

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

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

**PAR
ROBERT SARRASIN
B.Sc. en biologie**

**DYNAMIQUE DE SAPINIÈRES ET DE PESSIÈRES BORÉALES
SUR UNE PÉRIODE DE 40 ANS APRÈS LA COUPE**

Novembre 1991



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 compilation et l'analyse de données de neuf places-échantillons permanentes établies avant la coupe totale par la compagnie Abitibi-Price limitée, a permis de retracer la dynamique après coupe de certaines pessières et sapinières. Les coupes ont été effectuées entre 1942 et 1951 et les places-échantillons ont été suivies jusqu'en 1989, moment où a été effectué un nouvel inventaire comportant une récolte de section de tiges. Ont été étudiées plus particulièrement, grâce à un suivi d'une quarantaine d'années sur les même sites, deux sapinières dont les sapins baumiers (*Abies balsamea* (L.) Mill.) occupent plus de 80% et pour deux autres, moins de 76% de la surface terrière totale du peuplement, ainsi que trois pessières dont les épinettes noires (*Picea mariana* (Mill.) BSP.) occupent plus de 87% et pour deux autres, moins de 70% de la surface terrière totale du peuplement. Les structures d'âges et les indices de croissance notés lors de l'analyse des tiges, montrent que la régénération après coupe des épinettes noires, des épinettes blanches (*Picea glauca* (Moench) Voss.), des sapins baumiers et des mélèzes laricins (*Larix laricina* (Du Roi) Koch.) est principalement assurée par des individus préétablis. Quant à la régénération du bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marsh.), elle est assurée par des individus installés près du moment de la coupe. Ceux-ci, bien que pouvant être très nombreux au sein de la régénération, ont subit dans les conditions étudiées, une mortalité importante et affichent un retard sur les autres essences, notamment le sapin baumier, dans son implantation dans le peuplement de retour. Les épinettes noires se régénèrent principalement par marcottage; les marcottes s'installant progressivement à mesure que le peuplement vieillit. Les semis de sapin baumier sont présents en grande quantité tout au long du développement du peuplement. Ils constituent une banque de régénération importante qui est proportionnelle au nombre de tiges marchandes de sapin présentes dans le peuplement. Cependant, cette continue et abondante régénération de sapin baumier subit une importante mortalité. Les semis de sapin baumier profitent des ouvertures du couvert provoquées par des perturbations telles les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* Clem.) et la coupe pour se développer et devenir des arbres. Cependant, ces mêmes épidémies freinent l'abondance du sapin baumier en provoquant la mort de beaucoup de gaules et d'arbres marchands. Ainsi, malgré la présence continue d'une forte régénération en sapin baumier, celui-ci n'a pas envahi les pessières initiales, bien qu'il est augmenté sa proportion dans les deux pessières ayant initialement moins de 70% de leur surface terrière totale occupée par l'épinette noire. Les deux sapinières ayant initialement moins de 76% de leur surface terrière totale occupée par le sapin baumier ont perdu, après les quarantes ans étudiés, leur statut de sapinière au profit de celui de pessière. Les trois pessières, ayant initialement plus de 87% de leur surface terrière totale occupée par l'épinette noire, affichent un retour semblable au type de peuplement initial. Il en va de même pour une des sapinières ayant initialement plus de 80% de sa surface terrière totale occupée par le sapin baumier. L'autre sapinière a vu le bouleau à papier prendre une place importante dans le peuplement de retour.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier très sincèrement le Dr. Hubert Morin pour tout le soutien logistique et financier qu'il m'a offert au cours de cette recherche ainsi que pour ses précieux conseils et sa grande disponibilité. Je remercie également le Dr. Réjean Gagnon qui a contribué de façon importante aux aspects logistique et financier et qui a été mon inspirateur tout au long de mes études universitaires. Aussi, je remercie M. Viateur Beaulieu ing. f., M. Mauril Guimond tech. for. et la compagnie Abitibi-Price limitée pour leur accueil, leur disponibilité et pour l'information, indispensable à cette recherche, qu'ils ont rendu accessible.

Je remercie également M. Steven Bouchard biol., M. Germain Savard ing. for., M. Alain Bourgeois biol., M. Sylvain Morissette biol., M. Sylvain Cloutier biol. et M. Jean-Martin Lussier ing.f. qui ont participé avec enthousiasme aux relevés sur le terrain ainsi qu'à une partie de l'analyse des échantillons en laboratoire.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	ii
REMERCIEMENTS	iii
TABLE DES MATIÈRES	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
CHAPITRE I. INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE II. RÉGION ÉTUDIÉE.....	5
CHAPITRE III. MATÉRIEL ET MÉTHODES	8
3.1 Compilation des données de la compagnie Abitibi-Price limitée.....	9
3.2 Sélection des places-échantillons	9
3.3 Nouvel inventaire	10
3.4 Analyse des échantillons en laboratoire	10
CHAPITRE IV. RÉSULTATS	12
4.1 Les sapinières	13
4.1.1 Description des sites	13
4.1.2 Évolution des sites	16
4.1.3 Structures d'âge	26
4.1.3.1 Arbres.....	26
4.1.3.2 Régénération	26
4.2 Les pessières	32
4.2.1 Description des sites	32
4.2.2 Évolution des sites	35
4.2.3 Structures d'âge	45
4.2.3.1 Arbres.....	45
4.2.3.2 Régénération	45
CHAPITRE V. DISCUSSION.....	51
5.1 Acquisition des données	52
5.2 Anneaux diagnostiques.....	53
5.3 Évolution des sapinières et des pessières	53
5.3.1 Dynamique des bouleaux à papier	55
5.3.2 Dynamique des sapins baumiers.....	56

5.3.3 Dynamique des épinettes noires et épinettes blanches	57
5.4 Tordeuse des bourgeons de l'épinette et prépondérance du sapin	58
baumier dans les peuplements de retour.....	58
CHAPITRE VI. CONCLUSION	60
RÉFÉRENCES.....	63
ANNEXE 1	68

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Surface terrière totale des sapinières inventoriées avant l'ancienne coupe.....	13
Tableau 2.	Strates muscinale, herbacée et arbustive des sapinières inventoriées	14
Tableau 3.	Caractéristiques volumétriques avant coupe des sapinières inventoriées.....	15
Tableau 4.	Caractéristiques géographiques et de drainage des sapinières inventoriées.....	15
Tableau 5.	Caractéristiques pédologiques des sapinières inventoriées.	16
Tableau 6.	Évolution de la surface terrière totale des sapinières inventoriées.....	23
Tableau 7.	Surface terrière totale des pessières inventoriées avant l'ancienne coupe.....	32
Tableau 8.	Strates muscinale, herbacée et arbustive des pessières inventoriées.....	33
Tableau 9.	Caractéristiques volumétriques avant coupe des pessières inventoriées.....	34
Tableau 10.	Caractéristiques géographiques et de drainage des pessières inventoriées.....	34
Tableau 11.	Caractéristiques pédologiques des pessières inventoriées.....	35
Tableau 12.	Évolution de la surface terrière totale des pessières inventoriées.....	42
Tableau 13.	Nombre de tiges par hectare dans les sapinières révélé par les inventaires.....	69
Tableau 13.	Nombre de tiges par hectare dans les pessières révélé par les inventaires.....	70

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Carte de localisation géographique des sites étudiés	7
Figure 2. Évolution du nombre de tiges par hectare dans le site V	18
Figure 3. Évolution du nombre de tiges par hectare dans le site 20	19
Figure 4. Évolution du nombre de tiges par hectare dans le site IV	20
Figure 5. Évolution du nombre de tiges par hectare dans le site 44	21
Figure 6. Évolution de la surface terrière totale dans les sapinières à forte proportion de sapin	24
Figure 7. Évolution de la surface terrière totale dans les sapinières à faible proportion de sapin	25
Figure 8. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site V	28
Figure 9. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site 20	29
Figure 10. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site IV	30
Figure 11. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site 44	31
Figure 12. Évolution du nombre de tiges par hectare dans le site 12	37
Figure 13. Évolution du nombre de tiges par hectare dans le site 21	38
Figure 14. Évolution du nombre de tiges par hectare dans le site K	39
Figure 15. Évolution du nombre de tiges par hectare dans le site 15	40
Figure 16. Évolution du nombre de tiges par hectare dans le site J	41
Figure 17. Évolution de la surface terrière totale dans les pessières à forte proportion d'épinette	43
Figure 18. Évolution de la surface terrière totale dans les pessières à faible proportion d'épinette	44
Figure 19. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site 12	46
Figure 20. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site 21	47
Figure 21. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site K	48
Figure 22. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site 15	49
Figure 23. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site J	50

CHAPITRE I

INTRODUCTION

Les forêts jouent un rôle économique de premier plan au Québec. De grands efforts sont actuellement déployés afin de reconstruire notre patrimoine forestier; pensons seulement au reboisement. Pourtant, les peuplements forestiers ont réussi à assurer leur pérennité depuis 10 000 ans malgré de fréquentes et souvent importantes perturbations naturelles. Bon nombre de secteurs faisant parti des programmes de coupe actuels dans la forêt publique possèdent une abondante régénération préétablie, composée principalement de sapins baumiers (*Abies balsamea* (L.) Mill.) et d'épinettes noires (*Picea mariana* (Mill.) BSP.), ces dernières sous forme de marcottes (Doucet 1988). Et même si l'on assiste souvent à une augmentation de la distribution de la régénération résineuse dans les premières années qui suivent la coupe, il n'en demeure pas moins que la majorité de la reproduction est déjà installée avant la coupe (Frisque *et al.* 1978). La nature de la régénération qui produira le futur peuplement mature sera dépendante du mode d'exploitation qui détruira ou protégera cette régénération préétablie (Staneck 1975, Doucet 1988).

Toutes les tentatives de modèles théoriques pour prédire le retour du peuplement mature à partir du coefficient de distribution de la régénération présente ont échoué (Ghent 1969). Cet échec vient entre autre du fait que la longévité très élevée des arbres rend les observations actuelles des mécanismes de la dynamique des forêts difficiles et laisse place à beaucoup d'interprétations. La difficulté d'étudier la dynamique des populations d'arbres tend à réduire la compréhension du fonctionnement des écosystèmes forestiers qui répondent aux perturbations naturelles ou anthropiques (West *et al.* 1981). Jusqu'à maintenant, les études qui ont suivi l'évolution de peuplements forestiers durant plusieurs dizaines d'années sur les mêmes sites à partir d'avant la coupe sont relativement peu nombreuses (Doucet 1988). Ceci souligne l'importance de la poursuite de recherches afin d'acquérir une bonne connaissance de la dynamique des peuplements forestiers. Une étude récente, couvrant une période de 50 ans, a fait un pas en ce sens en compilant des données d'inventaire de places-échantillons permanentes de la compagnie Abitibi-Price limitée (Vézina et Falardeau 1988). Ces places-échantillons permanentes ont été établies avant la coupe puis mesurées à une dizaine de reprises à intervalles de 5 ans après la coupe. Ces parcelles furent établies et suivies de 1939 à 1979 dans le but de suivre l'évolution des secteurs de coupe à l'époque du système des concessions forestières. L'étude de Vézina et Falardeau indique que les peuplements de conifères en région boréale ayant subi une coupe

à blanc entre 1930 et 1940 se sont régénérés en conservant, 50 ans plus tard, sensiblement les mêmes caractéristiques de composition en essences et en volume marchand, à l'exception du peuplement pur d'épinettes noires. De plus, dans les peuplements de sapins-épinettes, la coupe à blanc semblerait favorisé la régénération du sapin; tel que suggéré par certains auteurs (Blais 1983, Hardy *et al.* 1983). La véritable pluie annuelle de semences provenant des cônes se décortiquant après leur maturation, et la rapidité avec laquelle les semences développent leur système racinaire font en sorte que le sapin baumier possède une capacité de reproduction plus grande que les épinettes et pins lors de perturbations autres que les feux de forêts (Fowells 1965; Ghent 1969). Cependant, à cause de leur écorce mince, de leur enracinement superficiel et de l'inflammabilité de leurs aiguilles, les sapins de tous âges et de toutes grosseurs sont facilement tués par le feu. Contrairement aux pins et épinettes, les semences ne sont pas protégées par les cônes qui sont non sérotineux et qui libèrent leurs graines aussitôt à maturité, elles sont donc détruites lors du feu et le sapin a besoin de survivants afin d'assurer sa régénération.

