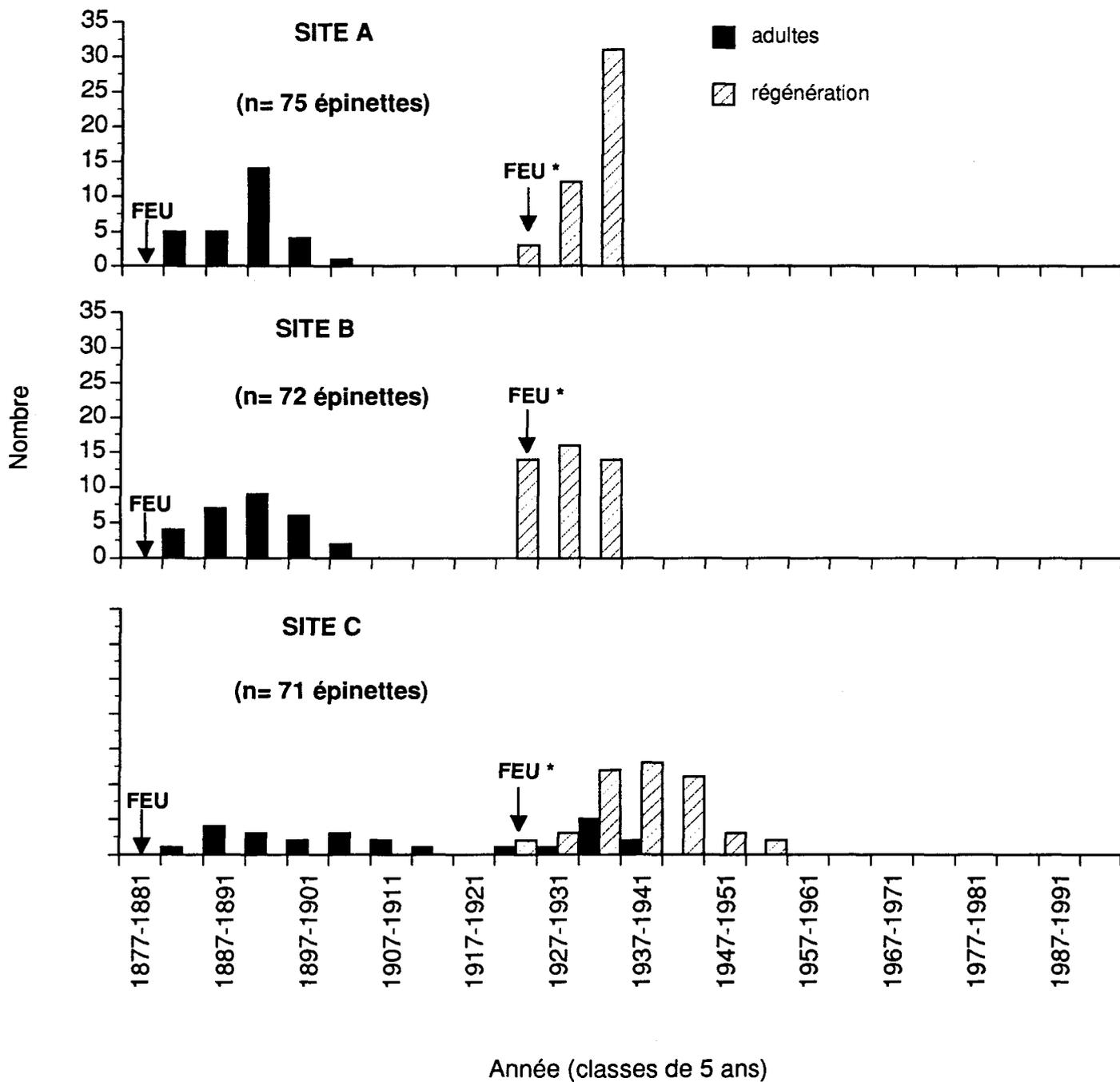


Figure 6. Structure d'âge combinée des strates adultes et de la régénération.

\* Date du feu estimée à partir du plus vieil individu de la cohorte.

## **CHAPITRE 5**

### **DISCUSSION**

## 5. DISCUSSION

### 5.1. Structure d'âge des épinettes de la strate de la régénération selon les méthodes utilisées

Seul Bormann (1965) a utilisé deux méthodes différentes pour déterminer l'âge de petits arbres, notamment le pin blanc (*Pinus strobus* L.). Ces deux méthodes étaient le dénombrement des cicatrices du bourgeon terminal et le décompte des cernes de croissance sur une section transversale récoltée au niveau du sol. En général, une seule méthode est utilisée et la plus courante semble être celle du décompte des cernes de croissance annuels (Gagnon et Morin 1992). St-Pierre (1989), lors de ses travaux réalisés dans des peuplements mixtes de résineux (épinettes noires et pins gris), a utilisé deux méthodes pour déterminer l'âge des individus appartenant à la strate de la régénération. L'âge des pins gris fut déterminé à l'aide d'une coupe transversale échantillonnée au niveau du sol, les cicatrices du bourgeon terminal étant difficilement identifiables, tandis que l'âge des épinettes noires fut déterminé par le décompte des cicatrices du bourgeon terminal, leur tige très grêle ne permettant pas une coupe transversale adéquate (St-Pierre 1989).

La distribution temporelle des épinettes appartenant à la classe de hauteur de 0 à 60 cm, présentée à la figure 2, démontre clairement des différences dans l'année d'installation selon la méthode utilisée pour évaluer l'âge. La structure d'âge du site A est différente de celle des sites B et C. La méthode du décompte des cicatrices du bourgeon terminal a produit une distribution plus étalée, comparativement à la méthode de l'interdatation dans la souche où cette fois-ci les individus se présentaient selon un patron équienné plus typique d'un peuplement s'étant développé à la suite d'une perturbation. La méthode du décompte des cernes de croissance a donné quelquefois des estimations d'âge analogues à celles de la méthode de l'interdatation. La distribution plus étalée des épinettes du site A, par le décompte des cicatrices, comparativement à la distribution moins étendue obtenue par le

dénombrement des cernes annuels, pourrait s'expliquer par deux scénarios: d'une part, il se pourrait que certains arbres produisent un cerne sans toutefois produire une cicatrice sur la tige. La deuxième hypothèse envisagée serait que certaines cicatrices n'ont pu être localisées sur la tige lors du décompte, soit qu'elles étaient disparues ou peut-être également que deux cicatrices très rapprochées sur la tige donnaient l'impression qu'une seule cicatrice était présente. En raison de la faible croissance radiale qu'ont enregistré ces épinettes, le deuxième scénario semble être le plus plausible. Ces résultats vont cependant à l'encontre de ceux obtenus par Bormann (1965) qui mentionne que sur une section transversale récoltée sur des petits pins blancs (*Pinus strobus* L.), le nombre de cernes est souvent moindre que l'âge réel et il est donc préférable de calculer l'âge à l'aide des cicatrices.

La méthode de l'interdatation dans la souche a permis de retrouver plus de cernes pour la majorité des individus. En utilisant cette méthode, les épinettes du site A ont été regroupées en deux classes d'âge comparativement à quatre classes en utilisant les deux autres méthodes. L'interdatation a permis de préciser l'âge des épinettes. La méthode du dénombrement des cernes annuels de croissance sur une section récoltée au niveau du sol sous-estime l'âge des arbres car dans cette partie de la tige, certains cernes sont absents (Gagnon et Morin 1992). Nos résultats appuient ceux de Gagnon et Morin (1992) qui mentionnent qu'il est difficile d'échantillonner tous les cernes annuels sur une section échantillonnée au niveau du sol, surtout ceux correspondant à la croissance juvénile, en raison de la présence de racines adventives au-dessus du collet. La meilleure façon de déterminer l'âge des épinettes noires est d'utiliser la méthode de l'interdatation dans la souche jusqu'au collet, en utilisant des cernes caractéristiques (Gagnon et Morin 1992).

La chronologie d'installation des épinettes de la régénération différait dans les sites B et C. Contrairement aux individus du site A, la méthode du décompte des cicatrices a donné une distribution moins étalée que celle du dénombrement des cernes annuels. Dans ce contexte, nos résultats appuient ceux de Bormann (1965) mais ce même auteur mentionne

également que la méthode du décompte des cicatrices est sujette aux erreurs car deux cicatrices peuvent être produites dans une année. Selon nous, ces résultats indiqueraient plutôt que certains arbres échantillonnés produisaient une cicatrice sans produire de cerne de croissance.

Pour déterminer l'âge exact de petits arbres, la méthode classique qui consiste à dénombrer les cernes de croissance sur une section transversale récoltée au niveau du sol n'est pas recommandée. La méthode de l'interdatation dans la souche est la plus fiable, sans être parfaite. Le décompte des cicatrices du bourgeon terminal est une méthode relativement efficace dans certains cas, mais les possibilités d'erreurs sont présentes et peuvent entraîner certains biais au niveau des résultats. Ces erreurs de datation sont particulièrement susceptibles de se produire lorsque l'on travaille avec de petits arbres très âgés.

La distribution temporelle des individus de plus de 60 cm de hauteur, présentée à la figure 3, est analogue à celle des épinettes de moins de 60 cm. La méthode du décompte des cernes annuels de croissance sur une section récoltée au niveau du sol donne une distribution plus étalée comparativement à l'interdatation dans la souche. Le dénombrement des cernes de croissance a une fois de plus sous-estimé l'âge des individus tandis que l'interdatation a permis de retrouver plus de cernes et ainsi présenter une structure d'âge équilibrée. Même si la méthode de l'interdatation fut utilisée, on remarque que les arbres semblent quand même s'être installés sur une période relativement longue (au moins 15 ans). En raison de leur faible croissance, il est probable qu'un certain nombre de cernes n'ont pas été produits et sont par le fait même absents ce qui sous-estime l'âge et donc sous-estime l'étalement, mais l'interdatation permet d'en retrouver un certain nombre. Trois méthodes ont été utilisées pour tenter d'évaluer l'âge des petites épinettes, cependant, il semble qu'aucune d'entre elles ne permet d'évaluer l'âge réel de ces individus. Nos résultats sont donc différents de ceux obtenus par St-Pierre *et al.* (1992).

## 5.2. Patron d'installation temporelle de la strate de la régénération

Les épinettes noires appartenant à cette strate ont des structures d'âge équiennes suggérant une installation massive à la suite d'une perturbation naturelle autre que celle survenue en 1877. Une des perturbations naturelles pouvant permettre à l'épinette noire de s'installer massivement et de présenter une distribution équienne est un incendie forestier. Les patrons temporel et spatial de l'établissement des arbres et l'historique des perturbations d'un peuplement sont souvent basés sur l'interprétation de la distribution des fréquences des classes d'âge et la présence de groupes d'arbres équiennes est souvent utilisée comme évidence d'une perturbation passée (Duncan et Stewart 1990).