Le présent exercice a pour but de poursuivre et d'approfondir l'étude de la dynamique de peuplements forestiers boréaux après coupe à partir d'un suivi de plusieurs décennies sur un même site. Pour ce faire, les données d'inventaire de la compagnie Abitibi-Price limitée de quelques places-échantillons sélectionnées, ont été analysées conjointement avec des données dendrochronologiques récoltées sur ces mêmes sites en 1989. Un examen approfondi des résultats obtenus par plusieurs techniques d'études donne une interprétation beaucoup plus précise, chaque technique constituant une fenêtre d'observation différente nous laissant entrevoir des aspects particuliers d'une même réalité (Lorimer 1985). C'est pourquoi, afin de retracer l'histoire du peuplement et de suivre l'évolution de la régénération, des distributions de fréquences du nombre de tiges par hectare pour chaque espèce arborescente, des structures d'âge (Lorimer 1980, Stewart 1986, Veblen *et al.* 1989) et des indices de croissance ont été utilisés. L'établissement de structures d'âges a entre autre permis de valider les inventaires de la compagnie Abitibi-Price limitée et d'apporter des informations supplémentaires sur la dynamique des peuplements. Les données de la compagnie Abitibi-Price limitée concernant le nombre de tiges par hectare pour chaque espèce arborescente sont particulièrement précieuses parce qu'elles sont difficiles à obtenir pour un chercheur débutant une recherche étant donné la période de temps qu'il faut pour les accumuler, et aussi parce que certaines de ces

informations disparaissent aux analyses ultérieures. En effet, des événements comme la mortalité de semis ou de gaules au cours de l'évolution du peuplement ne sont pas détectables lorsque l'on effectue un seul échantillonnage dendrochronologique.

Cette étude a donc été entreprise avec des hypothèses s'énonçant comme suit. Les coupes effectuées entre 1942 et 1951, de par le type d'équipements, les méthodes utilisées, et les saisons de certaines opérations d'exploitation, s'apparentaient à des coupes à blanc avec protection de la régénération. Ainsi, la régénération préétablie épargnée se retrouve au centre de la dynamique de la reconstitution des peuplements étudiés. La régénération d'épinette noire serait principalement constituée de marcottes et celle de sapin baumier, de semis. La régénération en sapin baumier et en épinette noire dépendra de la présence avant la coupe d'arbres de la même espèce. Cependant, la coupe à blanc pourrait conduire à une augmentation substantielle du sapin baumier dans les nouveaux peuplements. Les peuplements de retour devraient retrouver leur composition initiale ou encore devraient posséder une proportion plus élevée de sapin baumier.

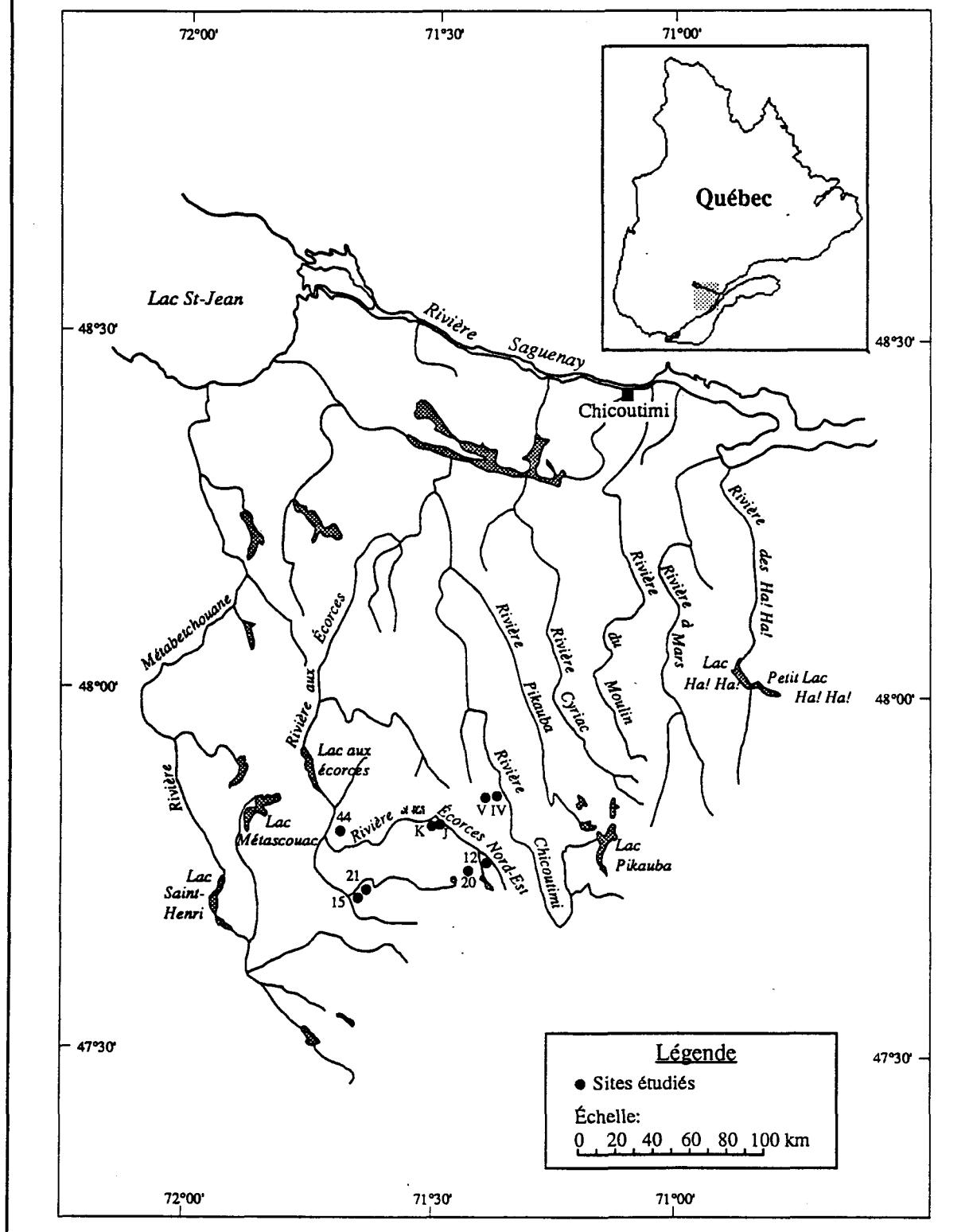
CHAPITRE II

RÉGION ÉTUDIÉE

De toutes les places-échantillons permanentes et semi-permanentes que possédait la compagnie Abitibi-Price limitée, environ 186 se situent dans la zone boréale, dans la partie nord de la réserve faunique des Laurentides, dans l'unité de gestion Saguenay-sud (21) du Ministère des Forêts du Québec. Le territoire étudié s'étend d'est en ouest du Grand Lac Pikauba au lac aux Écorces ($71^{\circ}05'$ à $71^{\circ}45'$ de longitude), et sur l'axe nord-sud, du Lac Kénogami au lac Jacques-Cartier ($48^{\circ}20'$ à $47^{\circ}40'$ de latitude) (figure 1). Bon nombre de places-échantillons sont réparties le long de routes provinciales (routes 169 et 175) ou de chemins forestiers importants entretenus par le Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche.

Plus précisément, les neuf places-échantillons sélectionnées pour l'étude sont localisées entre la rivière Chicoutimi à l'est et la rivière aux Écorces à l'ouest. Les limites nord-sud se trouvent entre la rivière aux Écorces nord-est au nord et la rivière aux Écorces du milieu au sud. Ce secteur fait parti de la région écologique des moyennes laurentides dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc (Thibault 1985). Ce secteur n'est malheureusement pas couvert par les inventaires écologiques de Jurdant *et al.* (1972). La flore de cette région fait parti de l'immense contrée du Bouclier précambrien et est conditionnée par la nature acide uniforme des roches affleurantes, et le climat relativement froid. Il en résulte une flore plutôt pauvre quant au nombre des espèces, mais riche en plantes lacustres et en oxylo-xérophytées: Composées, Éricacées, Graminées, Cypéracées, Gymnospermes (Victorin 1964). On retrouve comme végétation arborescente sur les sites étudiés, des sapins baumiers (*Abies balsamea* (L.) Mill.), des épinettes noires (*Picea mariana* (Mill.) BSP.), des bouleaux à papier (*Betula papyrifera* Marsh.), des mélèzes laricins (*Larix laricina* (Du Roi) Koch.), des épinettes blanches (*Picea glauca* (Moench) Voss.), et des Peupliers faux-trembles (*Populus tremuloides* Michx.). La flore muscinale, herbacée et arbustive est, quant à elle, généralement composée de *Ptilium sp.*, *Sphagnum sp.*, *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G., *Polytricum sp.*, *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Dicranum sp.*, *Rubus idaeus* L., *Cornus canadensis* L., *Chiogenes hispidula* (L.) T.&G., *Lycopodium obscurum* L., *Clintonia borealis* (Ait.) Raf., *Maianthemum canadense* Desf., *Oxalis montana* Raf., *Kalmia angustifolia* L., *Ledum groenlandicum* Retzius, *Amelanchier sp.* et *Vaccinium sp.*. Les dépôts

Figure 1. Carte de localisation géographique des sites étudiés.



CHAPITRE III

MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Compilation des données de la compagnie Abitibi-Price limitée

La compagnie Abitibi-Price limitée possédait des places-échantillons permanentes établies avant la coupe puis mesurées à une dizaine de reprises à intervalles de 5 ans après la coupe. Ces parcelles furent établies et suivies de 1939 à 1979 dans le but de suivre l'évolution des secteurs de coupe à l'époque du système des concessions forestières. Toute l'information, compilée mais non analysée, est conservée en archive par la compagnie. Les places-échantillons sont d'une dimension de 0,2 hectare. Tous les arbres marchands (tiges de 10 centimètres et plus au D.H.P. ou diamètre à hauteur de poitrine, soit à 1,30 mètre au-dessus du plus haut niveau du sol) et les gaules (tiges de 1 à 9 cm au D.H.P.) sont dénombrés par essence et classe de diamètre de 2 cm. A l'intérieur de la place-échantillon, on avait établi vingt petites parcelles totalisant 0,0125 hectare, où la régénération était dénombrée par essence et répartie dans sept classes de hauteur. Les données disponibles chez la compagnie Abitibi-Price limitée concernant les parcelles échantillons permanentes, ont été recopiées sur support informatique, puis compilées et regroupées selon les années de coupe et les types de peuplement avant coupe.

3.2 Sélection des places-échantillons

Une sélection parmi une quarantaine des plus vieilles places-échantillons permanentes (0,2 ha) de la compagnie Abitibi-Price limitée dans la réserve faunique des Laurentides a été faite selon des critères de type de peuplement avant coupe et d'accessibilité. Il était recherché des sapinières et des pessières où la présence de l'espèce dominante était particulièrement forte et à l'inverse des sapinières et des pessières où la présence de l'espèce dominante était plus faible. De plus, les sites répondant à cette première sélection devaient être raisonnablement accessible par voie terrestre. Seulement neuf places-échantillons établies de 1942 à 1951 ont répondu aux critères exposés plus haut et ont donc été conservées. Elles regroupent quatre types de peuplement, 2 sapinières avec sapins baumiers occupant plus de 80% de la surface terrière totale du peuplement, 2 sapinières avec sapins baumiers occupant moins de 76% de la surface terrière totale du peuplement, 3 pessières avec épinettes noires occupant plus de 87% de la surface terrière totale du peuplement et 2 pessières avec épinettes noires occupant moins de 70% de la surface terrière totale du peuplement. Ces places-échantillons ont été identifiées par la

compagnie Abitibi-Price limitée par des lettres ou des nombres en chiffres romains ou arabes. Ainsi, les neuf sites retenus pour cette recherche sont identifiés par les symboles suivants: 12, 15, 20, 21, 44, J, K, IV et V.

3.3 Nouvel inventaire

Un nouvel inventaire forestier a été réalisé en 1989, suite à ceux de la compagnie Abitibi-Price limitée. Il a permis de retracer l'évolution de la régénération pour chaque site. Trois classes ont été utilisées pour le dénombrement des tiges; la régénération regroupant les individus de moins de 1 cm au D.H.P., les gaules regroupant les individus ayant un D.H.P. compris entre 1 cm et 9 cm et les tiges marchandes regroupant les perches et les fûts, soit les individus de plus de 9 cm au D.H.P. Des données concernant la pente, l'orientation, l'altitude, le drainage, le type d'humus et l'épaisseur, la texture du sol et la pierrosité, furent recueillies afin d'effectuer une caractérisation géographique et pédologique de chaque site. Afin de déterminer l'origine et le développement des peuplements, la structure d'âge des individus a été effectuée à partir d'un sous-échantillonnage à l'intérieur de chaque place-échantillon (Lorimer, 1985). Noter que ce sous-échantillonnage utilisait une classification différente des individus comme décrite ci-après. Cette sous-parcelle, localisée dans un secteur représentatif de l'ensemble de la place-échantillon permanente, avait une dimension variable selon les sites: 200 m² sur le site 44 pour les arbres (individus ayant un D.H.P. de 2,5 cm et plus) et la régénération (tiges de moins de 2,5 cm au D.H.P. comprenant les semis, marcottes, drageons et rejets de souche), 50 m² à 75 m² pour les arbres ainsi que 3,75 m² à 25 m² pour la régénération pour tous les autres sites. Ces dimensions étaient fixées afin de permettre de récolter une soixantaine d'arbres vivants ou morts et une centaine d'individus composant la régénération. L'échantillonnage a été fait en abattant les arbres de toutes les espèces tout en prenant soin de prélever une section à la base au niveau du sol, et en récoltant la régénération.