Ces cohortes de régénération se sont probablement installées à la suite d'un feu qui, basé sur l'âge des plus vieux semis (Gagnon 1989, Morneau et Payette 1989), serait survenu autour de 1922-23. Selon Lortie (1979), les années 1922-23 ont été caractérisées par de nombreux incendies forestiers au Québec. Dans le seul bassin du Saguenay et du lac Saint-Jean, le nombre d'incendies a atteint presque la centaine dont un d'une superficie d'environ 40 000 hectares le long de la rivière Péribonka. L'année 1923, en particulier, a été très chaude et sèche et cette sécheresse a été générale au Québec (Lortie 1979). Le feu de 1922-23 survenu dans la région étudiée serait un feu de surface qui aurait permis au tapis de lichen d'être brûlé partiellement et ainsi favoriser de bons lits de germination aux graines disséminées au sol. En brûlant les lichens au sol, le feu a mis, à certains endroits, le sol minéral à nu. Selon Moore et Wein (1977), dans la majorité des sites, le pourcentage le plus élevé de semis émerge du sol minéral. Selon Chrosciewicz (1974), l'exposition du sol minéral, ou du moins, la réduction de l'épaisseur de la couche organique au sol après feu, est très importante pour la germination et la survie des semis d'épinette noire. La réduction de la matière organique pourrait être considérée comme un facteur favorisant l'installation d'espèces arborescentes dont le pin gris (Duchesne 1993). L'intensité de l'incendie n'aurait cependant pas été suffisamment sévère pour tuer la population arborescente des sites, ce qui

suggère que cette cohorte de régénération provient possiblement des graines des épinettes adultes formant les clones actuels. Généralement, les graines qui germent proviennent des arbres épargnés ou tués par le feu (Gagnon 1988, Filion 1994).

Malgré des recherches intensives, le feu de 1922-23 n'a pu être daté avec précision en raison de l'absence d'arbre porteur de cicatrice de feu. Ceci indique qu'il est possible que les feux de surface de faible intensité qui sévissent dans les milieux ouverts n'occasionent pas de cicatrice. Comme le mentionne Bussièrès (1992), il est fort possible qu'un certain nombre d'incendies forestiers survenus entre les perturbations majeures anciennes et récentes ne puissent être enregistrés (feux de faible intensité). Desponts et Payette (1992) ont également obtenu des structures d'âge équiennes dans des peuplements de pin gris et d'épinette noire sans toutefois trouver de cicatrices de feu.

L'âge des épinettes de la strate de la régénération fut déterminé en interdatant dans la souche jusqu'au collet. Ce qui est surprenant par contre, c'est que malgré l'utilisation de cette méthode, les arbres de cette strate semblent s'être installés sur une période assez longue, soit un minimum de 15 ans au lieu de 3 à 5 ans comme le mentionnent St-Pierre *et al.* (1992). Ceci serait relié à une réduction de croissance qu'ont connu ces épinettes depuis leur naissance; les âges obtenus pour ces arbres sont minimaux et plusieurs cernes manquants n'auraient pu être localisés en raison de cette faible croissance.

La distribution des épinettes de la strate de la régénération du site C semble se comporter différemment: installation plus longue dont le maximum d'établissement est éloigné de la date du feu. Par contre, la distribution de ces arbres est équienne. Les cernes absents sur les épinettes de ce site semblent être plus nombreux, suggérant que la croissance du site C était plus lente, comme en témoigne aussi la cohorte des adultes.

### 5.3. Patron d'installation temporelle de la strate des adultes

Le patron d'installation des épinettes noires adultes des trois sites suite au feu de 1877 est analogue à celui obtenu par d'autres chercheurs utilisant la même méthode, soit le dénombrement des cernes de croissance sur une section récoltée au niveau du sol. Ces résultats sont similaires à d'autres travaux (Bussièrès 1992; Desponts et Payette 1992; Dion 1986; Morneau 1988; Morneau et Payette 1989; Sirois 1989; Sirois et Payette 1989).

Selon *Gagnon et al.* (1992b.), le délai serait un artefact de la méthode s'expliquant par une certaine difficulté à échantillonner tous les cernes de croissance annuels à la base des arbres, où le collet est difficile à localiser, vu la présence de racines adventives sur la tige au-dessus du collet (Gagnon et Morin 1992).

Si l'âge de toutes ces épinettes avait été obtenu par la méthode de l'interdatation dans la souche, les structures d'âge auraient été probablement analogues à celles obtenues par Gagnon et Morin (1992), Villeneuve (en préparation) et Gagnon *et al.* (1992b).

L'installation après le feu de 1877 semble s'être réalisée sur une période beaucoup plus longue suivie d'une deuxième vague d'établissement dans le site C. Cette deuxième vague d'installation aurait débutée vers 1922, avec un maximum qui serait survenu entre 1932 et 1936. Deux scénarios sont envisagés afin d'expliquer cette distribution plus étalée. On peut émettre comme première hypothèse que tous ces individus originent de la perturbation de 1877. Contrairement aux épinettes des sites A et B, celles du site C auraient un plus grand nombre de cernes manquants sur les sections récoltées au niveau du sol. La seconde hypothèse suppose que la "deuxième vague d'installation" correspondrait à une population distincte de la première; le principal argument est que le second maximum d'installation, survenu entre 1932-1936, est beaucoup trop éloigné de la date du feu de 1877. Les individus se situant dans les classes d'âge 1922-1926 et 1927-1931 appartiennent probablement à la cohorte des adultes. Par contre, les épinettes présentes dans les deux

autres classes d'âge (1932-36 et 1937-41) se sont possiblement installées après le feu de 1922-23; le maximum d'installation survenu entre 1932-36 correspond à celui de la cohorte de la régénération.

Ces résultats suggèrent qu'il existe des différences importantes concernant la croissance des individus entre les sites A et B, et le site C, et que pour certains individus appartenant à la strate de la régénération, le site C a de meilleures conditions de croissance. Cependant, les cernes manquants semblent être plus nombreux sur les arbres du sites C. Cette structure d'âge est analogue à celle obtenue par Morneau (1988) dans une pessière noire provenant d'un feu de 1857; selon ses résultats, les épinettes se seraient installées sur une période d'environ 75 ans avec un maximum d'établissement qui serait survenu entre 1872 et 1876, soit environ entre quinze et dix-neuf ans après la perturbation.