3.4 Analyse des échantillons en laboratoire

L'âge des rondelles de bois ramenées au laboratoire a été déterminé en comptant le nombre d'anneaux de croissance. Toutes les variations et anomalies de croissance visibles

ont été notées; cernes annuels étroits ou larges, discontinuités dans le lien entre les cellules ligneuses constituant un anneau de croissance, changement brusque du patron de largeur des cernes annuels. Ces données ont permis d'ajuster l'âge des individus morts et des sapins fortement affectés par la tordeuse, présentant des cernes manquants, par interdatation (Morin 1990). Cette technique consiste à faire correspondre d'un échantillon à l'autre les indices, ou cernes diagnostiques, préalablement notés. Généralement, deux de ces indices, qui pouvaient être de même type, ont été utilisés pour dater un échantillon. L'âge de la régénération a été déterminé en laboratoire d'après le compte des anneaux de croissance et/ou des cicatrices laissées par les écailles du bourgeon terminal. L'origine de la régénération (marcotte, semis, drageon, rejet de souche) a été notée pour chaque individu lors de la récolte sur le terrain.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS

4.1 Les sapinières

4.1.1 Description des sites

Les sapinières sélectionnées sont réparties, selon la proportion de sapin sur le site avant la coupe il y a plus de quarante ans, en sapinière à forte proportion initiale de sapin (plus de 80% de la surface terrière totale du peuplement) et en sapinière à faible proportion initiale de sapin (moins de 76% de la surface terrière totale du peuplement). Les données de la compagnie Abitibi-Price limitée ne précisait que le genre et non l'espèce des arbres sur les sites inventoriés durant 40 ans. Il a été assumé au départ de cette recherche que les épinettes étaient des épinettes noires (*Picea mariana* (Mill.) BSP), que les bouleaux étaient des bouleaux à papier (*Betula papyrifera* Marsh.) et que les sapins étaient des sapins baumiers (*Abies balsamea* (L.) Mill.).

Tableau 1. Surface terrière totale des sapinières inventoriées avant l'ancienne coupe.

Site	sapin baumier	épinette noire	bouleau à papier
% de surface terrière			
sapinières à forte proportion de sapin			
V	92	2	5
20	82	4*	15
sapinières à faible proportion de sapin			
IV	75	24	1
44	57	25	18

*épinettes blanches et noires

Les échantillonnages que nous avons effectués en 1989 ont confirmé cette hypothèse à l'exception du site 20 où les épinettes étaient en majorité des épinettes blanches (*Picea glauca* (Moench)Voss), bien que des épinettes noires étaient aussi présentes sur le site.

Tableau 2. Strates muscinale, herbacée et arbustive des sapinières inventorierées.

	Sapinières à faible proportion de sapin		Sapinières à forte proportion de sapin	
	Site IV	Site 44	Site V	Site 20
Strate muscinale				
<i>Ptilium sp.</i>			X	
<i>Sphagnum sp.</i>	X			X
<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) B.S.G.			X	
<i>Polytrichum sp.</i>	X	X	X	X
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	X	X	X	X
<i>Dicranum sp.</i>				X
Strate herbacée				
<i>Rubus idaeus</i> L.			X	
<i>Cornus canadensis</i> L.	X	X	X	X
<i>Chiogenes hispidula</i> (L.) T.&G.	X	X	X	X
<i>Clintonia borealis</i> (Ait.) Raf.	X	X		
<i>Maianthemum canadense</i> Desf.		X		
<i>Oxalis montana</i> Raf.			X	X
Strate arbustive				
<i>Kalmia angustifolia</i> L.		X		
<i>Amélanchier sp.</i>		X		
<i>Vaccinium sp.</i>		X		

Le tableau 1 décrit la composition en essence des sapinières avant la coupe. Un relevé de la végétation non-arborescente a été fait en 1989 lors du nouvel inventaire. La flore est essentiellement boréale et caractéristique de la forêt coniféenne (tableau 2). Les volumes marchands totaux avant la coupe sont supérieurs sur les sites à forte proportion de sapin (tableau 3). Malheureusement, l'âge du peuplement avant la coupe n'est pas connu.

Tableau 3. Caractéristiques volumétriques avant coupe des sapinières inventoriées.

Site	Année de la coupe	sapin baumier	épinette noire	bouleau à papier	Total
Volume marchand (m ³ /ha)					
sapinières à forte proportion de sapin					
V	1949	221,08	11,89	16,04	249,01
20	1946	176,28	9,99*	30,24	216,52
sapinières à faible proportion de sapin					
IV	1949	66,30	37,59	1,96	105,85
44	1951	91,19	53,22	36,85	181,25

*épinettes blanches et noires

Les sapinières inventoriées affichent des caractéristiques géographiques et de drainage très variables comme le montre le tableau 4, sauf pour l'exposition des pentes qui est généralement sud-est. La texture générale des sols dans les horizons B des sapinières inventoriées est un loam-sableux de pierrosité variable (tableau 5). L'humus est d'épaisseur variable et de type général mor.

Tableau 4. Caractéristiques géographiques et de drainage des sapinières inventoriées.

Site	Altitude (mètres)	Versant	Pente (%)	Exposition	Drainage
sapinières à forte proportion de sapin					
V	808	sommet	10	sud	bon
20	831	moyen	23	est	modérément bon
sapinières à faible proportion de sapin					
IV	739	bas	12	sud-est	imparfait
44	495	bas	10	sud-est	bon

Tableau 5. Caractéristiques pédologiques des sapinières inventoriées.

Site	Humus type	épaisseur (cm)	Texture du sol horizon B	Pierrosité quantité	Pierrosité dimension
sapinières à forte proportion de sapin					
V	mor	10	loam-sableux	faible	moyenne
20	mor	8	loam	abondante	petite
sapinières à faible proportion de sapin					
IV	mor	18	loam	faible	petite
44	mor	13	sable	nil	nil

Le type mor se distingue dans les sapinières où la présence d'épinettes est plus élevée par une décomposition moins avancée que dans les sapinières où la présence d'épinettes est moins élevée.

4.1.2 Évolution des sites

En consultant les figures 2 à 5 décrivant l'évolution du nombre de tiges par hectare, il est possible d'observer l'évolution du peuplement perturbé. De façon générale, les tiges marchandes des essences résineuses ont été entièrement récoltés et cela pour tous les sites. Il en va de même pour les gaules des essences résineuses, à l'exception du site 44 où des gaules d'épinette noire sont restés sur pied après la coupe.

Les individus composant la régénération de sapin baumier ont toujours été très abondants durant toute la période étudiée, que ce soit avant la coupe, comme après la coupe. En général, leur nombre se maintient tout au long du développement du peuplement sauf pour le site 44 qui affiche une baisse constante. Les gaules de sapin sont, dans tous les cas, disparus immédiatement après la coupe. On constate par la suite une augmentation de ces gaules sous forme de courbe semi-logarithmique pour atteindre un nombre égal ou plus élevé à celui avant la coupe. Enfin, on observe une lente régression de leur nombre après environ 25 ans suivant la coupe. La variation du nombre de tiges marchandes de sapin suit

le même cheminement que les gaules sauf que le nombre après coupe varie selon les sites, d'une valeur inférieure à celle avant coupe à une valeur supérieure. Bien qu'impossible, des tiges marchandes (plus de 9 cm au D.H.P) de sapin réapparaissent en moins de six ans après la coupe sur les sites IV et V, malgré que les gaules et les tiges marchandes aient toutes été récoltées au moment de la coupe. Les variations brusques et détonnantes que l'on observe dans les courbes d'évolution du nombre de tiges à l'hectare sont probablement causées par des différences de lectures entre observateurs de cas limites classés dans une classe de diamètre différente. Ces variations s'observent d'ailleurs lorsqu'il n'y a qu'un petit nombre de tiges et ne peuvent donc pas être amoindries par le nombre d'observations. Les autres sapinières prennent de 10 à 20 ans avant de supporter de nouvelles tiges marchandes de sapin. On peut observer aussi un fléchissement synchrone correspondant au relevé de 1958 dans les courbes des gaules et des tiges marchandes des sites IV et V.

Figure 2. Évolution du nombre de tiges à l'hectare dans le site V

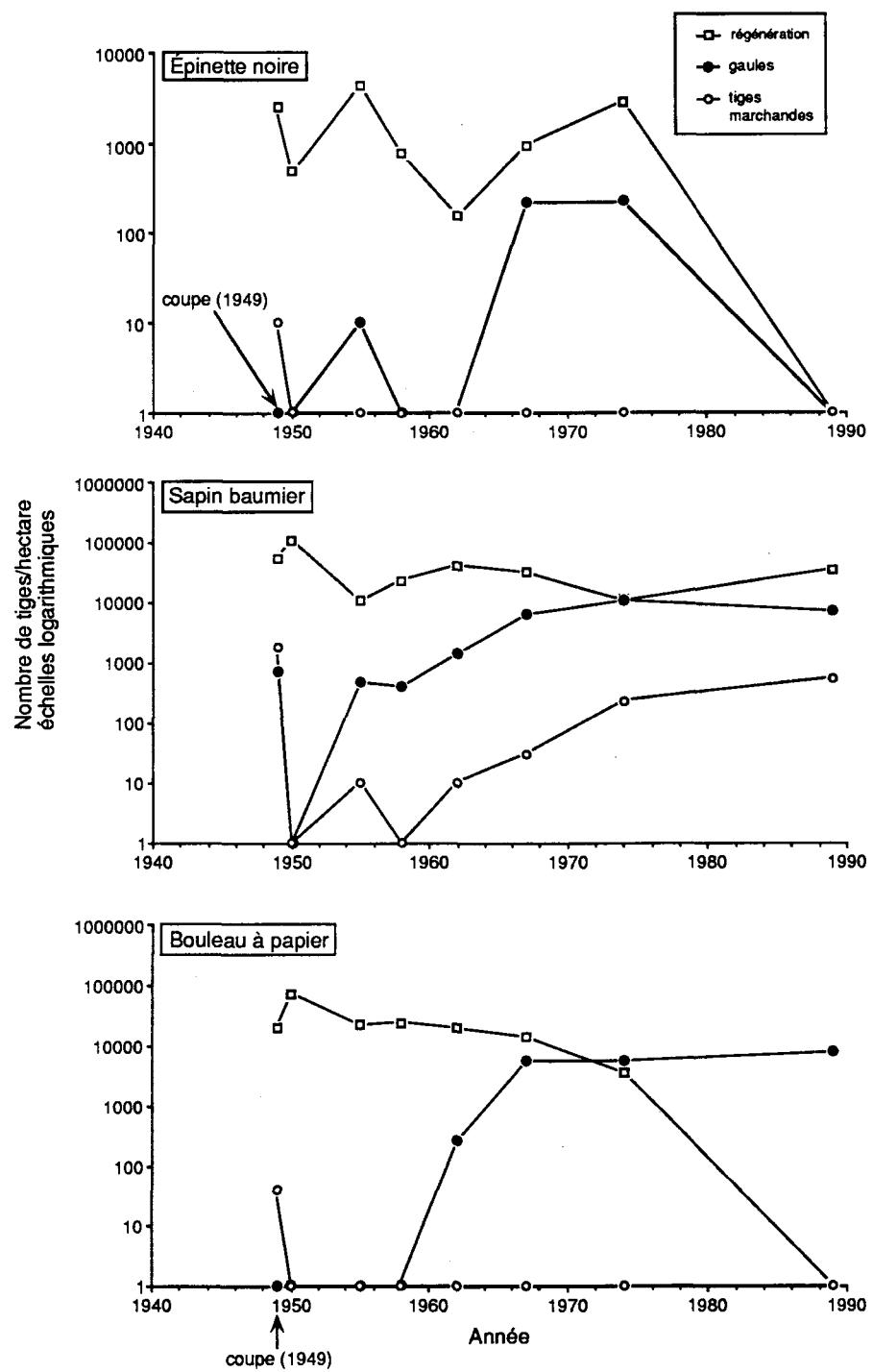


Figure 3. Évolution du nombre de tiges à l'hectare dans le site 20

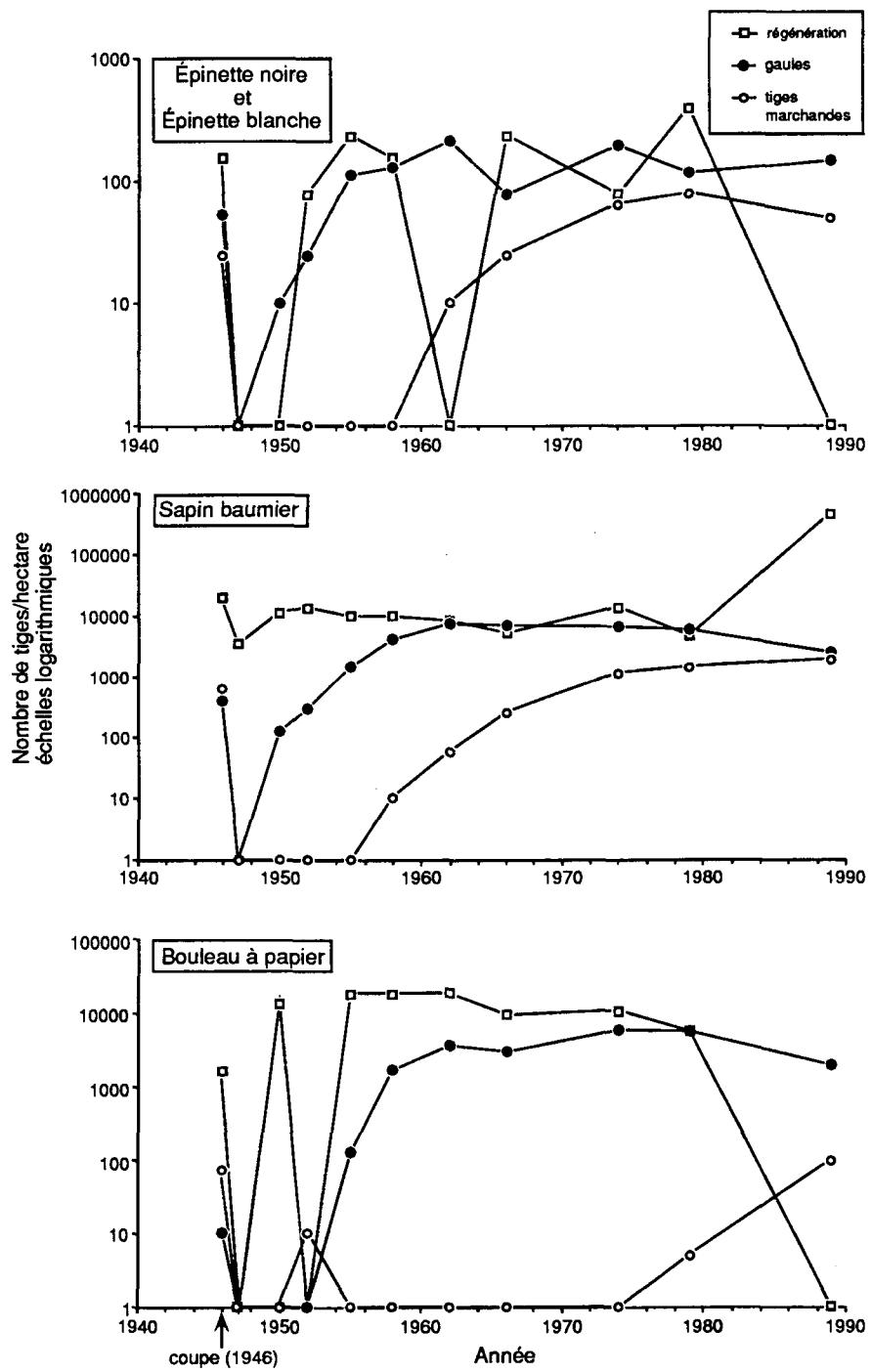


Figure 4. Évolution du nombre de tiges à l'hectare dans le site IV

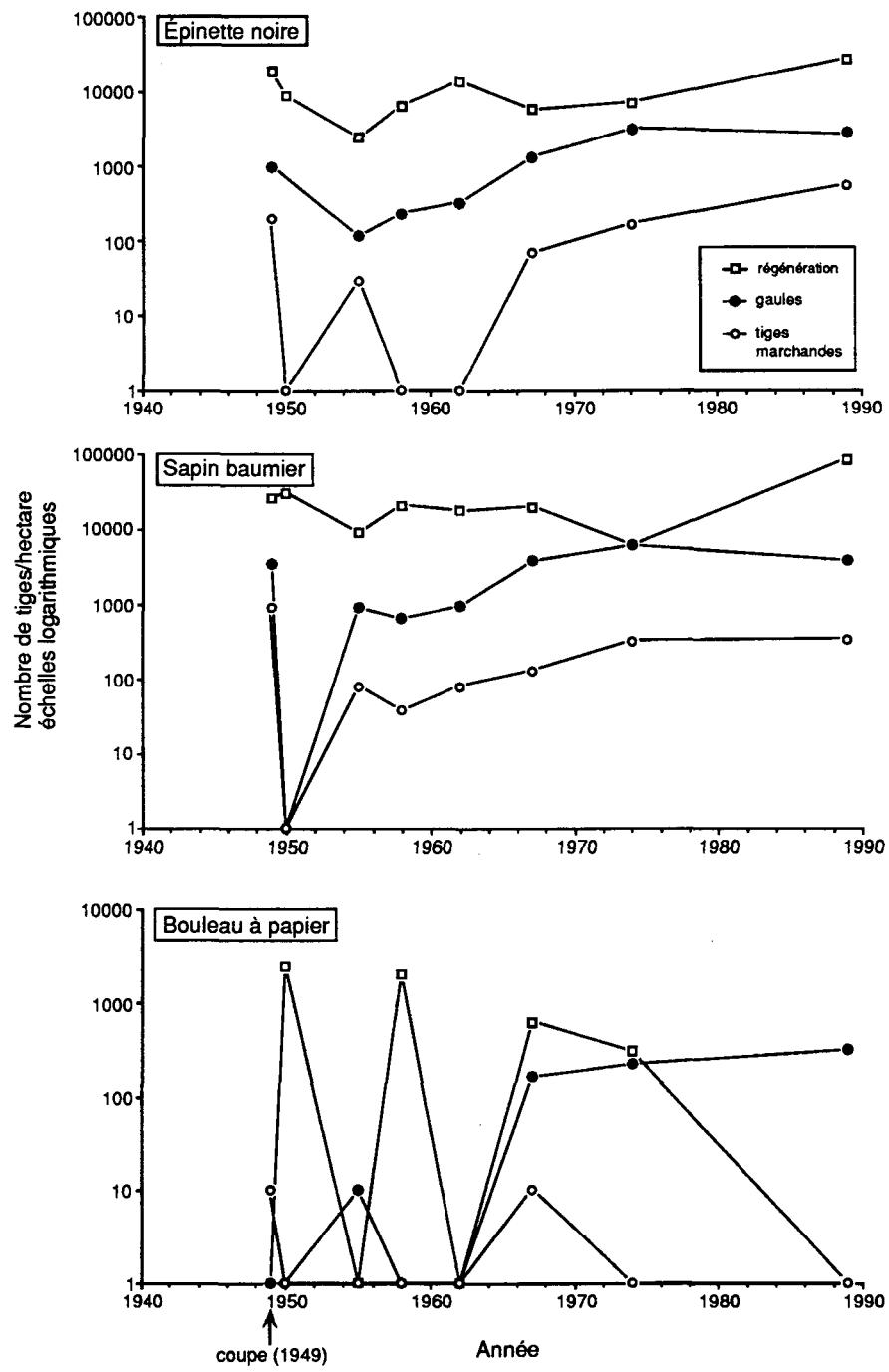
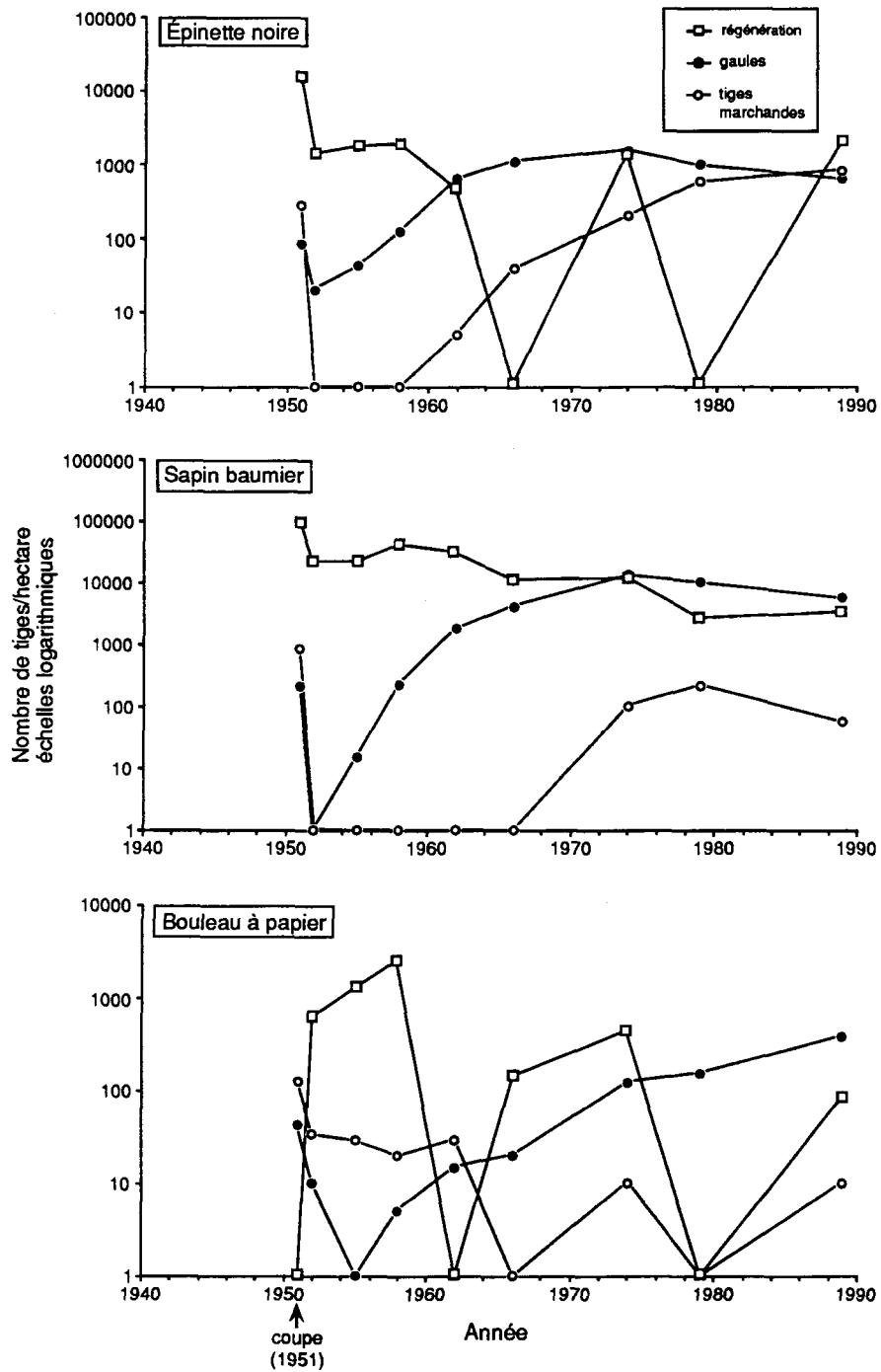


Figure 5. Évolution du nombre de tiges à l'hectare dans le site 44



De leur côté, le nombre d'épinettes dans la classe de la régénération affiche une baisse drastique pour les sites V et 20, soit les sites à forte proportion de sapin, au dernier relevé de 1989. Par contre, ils se maintiennent sur les sites IV et 44, bien que sur ce dernier site ils aient diminué en nombre immédiatement après la coupe pour ensuite se maintenir. Les gaules d'épinette affichent une augmentation de leur nombre après la coupe sous forme de courbe semi-logarithmique pour atteindre un nombre supérieur à celui avant la coupe. Il n'y a que le site V, dont la représentation en épinettes avant la coupe était faible, qui ne maintient pas sa présence en gaules d'épinette. Sur le site V, il y avait, avant la coupe, quelques individus dans la classe marchande. Aucun autre individu n'apparaît dans cette classe après la coupe. Les autres sites affichent une diminution du nombre de tiges marchandes par hectare immédiatement après la coupe. Par la suite, on observe une augmentation semi-logarithmique du nombre d'individus pour atteindre un niveau supérieur au nombre avant la coupe. Seul le site 20 affiche une légère régression du nombre de tiges marchandes enregistrés au dernier mesurage mais il demeure supérieur au nombre avant la coupe.