#### 5.4. Origine des pessières ouvertes à lichen dans la zone boréale fermée

La taïga est largement dominée par les pessières ouvertes sur tapis lichénique. Selon Gagnon et Payette (1985), ces milieux déforestés ont déjà été colonisés par des pessières denses matures à une époque antérieure et les feux naturels périodiques seraient à l'origine de cette importante déforestation. Des déforestations partielles ou complètes créées par des feux naturels ont été signalées régulièrement dans les régions nordiques canadiennes par plusieurs auteurs (Rowe et Scotter 1973, Black et Bliss 1980, Gagnon et Payette 1985, Millet et Payette 1987, Payette *et al.* 1989, Sirois et Payette 1989). La structure actuelle des pessières de la taïga serait associée à la faible résilience de ces peuplements de conifères face aux feux et aux conditions climatiques (Lavoie 1994).

Sachant que l'origine des pessières ouvertes du Québec nordique est associée à l'interaction feu-climat prévalant à ces hautes latitudes (Gagnon et Payette 1985), pourquoi, aux latitudes de la forêt boréale fermée, où les conditions climatiques sont adéquates pour permettre une production annuelle de semences viables, certains peuplements sont

complètement fermés alors que d'autres ont une couverture arborescente clairsemée et discontinuée? La fréquence élevée des feux de forêt naturels semble être à l'origine de cette déforestation partielle. Selon Dion (1986) et Bussièrès (1992), la présence d'enclaves déforestées sur les sommets de Charlevoix, serait associée au phénomène de récurrence des feux. Ce processus de déforestation demeure efficace même lorsque les conditions climatiques favorisent une abondante production de graines (Sirois 1989) ce qui suggère que les mécanismes de fragmentation des forêts au nord du Saguenay-Lac-Saint-Jean pourraient être les mêmes que ceux observés dans la taïga.

Les trois sites ouverts échantillonnés pour cette étude, qui proviennent tous d'un même incendie forestier qui a sévi en 1877, ont dû subir une déforestation à la suite de feux survenus au moment où il y avait peu de graines viables dans les arbres. La récurrence de deux incendies à l'intérieur d'un laps de temps relativement court est peu fréquente dans la forêt boréale fermée (Sirois 1989), mais ce phénomène peut éventuellement résulter en une fragmentation partielle ou même complète de la forêt (Bussièrès 1992). Il y a un certain temps, un feu a probablement brûlé la partie de la forêt qui se trouvait dans l'aire ouverte actuelle et les conditions qui étaient présentes à cette époque n'ont pu permettre une recolonisation dense de ces peuplements. Un manque de graines viables et la courte distance sur laquelle les semences d'épinette noire sont dispersées (Landhäusser et Wein 1993, Filion 1994) semblent avoir restreint le renouvellement total de ces populations résineuses.

#### 5.5. Dynamique d'installation et croissance de la strate de la régénération

La présence de petites épinettes noires à l'intérieur de ces milieux déforestés pourrait supposer qu'elles sont des installations relativement récentes qui assureront une éventuelle fermeture du couvert forestier. Lorsque l'on détermine l'âge le plus exact possible de ces individus en interdatant dans la souche, on constate qu'ils sont très âgés malgré leur petite taille. La question qui se pose suite à cette observation est la suivante: comment se fait-il que

la croissance de ces deux strates soit si différente malgré des conditions abiotiques analogues dans les sites?

Dans la taïga, la présence de petits arbres rabougris appelés krummholz est associée aux conditions climatiques difficiles prévalant à ces latitudes. Lorsque les épinettes noires sont soumises de plus en plus aux contraintes climatiques (froid, neige, glace, vents érosifs et secs), elles adoptent des formes comparables à celles des espèces arbustives (Payette 1974). Selon Filion *et al.* (1985), ces épinettes prostrées du Nord québécois constituent généralement des formations âgées dont certains individus peuvent avoir de 200 à 300 ans sinon plus, et dont la taille n'a jamais dépassé 1 mètre de hauteur. Ces petits arbres se sont développés lentement et les conditions climatiques difficiles seraient responsables de cette faible croissance (Filion *et al.* 1985).

La faible croissance qui caractérise les épinettes des pessières ouvertes de la zone boréale fermée ne peut être associée aux conditions climatiques. À ces latitudes, le climat est suffisamment clément pour permettre une croissance normale des individus. De plus, ces épinettes ont un port normal et ne ressemblent aucunement aux arbres érodés de la taïga, suggérant que le climat n'exerce pas une influence marquante. D'autres variables doivent être considérées afin de trouver les véritables causes de ces différences de croissance entre ces deux strates et il est possible que ces variables soient propres aux pessières à cladonie.

Quelques études ont porté sur le rôle que pourraient jouer certains lichens sur la croissance de certains résineux. Selon ces travaux, ces lichens peuvent contribuer à inhiber ou du moins ralentir la croissance de certaines espèces végétales et l'épinette noire serait parmi les plus affectées. Les pessières à lichen sont caractéristiques des milieux secs et acides possédant une très faible quantité d'éléments nutritifs (Bonan et Shugart 1989). Dans les pessières clairsemées, la végétation lichénique semble affecter fortement la dynamique de la strate de la régénération en réduisant la croissance des plantules (Kuuluvainen *et al.* 1993).

Un épais tapis lichénique peut réduire la croissance des arbres par ses effets néfastes sur la température du sol, la disponibilité des éléments nutritifs et l'allélopathie (Brown et Mikola 1974, Cowles 1982). Quelques études ont démontré une réduction de croissance des semis d'épinette de Norvège lorsque ceux-ci étaient ceinturés par des lichens et cette réduction pourrait être attribuable à des effets allélopathiques produits par les lichens sur le métabolisme des mycorhizes (Brown et Mikola 1974). Le fait que les petites épinettes noires de ces milieux partiellement déforestés soient aussi âgées malgré leur petite taille pourrait être dû à la présence du tapis lichénique, mais aucun lien causal entre le dynamisme de cette strate et la présence des lichens du genre *Cladina* n'a pu être observé.

Malgré leur faible croissance, ces épinettes noires des milieux ouverts ont quand même pu survivre, ce qui confirme une fois de plus que cette espèce arborescente peut s'adapter à un large spectre de conditions écologiques (Bussièrès 1992). Tel que mentionné par Gagnon (1988) et Vincent (1965), l'épinette noire peut croître sur différents types de sols et de dépôts de surface, ce qui lui donne une grande amplitude écologique. Plusieurs chercheurs dont Cowles (1982) ont commenté la croissance des épinettes noires dans les pessières à lichen et ont suggéré que l'inhibition de la croissance des arbres par les lichens peut contribuer à l'ouverture de certains peuplements (Kershaw 1978).

#### 5.6. Évolution du couvert arborescent des pessières ouvertes de la zone boréale fermée

Au sud de la taïga, la présence d'îlots partiellement déforestés suscite une interrogation importante: le couvert arborescent de ces milieux ouverts tend-il à demeurer tel quel ou à évoluer vers une fermeture? Les résultats de notre étude appuient ceux obtenus par Morneau (1988), Morneau et Payette (1989) et Payette *et al.* (1985) en ce qui a trait à l'évolution de la couverture arborescente de ces pessières clairsemées de la forêt fermée. Ces pessières à cladonie semblent avoir un comportement analogue aux forêts ouvertes du nord

du Québec. Le reboisement naturel de ces ouvertures paraît fortement improbable à moyen et même à long terme en raison de l'absence de jeunes semis, aucun recrutement au cours des 60 dernières années n'ayant été observé dans les sites A et B.

L'apparence de ces milieux ouverts est trompeuse. La présence de petits individus autour des clones ne signifie pas que ces forêts tendent à se refermer car, comme Filion (1994) l'a observé dans son étude, 90% des semis se retrouvent à moins de deux mètres des individus semenciers et la régénération dans les zones entre les clones semble déficiente. De plus, en déterminant avec précision l'âge de ces arbres, on a constaté qu'ils sont très âgés et ne correspondent pas à des installations récentes. Ces petites épinettes noires ne pourraient être présentes sans le passage du feu de 1922-23; si cette perturbation n'avait pas sévi dans ces sites, ces arbres de petite taille ne se seraient probablement pas installés en raison du tapis de lichen qui empêche la survie des plantules.

Le seul processus de régénération présent dans ces sites ouverts est le marcottage mais ce mode de reproduction ne semble pas contribuer à une fermeture du couvert arborescent en raison de sa distribution contagieuse (Staneck 1968). Même si la reproduction végétative est favorisée dans les forêts ouvertes (Légère et Payette 1981), elle ne compense pas les problèmes de régénération par graines, mais permet un minimum de recouvrement par rapport à l'état initial de la population régénérée sexuellement (Dion 1986).

Une forêt issue d'un feu, qu'elle soit ouverte ou fermée, aura sensiblement les mêmes propriétés qu'avant le feu (Heinselman 1981, Filion 1994). Si, pour différentes raisons, un peuplement d'épinette noire ne s'est pas régénéré pleinement suite à un feu, il est peu probable qu'il soit recolonisé naturellement par cette même espèce (Gagnon 1988), ce qui provoquera l'ouverture du milieu. Par la suite, la réinstallation d'autres individus suite à d'autres feux sera proportionnelle à la densité du peuplement avant la perturbation (Filion 1994). Ces forêts ouvertes de la zone boréale fermée semblent être instables. Le concept de

stabilité, appliqué à la forêt boréale, réside dans la capacité des peuplements de maintenir le niveau de densité et de composition floristique de la strate arborescente et ce, à la suite du passage des feux (Lavoie 1994). Selon ce même auteur, le faible niveau de résilience des forêts nordiques face aux feux pourrait contribuer à l'expansion de la taïga vers le sud.

Une fois que le couvert lichénique est installé au sol, il ne semble pas y avoir de changements majeurs dans la structure de la végétation. Il semble que ces milieux dépourvus de couverture arborescente dense ne sont et ne seront possiblement pas favorables à une éventuelle fermeture totale car ils sont impropres à la colonisation arborescente.

## **CHAPITRE 6**

## **CONCLUSION**

## 6. CONCLUSION

Les structures d'âge des épinettes noires de la strate de la régénération suggèrent que ces pessières ouvertes de la zone boréale fermée n'évoluent pas vers une fermeture du couvert arborescent. Tel que proposé dans l'hypothèse de départ, ces îlots de forêt partiellement déforestés semblent avoir un comportement analogue à celui des pessières ouvertes du Québec nordique; le couvert forestier de ces peuplements tend à se maintenir ouvert. Les épinettes de la strate de la régénération n'appartiennent pas à la même cohorte que les arbres adultes. Ces individus font partie d'une cohorte indépendante de celle des adultes et proviennent d'un autre incendie. Les structures d'âge de la strate de la régénération suggèrent que ces individus sont très âgés et ne correspondent pas à des installations récentes pouvant contribuer à la fermeture graduelle de ces peuplements. En tenant compte de la hauteur de ces arbres, ils appartiennent à la strate de la régénération, mais en évaluant leur âge le plus exactement possible, on constate que ce sont de vieux individus. Pour des raisons difficilement identifiables, la croissance de ces petites épinettes noires est très réduite comparativement aux adultes, dont la croissance est meilleure.