Le nombre d'individus composant la régénération des bouleaux est très élevé immédiatement après la coupe. Le nombre d'individus composant la régénération des bouleaux, en général, décline à partir d'une vingtaine d'années après la coupe. Le nombre de gaules de bouleau à papier est beaucoup plus abondant dans la période après coupe qu'avant coupe et ce, pour tous les sites. On observe ici aussi une augmentation semi-logarithmique. Les tiges marchandes, peu nombreuses avant la coupe, ont diminué constamment depuis la coupe pour le site 44, disparu pour les sites IV et V mais sont en augmentation linéaire à partir d'une vingtaine d'années après la coupe pour le site 20.

L'évolution des sapinières 40 ans après la coupe diffère selon la proportion d'épinettes dans le peuplement. Le tableau 6 indique que les sapinières à forte proportion de sapin ont évolué en augmentant la représentation du bouleau à papier pour le site V et en conservant sa composition initiale pour le site 20. Par contre, les sapinières à faible proportion de sapin ont vu la représentation du sapin diminuer au profit de l'épinette jusqu'à leur conversion en pessière. Bien que le site J ait subit cette conversion, la marge séparant les deux espèces dominantes est si faible qu'on devrait plutôt parler de codominance. Dans le

site 44, le bouleau à papier a perdu beaucoup de représentativité dans le peuplement de retour. Les figures 6 et 7 illustrent l'évolution des surfaces terrières totales dans les sapinières.

Tableau 6. Évolution de la surface terrière totale des sapinières inventoriées.

Site	sapin baumier		épinette noire		bouleau à papier	
	avant	1989	avant	1989	avant	1989
	% de surface terrière totale					
<i>sapinières à forte proportion de sapin</i>						
V	92	57	2	0	5	43
20	82	84	4	4	15	12
<i>sapinières à faible proportion de sapin</i>						
IV	75	44	24	53	1	3
44	57	39	25	57	18	4

L'évolution complète des volumes marchands tout au long de la période étudiée n'est pas présentée ici étant donné la faible quantité de tiges marchandes présentes avant le dernier relevé en 1989. Les volumes comptabilisés lors du dernier inventaire était encore relativement faible et n'apportaient guère de nouvelles informations pertinentes.

Figure 6. Évolution de la surface terrière totale dans les sapinières à forte proportion de sapin

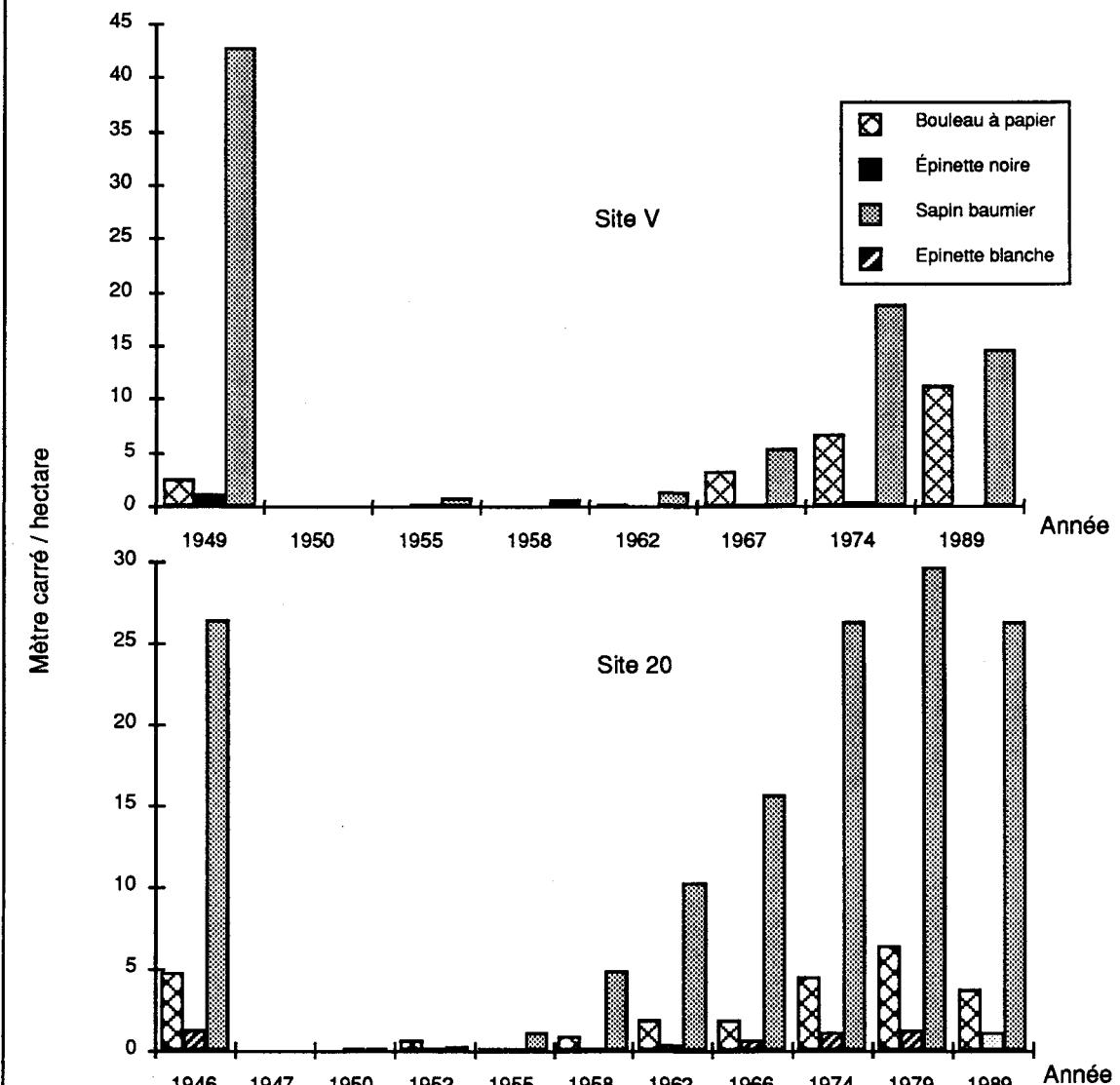
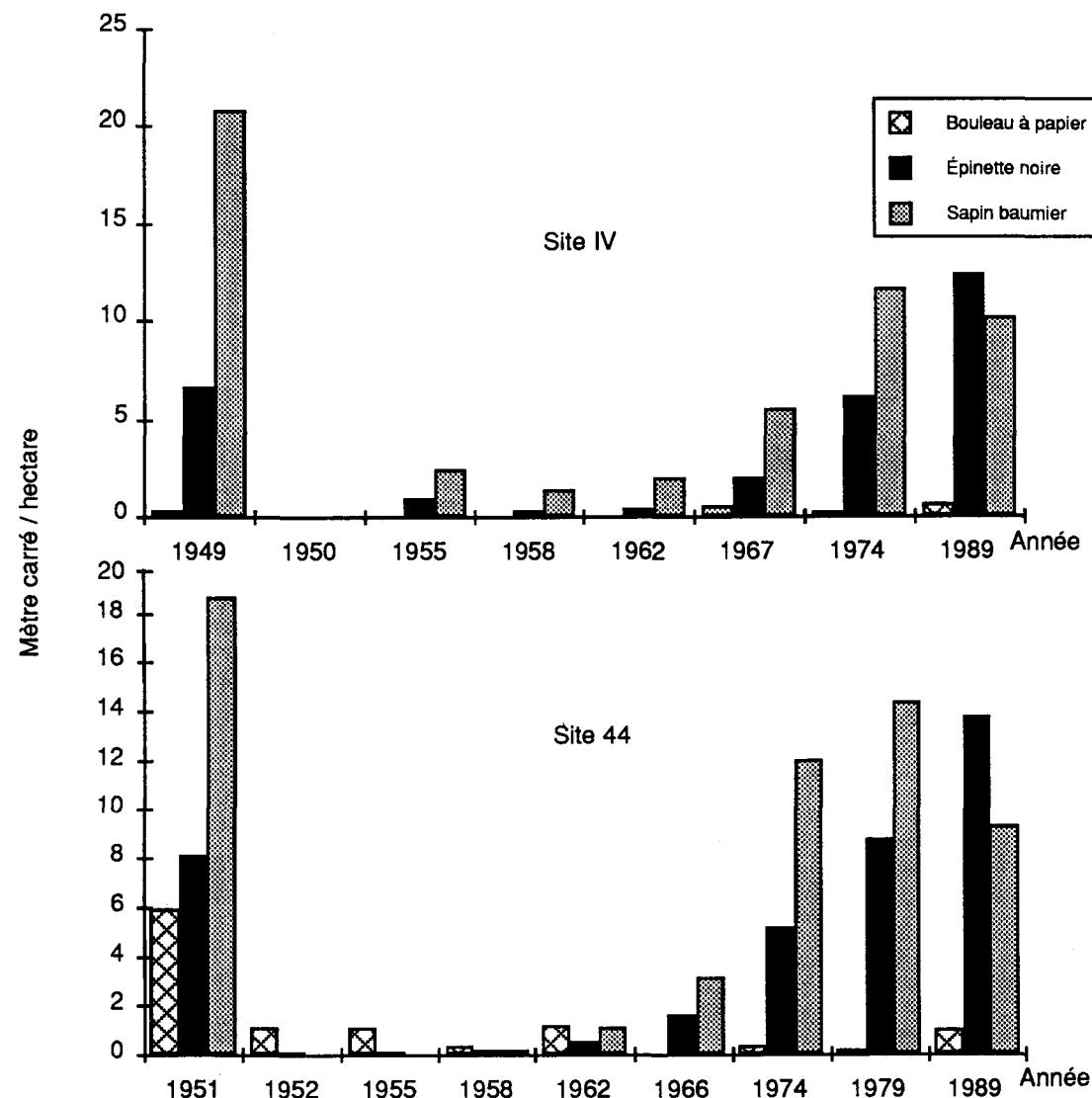


Figure 7. Évolution de la surface terrière totale dans les sapinières à faible proportion de sapin.



4.1.3 Structures d'âge

4.1.3.1 Arbres

La récolte de sections de tiges sur les arbres de 2,5 centimètres et plus au D.H.P. et les individus composant la régénération en 1989, a permis de construire les structures d'âge des sapinières. La détermination de l'âge exact des individus échantillonnés n'est jamais une certitude. Les premiers anneaux de croissance du nouvel individu peuvent facilement échappés à la récolte selon que la coupe ait été effectuée quelques centimètres trop haut. De plus, des anneaux manquants, dues à des épidémie de la tordeuse par exemple, sont quelquefois oubliés lors de l'analyse, bien que le procédé d'interdataction vient souvent corriger cette erreur. C'est pour tenir compte de cette imprécision qu'on utilise des classes de cinq ans pour construire les structures d'âge. On peut ainsi dire que bon nombre d'individus sont probablement légèrement plus vieux que ce que l'analyse nous révèle, bien que nous ne pouvons faire d'interprétation sérieuse que sur ce qui nous est concrètement révélé par l'analyse. Les figures 8 à 11 montrent que les arbres, pour toutes les essences présentes en 1989, proviennent d'individus installés depuis plusieurs années avant la coupe jusqu'à peu de temps après celle-ci. Les sites IV et V sont ceux dont l'installation est la plus tardive. Le bouleau à papier s'installe surtout au moment de la coupe ou peu de temps après. Le sapin baumier, à l'exception du site 20, affiche une recrudescence d'installation au moment de la coupe ou peu de temps après. Le site 20, quant à lui, affiche une recrudescence d'installation autour de l'année 1921. Les épinettes blanches du site 20 se sont installées entre 1909 et 1934. Les épinettes noires que l'on retrouve sur les sites IV et 44 s'installent depuis une quarantaine d'années avant la coupe jusqu'à dix ans après celle-ci; leur nombre s'accroît en suivant une courbe exponentielle de croissance caractéristique d'une installation par marcottage (Morin et Gagnon 1991).

4.1.3.2 Régénération

La régénération sexuée en semis d'épinette est presque absente sur les sites étudiés. Il n'y a que le site IV qui en affiche quelques représentants. Les semis de bouleau n'ont une représentation significative que sur le site V. On notera aussi que ces derniers ont tous le même âge. La récolte des échantillons a montré que les marcottes de sapin sont issues des semis. D'ailleurs les marcottes sont généralement moins âgées que les semis. On

remarquera que plusieurs individus, semis de sapin et marcottes d'épinette composant la régénération, peuvent être aussi âgés que des tiges marchandes du même peuplement. La régénération récoltée en 1989 pour le site 20 était presque entièrement composée d'une grande quantité de semis de sapin baumier âgés d'un an. Les plus vieux avaient 5 ans et ils étaient très peu nombreux. Pourtant, les inventaires ont continuellement dénombré de grandes quantités d'individus composant la classe de la régénération de sapin (figure 3). Le nombre d'individus présents dans la classe des gaules au cours de l'évolution du site, met en évidence que seulement certains semis sont, avec le temps, passés dans cette classe, les autres seraient morts. Finalement, on ne retrouve des épinettes, que ce soit sous forme de semis ou de marcottes que dans les sapinières à faible proportion de sapin.