Le fait que ces sites soient dépourvus d'un couvert forestier continu ne peut être relié à une mauvaise qualité des stations. Nos résultats démontrent cependant que ces milieux ne présentent pas de bonnes conditions pour permettre la survie de semis, aucune installation récente de semis d'épinette noire n'ayant été observée sur le tapis de lichen.

Ce travail a permis d'évaluer l'efficacité des méthodes pour calculer l'âge des petites épinettes noires. La méthode qui consiste à dénombrer les cernes annuels de croissance sur une section récoltée au niveau du sol est la moins efficace comparativement à l'interdatation dans la souche jusqu'au collet qui donne des âges plus exacts. Le dénombrement des cicatrices du bourgeon terminal est une méthode relativement efficace mais elle doit être idéalement utilisée sur de très petits arbres à bonne croissance afin d'être en mesure de bien

distinguer les cicatrices. Cependant, même en utilisant la méthode de l'interdatation dans la souche, les âges obtenus ne sont pas exacts, ce qui suggère une fois de plus qu'il y a une quantité assez importante de cernes manquants chez ces petites épinettes noires à cause de leur croissance juvénile très lente.

Une cartographie des pessières à cladonie à l'échelle de la forêt boréale commerciale serait nécessaire afin de voir si ces espaces dénudés occupent de grandes superficies. Si ces forêts clairsemées sont abondantes dans la zone boréale fermée et que ces fragmentations de la forêt sont effectivement associées aux feux, il se pourrait, comme le mentionne Lavoie (1994), que l'on assiste à une progression vers le sud, du phénomène de déforestation qui prévaut présentement au Québec nordique. De plus, on pourrait suivre l'évolution de ces milieux ouverts.

Le développement de connaissances au niveau de l'ensemencement direct, de la préparation de terrain pour la plantation et du reboisement seraient indispensables pour l'aménagement de ces forêts instables, aménagement qui devra tenir compte de la conservation de la biodiversité.

## **CHAPITRE 7**

## **RÉFÉRENCES**

## 7. RÉFÉRENCES

- AGRICULTURE CANADA. 1992.** Le système canadien de classification des sols. Seconde édition. 170 p.
- AHTI, R. 1959.** Studies on the caribou lichen stands of Newfoundland. An. Bot. Soc. "Vanamo" **30**: 1-44.
- AHTI, T. 1964.** Macrolichens and their zonal distribution in boreal and arctic Ontario, Canada. Ann. Bot. Fenn. **1**: 1-35.
- ANONYME. 1982.** Normales climatiques au Canada: 1951-1980. Températures et précipitations, Québec. Environnement Canada. Service de l'environnement atmosphérique. 216 p.
- ARSENAULT, P. 1978.** Effets allélopathiques causés par des lichens fruticuleux terricoles sur *Picea mariana*. Thèse de maîtrise, Université Laval. 218p.
- BLACK, R. A. et BLISS, L. C. 1980.** Reproductive ecology of *Picea mariana* (Mill.) BSP., at tree line near Inuvik Northwest Territories, Canada. Ecol. Monogr. **50(30)**: 331-354.
- BONAN, G. B. et SHUGART, H. H. 1989.** Environmental factors and ecological processes in boreal forest. Ecol. **20**: 1-28.
- BORMANN, F. H. 1965.** Changes in the growth pattern of white pine trees undergoing suppression. Ecol. **46(3)**: 268-277.
- BROWN, R. T. et MIKOLA, P. 1974.** The influence of fruticose soil lichens upon the mycorrhizae and seedling growth of forest trees. Act. For. Fenn. **141**: 1-22.
- BUSSIÈRES, B. 1992.** La déforestation subalpine au mont du lac à l'Empêche, Charlevoix, Québec. Thèse de doctorat, Université Laval. 231 p.

- CARLETON, T. J. 1982.** The pattern of invasion and establishment of *Picea mariana* (Mill.) BSP into the subcanopy layers of *Pinus banksiana* Lamb. dominated stands. *Can. J. For. Res.* **12**: 973-984.
- CHROSCIEWICZ, Z. 1974.** Evaluation of fire-produced seedbeds for Jack Pine regeneration in central Ontario. *Can. J. For. Res.* **4**: 455-457.
- COGBILL, C. V. 1985.** Dynamics of the boreal forest of the Laurentian Highlands, Canada. *Can. J. For. Res.* **15**: 252-261.
- COWLES, S. 1982.** Preliminary results investigating the effect of lichen ground cover on the growth of black spruce. *Nat. Can.* **109**: 573-581.
- DELCOURT, R. H., DELCOURT, P. A. et WEBB III, T. 1983.** Dynamic plant ecology: the spectrum of vegetational change in space and time. *Quat. Sc. Rev.* **1**: 153-175.
- DESPONTS, M. et PAYETTE, S. 1992.** Recent dynamics of jack pine at its northern distribution limit in northern Quebec. *Can. J. Bot.* **70**: 1157-1167.
- DION, L. 1986.** La dynamique forestière des hauts sommets de Saint-Urbain. Thèse de maîtrise, département de Géographie, Université Laval. 107 p.
- DUCHESNE, S. 1993.** Analyse démographique et écologique de la phase initiale de régénération après feu des populations d'épinettes noires et de pins gris au Québec nordique. Mémoire de maîtrise, Université Laval. 73 p.
- DUCRUC, J.-P. et GERARDIN, V. 1988.** Essai sur la caractérisation et l'évaluation du drainage naturel des sols: cas de l'Abitibi-Témiscamingue. Série de l'inventaire du capital-nature. No.9 direction du patrimoine écologique. Ministère de l'Environnement du Québec. 105 p.
- DUNCAN, R. P. et STEWART, G. H. 1990.** The temporal and spatial analysis of tree age distribution. *Can. J. For. Res.* **21**: 1703-1710.
- ESAU, K. 1965.** Plant anatomy, 2d ed., John Wiley & Sons, inc, New York.