Figure 8. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site V

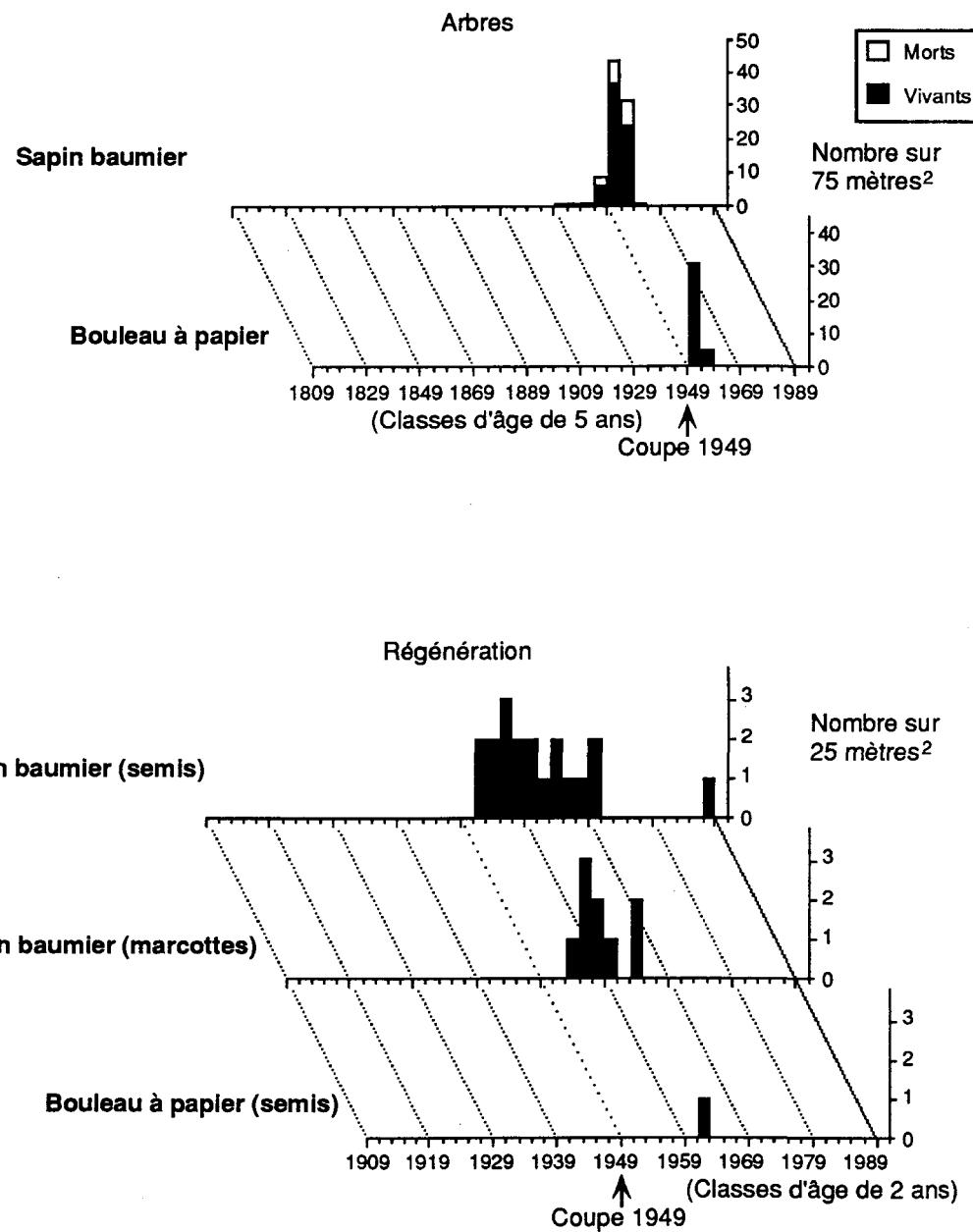


Figure 9. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site 20

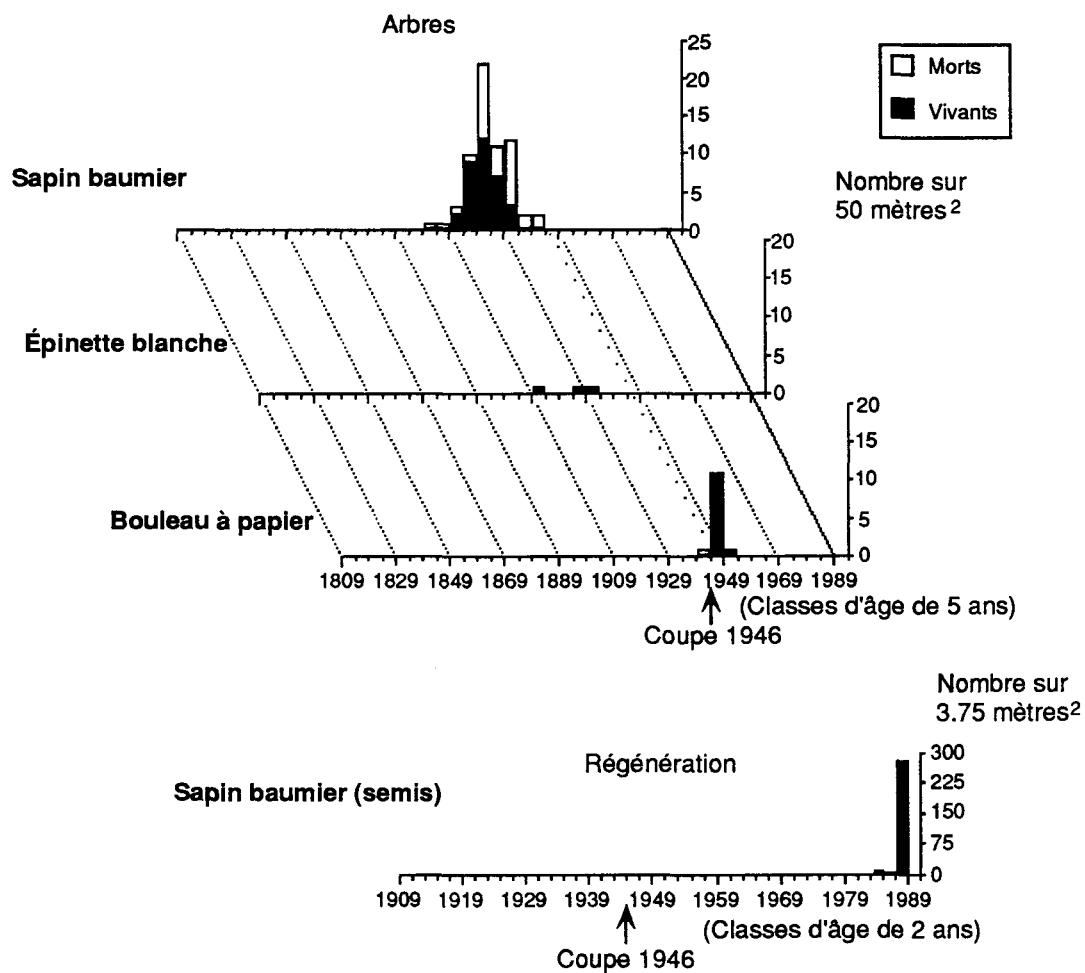


Figure 10. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site IV

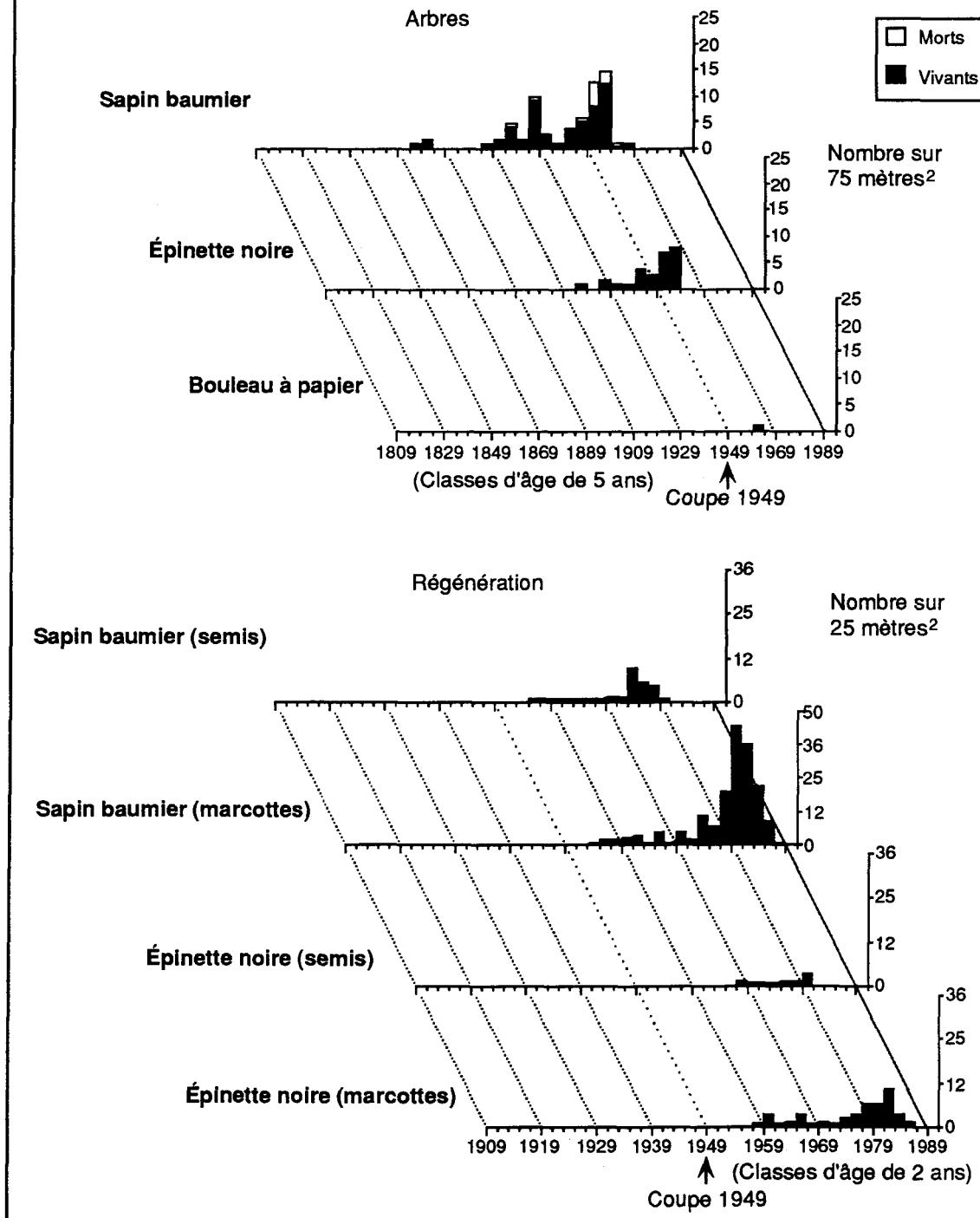
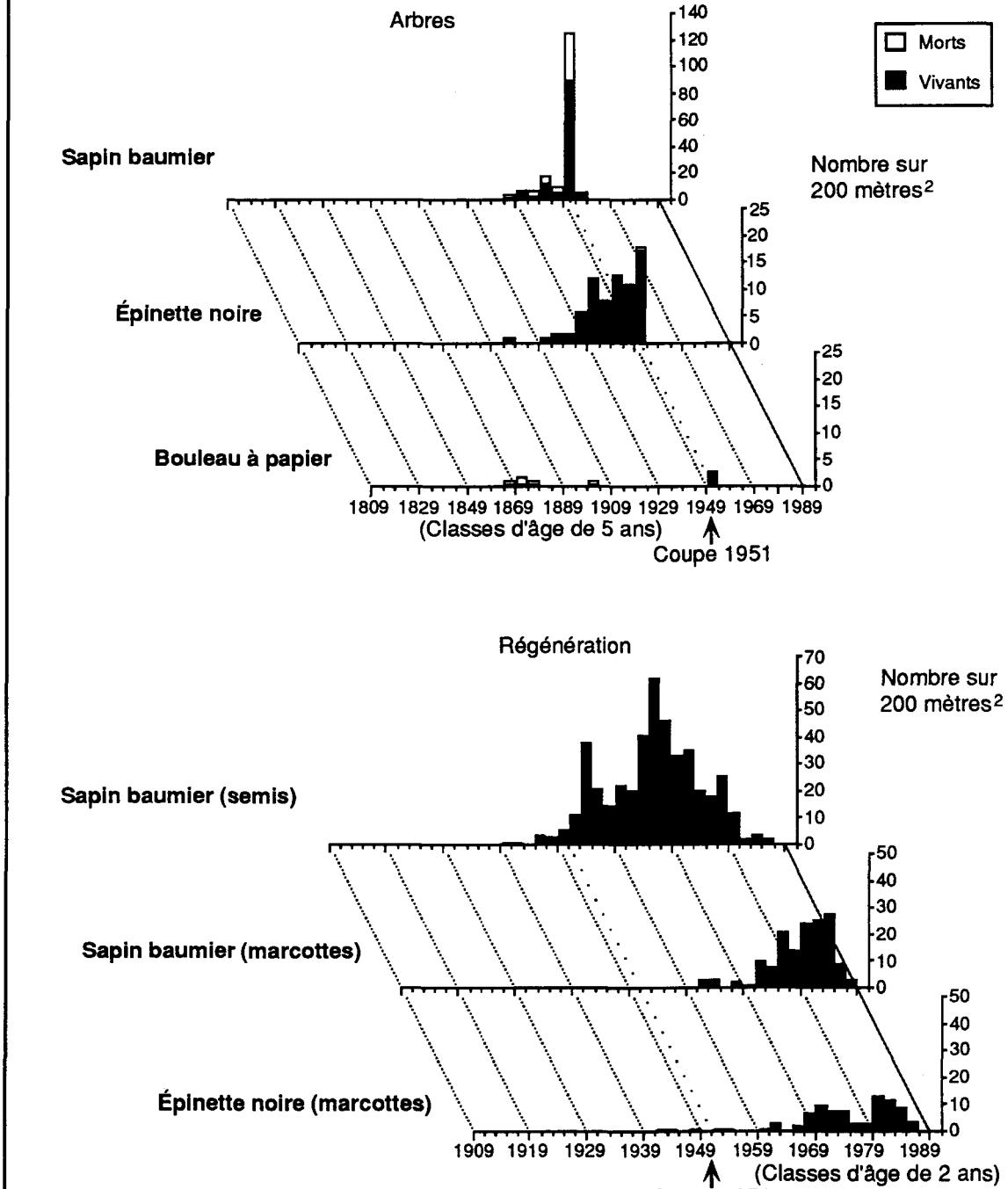


Figure 11. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site 44



4.2 Les pessières

4.2.1 Description des sites

Les pessières échantillonnées sont réparties, selon la proportion initiale d'épinettes sur le site avant les coupes d'il y a quarante ans, en pessières à forte proportion d'épinette (plus de 87% de la surface terrière totale du peuplement) et en pessières à faible proportion d'épinette (moins de 70% de la surface terrière totale du peuplement).

Tableau 7. Surface terrière totale des pessières inventoriées avant l'ancienne coupe.

Site	sapin baumier	épinette noire	bouleau à papier	% de surface terrière	
pessières à forte proportion d'épinette					
12	8	92	0		
21	11	88	2		
K	3	97	0		
pessières à faible proportion d'épinette					
15	25	68	6		
J	38	61	1		

Un relevé de la végétation non-arborescente a été fait en 1989 lors du nouvel inventaire. La flore est essentiellement boréale et caractéristique de la forêt coniférière (tableau 8). La couverture de neige présente sur le sol lors de l'échantillonnage des sites K et 12 (échantillonnés en automne), a empêché l'identification de la végétation qui s'y trouvait.

Tableau 8. Strates muscinale, herbacée et arbustive des pessières inventoriées.

	Pessières à faible proportion d'épinette		Pessière à forte proportion d'épinette
	J	15	21
Strate muscinale			
<i>Ptilium</i> sp.	X		X
<i>Sphagnum</i> sp.	X	X	X
<i>Hylocomium splendens</i> (Hedw.) B.S.G.	X		X
<i>Polytricum</i> sp.	X	X	X
<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt.	X	X	X
Strate herbacée			
<i>Rubus idaeus</i> L.		X	
<i>Cornus canadensis</i> L.	X	X	X
<i>Chiogenes hispidula</i> (L.) T.&G.	X	X	X
<i>Lycopodium obscurum</i> L.		X	
Strate arbustive			
<i>Kalmia angustifolia</i> L.			X
<i>Ledum groenlandicum</i> Retzius			X

Les volumes marchands totaux avant coupe sont variables d'un site à l'autre et d'une catégorie de pessière à l'autre. Le volume des pessières se compare à celui des sapinières. Malheureusement, l'âge des arbres et le degré de maturité du peuplement avant coupe ne sont pas connus.

Les pessières inventoriées affichent des caractéristiques géographiques et de drainage très variables comme le montre le tableau 10, sauf pour l'inclinaison des pentes qui est faible sur les sites à forte proportion d'épinette. Le tableau 11 indique que la texture générale des sols des pessières inventoriées est un loam-sableux de pierrosité variable, tout comme les sapinières. L'humus, de 8 à 15 centimètres d'épaisseur, est de type mor.

Tableau 9. Caractéristiques volumétriques avant coupe des pessières inventoriées.

Site	Année de la coupe	sapin baumier	épinette noire	bouleau à papier	Total
Volume marchand (m ³ /ha)					
pessières à forte proportion d'épinette					
12	1945	4,49	97,50	0	102,07
21	1946	9,63	231,39	3,02	244,04
K	1942	1,39	48,03	0	49,41
pessières à faible proportion d'épinette					
15	1945	41,59	206,64	13,77	262,00
J	1942	59,60	118,07	2,52	180,19

Tableau 10. Caractéristiques géographiques et de drainage des pessières inventoriées.

Site	Altitude (mètre)	Versant	Pente (%)	Exposition	Drainage
pessières à forte proportion d'épinette					
12	754	platière	4	sud	modérément bon
21	587	sommet	0		modérément bon
K	693	bas	0		pauvre
pessières à faible proportion d'épinette					
15	587	haut	18	nord-ouest	bon
J	724	moyen	9	sud-ouest	modérément bon

Tableau 11. Caractéristiques pédologiques des pessières inventoriées.

Site	Humus type	épaisseur (cm)	Texture du sol horizon B	Pierrosité quantité	Pierrosité dimension
pessières à forte proportion d'épinette					
12	mor	8	loam	nil	nil
21	mor	15	loam-sableux	abondante	petite
K	mor	13	loam-sableux	nil	nil
pessières à faible proportion d'épinette					
15	mor	13	sable	moyen	grosse
J	mor	13	loam-sableux	faible	petite

4.2.2 Évolution des sites

En consultant les figures décrivant l'évolution du nombre de tiges par hectare dans les pessières, il est possible d'observer l'évolution du peuplement perturbé. Sur tous les sites, les tiges marchandes des essences résineuses n'ont pas été entièrement récoltées, particulièrement les sapins.

La régénération de sapin baumier a toujours été très abondante durant toute la période étudiée, que ce soit avant la coupe, comme après la coupe. En général, le nombre d'individus se maintient tout au long du développement du peuplement, sauf pour le site K, qui affiche une baisse importante de la régénération de sapin au relevé de 1966. Les gaules de sapin ont, dans tous les cas, conservés leur représentation, contrairement aux sapinières. On constate cependant deux baisses dans le nombre de tiges par hectare, exception faite du site 12, correspondant aux deux épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette décrites ci-après. La variation du nombre de tiges marchandes de sapin suit le même cheminement que les gaules. Les tiges marchandes de sapin laissées sur place après la coupe sont toutes mortes lors de l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette qui a débuté quelques années plus tard, en 1947 (Blais 1965). Par la suite, les gaules de sapin survivants qui sont devenus des tiges marchandes sont toutes mortes sur les sites K, 21, 12 et 15 lors de l'épidémie de 1976 (Ministère de l'Énergie et des Ressources 1973-1989).

De leur côté, les individus composant la régénération d'épinette se maintiennent jusqu'au dernier relevé de 1989, où ils augmentent en nombre, à l'exception du site 21, où leur nombre demeure stable. Les gaules d'épinette disparaissent après la coupe sur les sites J, 21 et 15. Cependant, ils reviennent en force à partir d'une dizaine d'années après la coupe. Les gaules d'épinette atteignent, sur tous les sites en 1989, un nombre largement supérieur à celui d'avant la coupe. Dans les sites K et 15, quelques tiges marchandes d'épinette n'ont pas été abattus lors de la coupe. Elles meurent quelques années plus tard dans le site 15. Les tiges marchandes d'épinette mettent environ une vingtaine d'années à réapparaître dans le peuplement de retour.

Le nombre d'individus composant la régénération des bouleaux est peu abondant avant la coupe mais augmente substantiellement immédiatement après la coupe. En général, leur nombre décline à partir d'une vingtaine d'années après la coupe. Les gaules de bouleau à papier sont absents avant la coupe et ce, pour tous les sites. On observe une augmentation rapide de leur nombre durant une vingtaine d'années après la coupe pour ensuite plafonner ou encore légèrement diminuer. Les tiges marchandes, peu nombreuses, ou même absentes avant la coupe, selon les sites, ont disparu immédiatement après la coupe, ou peu de temps après, pour ne pas réapparaître durant la période étudiée. L'évolution des pessières 40 ans après la coupe s'est fait, en général, au détriment du sapin et du bouleau. Le tableau 12 indique que les pessières à forte proportion d'épinette et donc à faible proportion de sapin, ont évolué en augmentant la représentation des épinettes et en éliminant presque les sapins et les bouleaux. Le site 15 des pessières à faible proportion d'épinette a évolué de façon similaire, à l'exception du bouleau qui a repris une place similaire à celle qu'il avait avant la coupe. Par contre, le site J a conservé et même légèrement augmenté sa représentativité en sapins pendant que l'épinette diminuait légèrement. Le bouleau à papier a perdu beaucoup de représentativité dans les peuplements à l'exception du site 15.