- FILION, J. 1994.** Distribution spatiale de la régénération d'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) BSP) 8 ans après un feu de forêt. Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi. 72 p.
- FILION, L., PAYETTE, S. et GAUTHIER, L. 1985.** Analyse dendroclimatique d'un krummholz à la limite des arbres. *Géogr. phys. Quat.* **39**: 221-226.
- FOSTER, D. R. 1985.** Vegetation development following fire in *Picea mariana* (black spruce)-*Pleurozium* forest of southeastern Labrador. *J. Ecol.* **73**: 517-534.
- GAGNON, R. 1988.** La dynamique naturelle des peuplements équiennes d'épinette noire. Comptes rendus du colloque " Les mécanismes de régénération de l'épinette noire : applications pratiques en aménagement ". Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, Sainte-Foy, Québec.
- GAGNON, R. 1989.** Maintien de limites abruptes entre des peuplements d'épinette noire (*Picea mariana*) et des formations de feuillus intolérants (*Populus tremuloides* et *Betula papyrifera*) dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (Québec). *Nat. Can.* **116**: 117-124.
- GAGNON, R. et MORIN, H. 1992.** Establishment period of black spruce (*Picea mariana*) after fire. Proceeding "Tree rings and environment International Symposium", Lundqua report 34, Lund University, 1990, Lund.
- GAGNON, R. et PAYETTE, S. 1985.** Régression Holocène du couvert coniférien à la limite des forêts (Québec nordique). *Can. J. Bot.* **63**: 1213-1225.
- GAGNON, R., MORIN, H., ST-PIERRE, H., FILION, J. et VILLENEUVE, G. 1992a.** La régénération naturelle de l'épinette noire par graines : point de départ d'une méthode efficace d'ensemencement. Compte rendu du colloque sur les semences forerstières, Ministère des forêts du Québec, Sainte-Foy, Québec. pp.171-180.
- GAGNON, R., VILLENEUVE, G., MORIN, H. et ST-PIERRE, H. 1992b.** Dating mistake of mature black spruce (*Picea mariana*) after fire and their impact on population dynamics studies. Proceeding "Disturbance dynamics in boreal forest" Workshop, August 10-14, 1992, Umea, Sweden.

- GERARDIN, V. 1980.** L'inventaire du capital-nature du territoire de la Baie James. Les régions écologiques et la végétation des sols minéraux T.1. méthodologie et descriptions. Service des études écologiques régionales, Ministère de l'environnement du Québec, Québec.
- GODMAIRE, A. et PAYETTE, S. 1981.** Dynamique spatio-temporelle d'une bande forestière près de la limite des forêts, Rivière Aux Feuilles, Nouveau-Québec. *Géogr. phys. Quat.* **35** pp.73-85.
- HEINSELMAN, M. L. 1973.** Fire in the virgin forests of the boundary Waters Canoe Area, Minnesota. *Quat. Res. (Washington)* **3**: 329-382.
- HEINSELMAN, M. L. 1981.** Fire and succession in the conifer forests of northern North America. *In* West. D.C., H.H. Shugart & D.B. Botkin (eds). 1981. Forest succession. Springer-Verlag New York p.374-405.
- HUSTICH, I. 1966.** On the forest-tundra and the northern tree-lines. *Ann. Univ. Turku. A* **11**, **36**: 7-47.
- JOHNSON, E. A. 1981.** Vegetation organization and dynamics of lichen woodland communities in the Northwest Territories, Canada. *Ecol.* **62**: 200-215.
- KERSHAW, K. A. 1977.** Studies on the lichen-dominated systems. XX. An examination of some aspects of the northern boreal lichen woodlands in Canada. *Can. J. Bot.* **55**: 393-410.
- KERSHAW, K. A. 1978.** The role of lichens in boreal tundra transition areas. *The Bryologist.* **81**(2): 294-306.
- KUULUVAINEN, T., HOKKANEN, T. J., JARVINEN, E. et PUKKALA, T. 1993.** Factors related to seedling growth in a boreal Scots pine stand: a spatial analysis of a vegetation-soil system. *Can. J. For. Res.* **23**: 2101-2109.
- LANDHÄUSSER, S. M. et WEIN, R. W. 1993.** Postfire vegetation recovery and tree establishment at the arctic treeline: climate-change—vegetation-responses hypotheses. *J. Ecol.* **81**: 665-672.
- LAVOIE, L. 1994.** Évaluation régionale de la stabilité des forêts dans le haut-boréal au Québec nordique. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec. 73p.

- LEGERE, A. et PAYETTE, S. 1981.** Ecology of black spruce (*Picea mariana* (Mill.) BSP) clonal population in the hemiarctic zone, northern Québec: population dynamics and spatial development. *Arc. Alp. Res.* **13**: 261-276.
- LORTIE, M. 1979.** Arbres, forêts et perturbations naturelles au Québec. Les presses de l'Université Laval. 172p.
- MAIKAWA, E., et KERSHAW, K. A. 1976.** Studies on lichen-dominated systems. XIX. The postfire recovery sequence of black spruce-lichen woodland in the Abitau Lake Region, N. W. T. *Can. J. Bot.* **54**: 2679-2687.
- Mc BRIDE, J. R. 1983.** Analysis of tree rings and fire scars to establish fire history. *Tree-Ring Bulletin* **43**: 51-67.
- MILLET, J. et PAYETTE, S. 1987.** Influence des feux sur la déforestation des îles centrales du lac à l'Eau Claire. *Géogr. phys. Quat.* **51**: 79-86.
- MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES 1975.** Service de l'exploration géologique. Région des rivières Mistassini, Péribonka et Saguenay. Rapport géologique, 89p.
- MOORE, J. M., et R. W. WEIN. 1977.** Viable seed populations by soil depth and potential site recolonization after disturbance. *Can. J. Bot.* **55**: 2408-2412.
- MOORE, T. R. 1980.** The nutrient status of subarctic woodland soils. *Arct and Alp Res.* **12** (2): 147-160.
- MORNEAU, C. 1988.** Rétablissement de la végétation après feu dans la partie nord de la forêt boréale, Nouveau Québec. Thèse de maîtrise, Université Laval, Québec, 60 p.
- MORNEAU, C. et S. PAYETTE. 1989.** Postfire lichen-spruce woodland recovery at the limit of the boreal forest in northern Québec. *Can. J. Bot.* **67**: 2770-2782.
- OUZILLEAU, J. et PAYETTE, S. 1975.** Croissance de quelques lichens à caribou du genre *Cladonia* (sous-genre *Cladina*) en milieu subarctique, Nouveau-Québec. *Nat. Can.* **102**: 597-602.

- PAYETTE, S. 1974.** Classification écologique des formes de croissance de *Picea glauca* (Moench.) Voss et de *Picea mariana* (MILL.) BSP. en milieux subarctiques et subalpins. *Nat. Can.* **101**: 893-903.
- PAYETTE, S., FILION, L., GAUTHIER, L. et BOUTIN, Y. 1985.** Secular climate change in old-growth tree-line vegetation of northern Quebec. *Nature* (London). **315**: 135-138.
- PAYETTE, S., MORNEAU, C., SIROIS, L. et DESPONTS, M. 1989.** Recent fire history of the northern Quebec biomes. *Ecol.* **70**: 656-673.
- PICKET, S. T. A. 1976.** Succession: an evolutionary interpretation. *Amer Nat* **110**: 107-119.
- RICHARD, P. J. H. 1988.** Végétation du Québec-Labrador. Formations et grands domaines. carte 1: 5 X 10<sup>6</sup>. Département de Géographie, Université de Montréal, Montréal.
- ROWE, J. S. 1972.** Les régions forestières du Canada. Ministère de l'Environnement, Service canadien des forêts. 165p.
- ROWE, J. S. et G. W. SCOTTER, 1973.** Fire in the boreal forest. *Quat. Res.* **3**: 444-464.
- SCHWEINGRUBER, F. H. 1989.** Tree rings: Basics and applications of Dendrochronology. Kluwer Academic Publishers, Holland. 276 p.
- SIROIS, L. 1989.** La déforestation subarctique au Québec. Une analyse écologique et démographique. Université Laval, thèse de doctorat, 126 p.
- SIROIS, L. et PAYETTE, S. 1991.** Reduced postfire tree regeneration along a boreal forest-forest-tundra transect in northern Québec. *Ecol.* **72(2)**: 619-627.
- SIROIS, L. et PAYETTE, S. 1989.** Postfire black spruce establishment in subarctic and boreal Québec. *Can. J. For. Res.* **19**: 1571-1580.
- SPURR, S. H. et BARNES, B. V. 1980.** Forest ecology, 3<sup>ième</sup> éd. J. Wiley & Sons, New York.

- ST-PIERRE, H. 1989.** Régénération après feu du pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.) et de l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) BSP) dans la forêt boréale, lac Desautels, réserve faunique Ashuapmushuan, Québec. Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 52 p.
- ST-PIERRE, H., GAGNON, R. et BELLEFLEUR, P. 1992.** Régénération après feu de l'épinette noire (*Picea mariana*) et du pin gris (*Pinus banksiana*) dans la forêt boréale, Québec. *Can. J. For. Res.* **22**: 474-481.
- STANEK, W. 1968.** Development of black spruce layers in Quebec and Ontario. *For. Chron.* **44**: 25-28.
- THIBEAULT, M. 1985.** Les régions écologiques du Québec méridional. Deuxième approximation. Carte 1: 250 000. Ministère de l'énergie et des ressources du Québec, Québec.
- THOMAS, P. A. et WEIN, R. W. 1985.** Delayed emergence of four conifer species on postfire seedbeds in eastern Canada. *Can. J. For. Res.* **15**: 727-729.
- THOMAS, P. A. et WEIN, R. W. 1990.** Jack pine establishment on ash from wood and organic soil. *Can. J. For. Res.* **20**: 1926-1932.
- VAN WAGNER, C. E., 1978.** Age-class distribution and forest fire cycle. *Can. J. For. Res.* **8**: 220-227.
- VIERECK, L. A. 1983.** The effects of fire in black spruce ecosystems of Alaska and northern Canada. In R. W. & D. A. Maclean (ed.). The role of fire in northern circumpolar ecosystems. SCOPE 18. John Wiley & Sons Inc., New York, pages 201-221.
- VINCENT, A. B. 1965.** Black spruce. A review of its silvics, ecology and silviculture. Canadian Department Forestry, Publication 1100.
- VOGL, R. J. 1977.** Fire frequency and site degradation. USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. WO-3: 193-201.
- WEIN, R. W. 1983.** Fire behaviour and ecological effects in organic terrain. In "the role of fire in northern circumpolar ecosystems". Edited by R. W. and D. A. MacLean. SCOPE 18: 81-95.

**WILTON, W. C. 1963.** Black spruce seedfall immediately following fire. For. Chron.  
26: 477-479.