Figure 12. Évolution du nombre de tiges par hectare dans le site 12

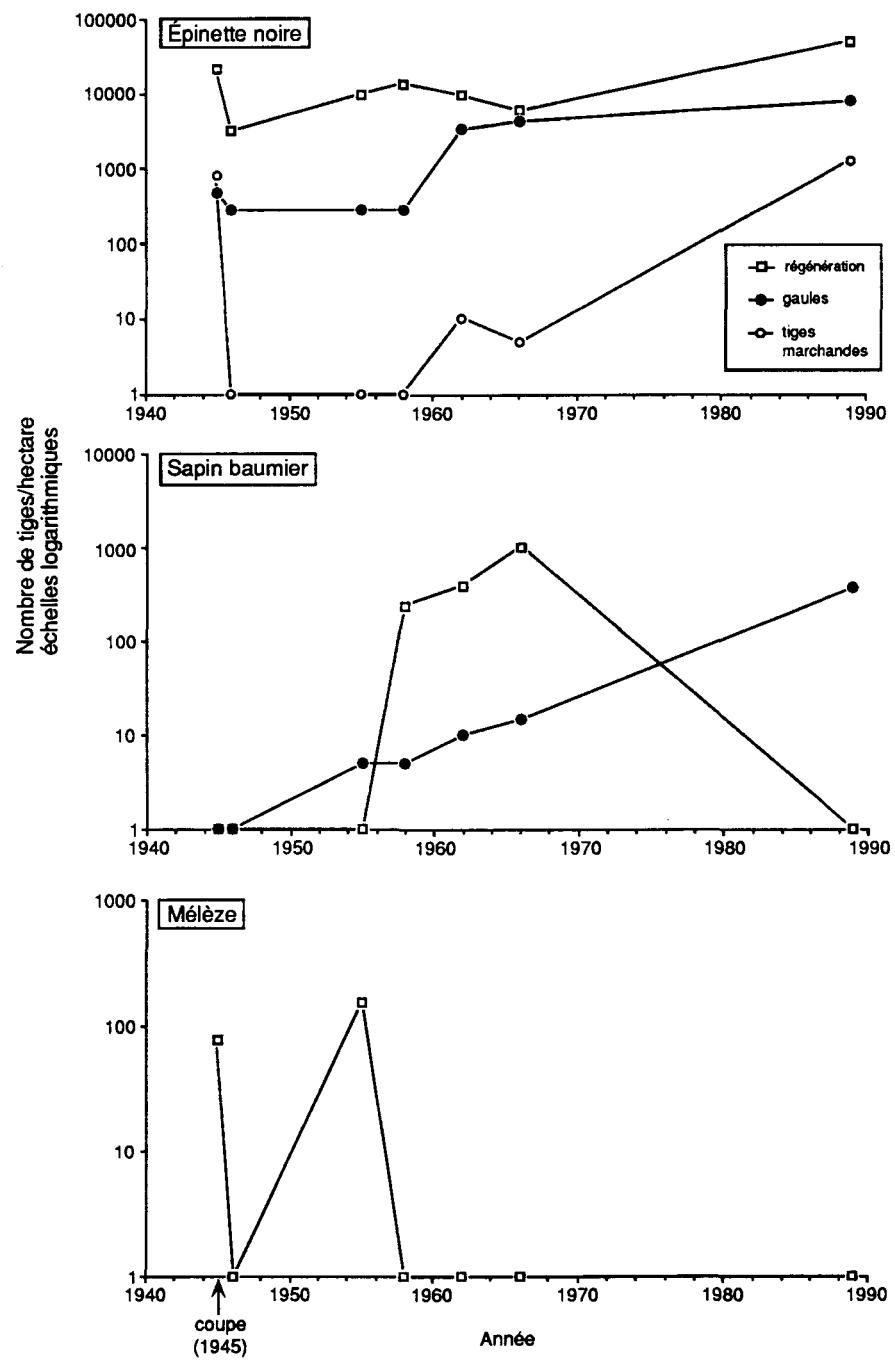


Figure 13. Évolution du nombre de tiges par hectare dans le site 21

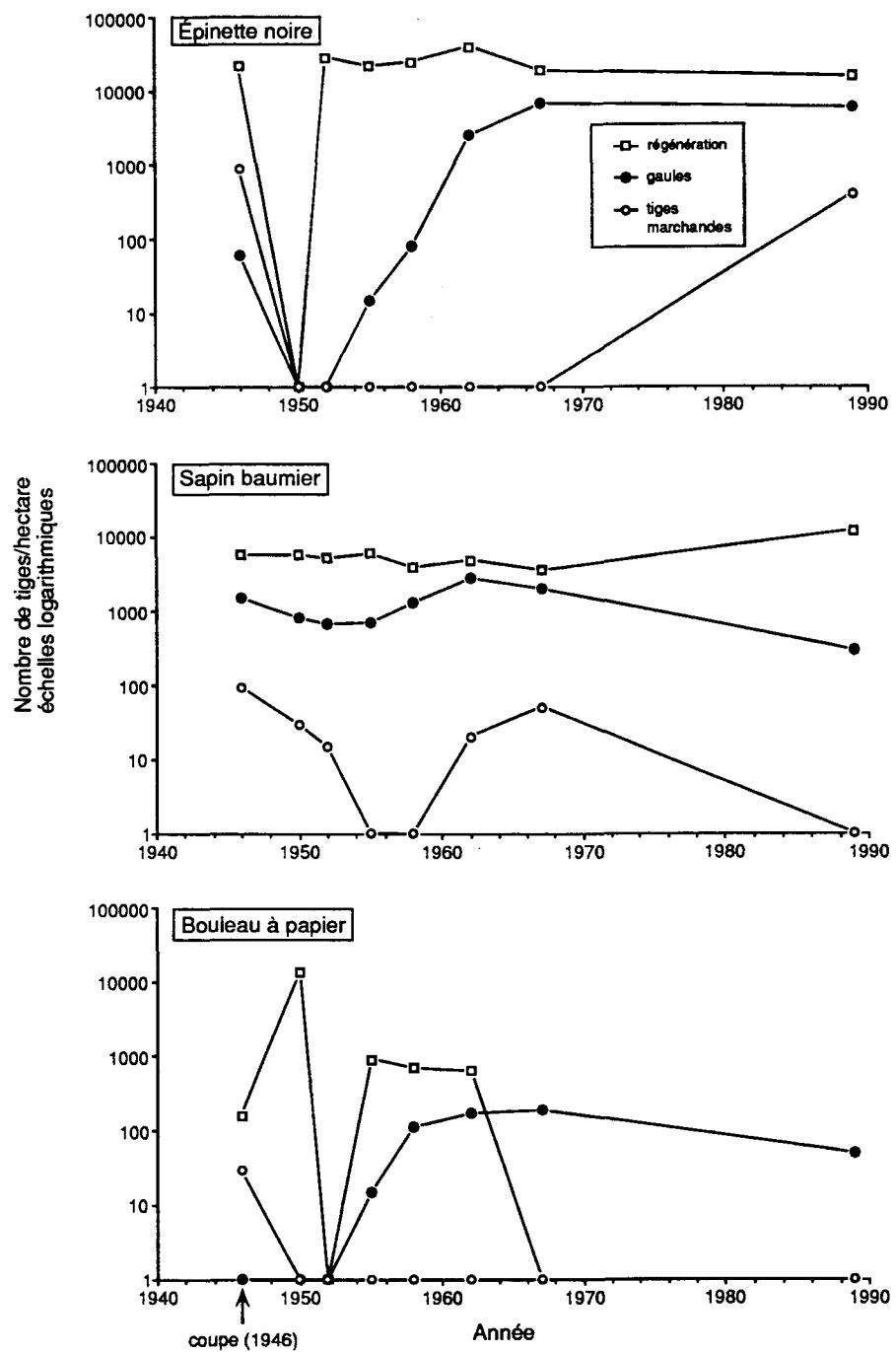


Figure 14. Évolution du nombre de tiges par hectare dans le site K

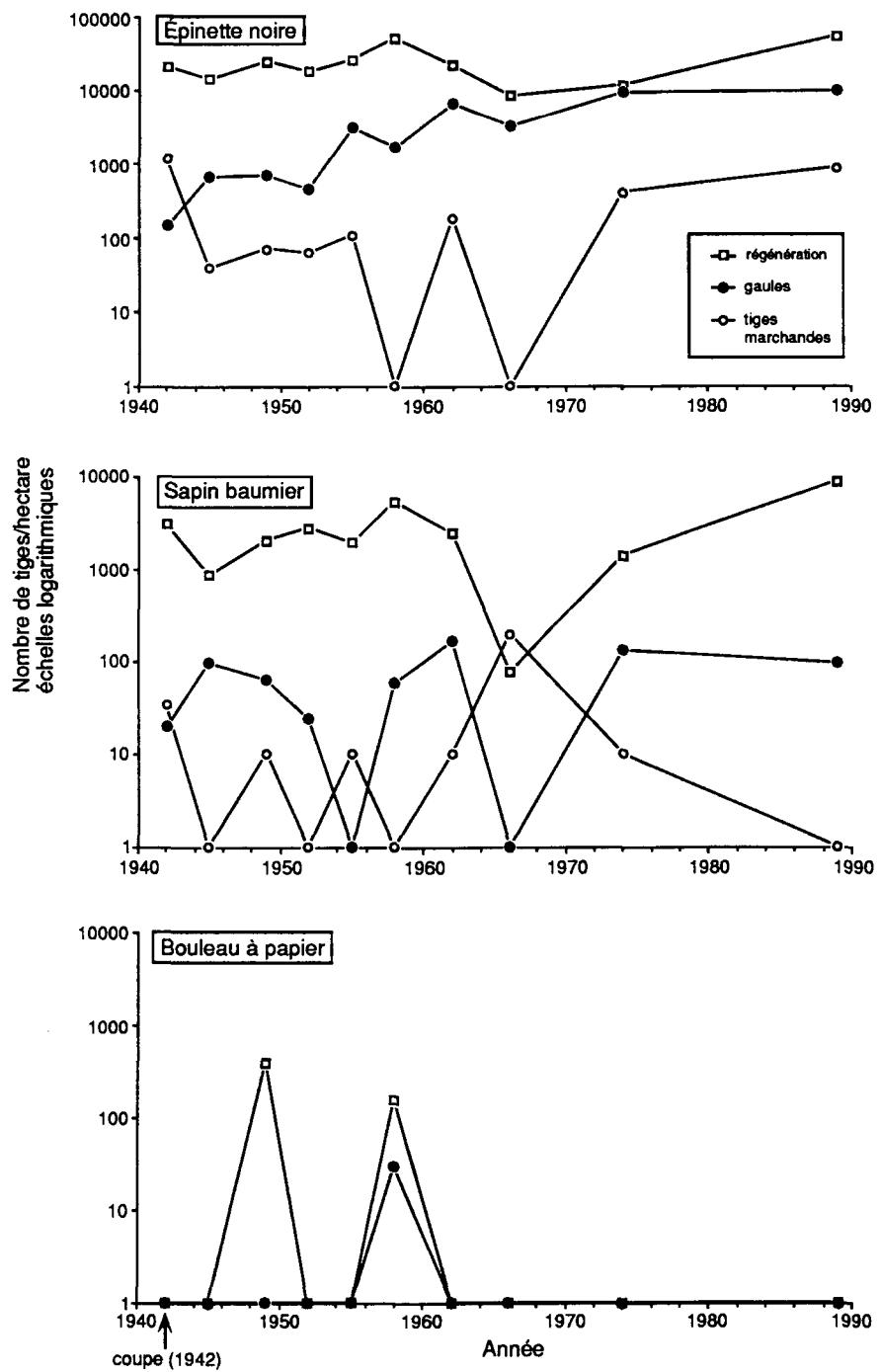


Figure 15. Évolution du nombre de tiges par hectare dans le site 15

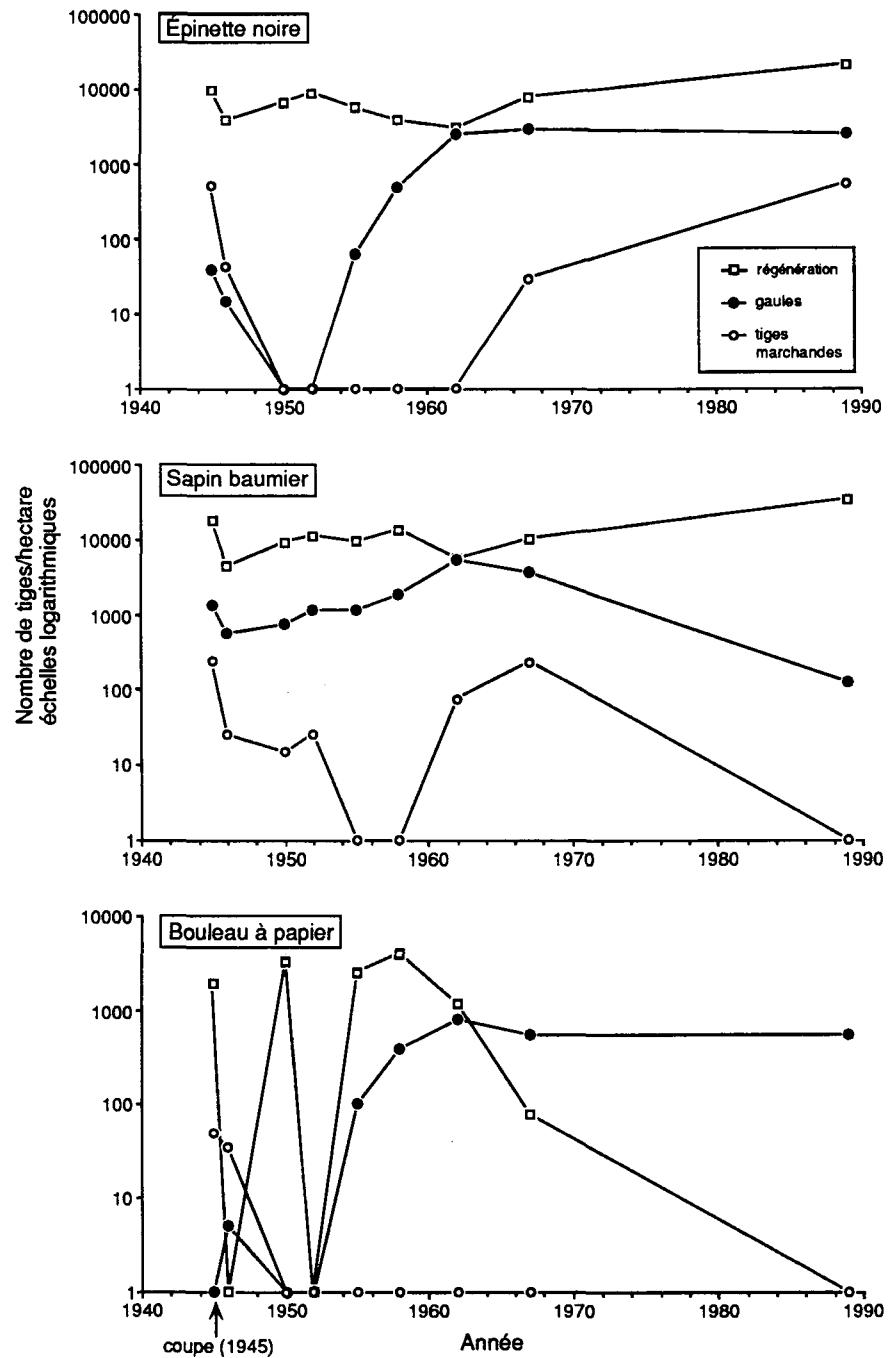


Figure 16. Évolution du nombre de tiges par hectare dans le site J

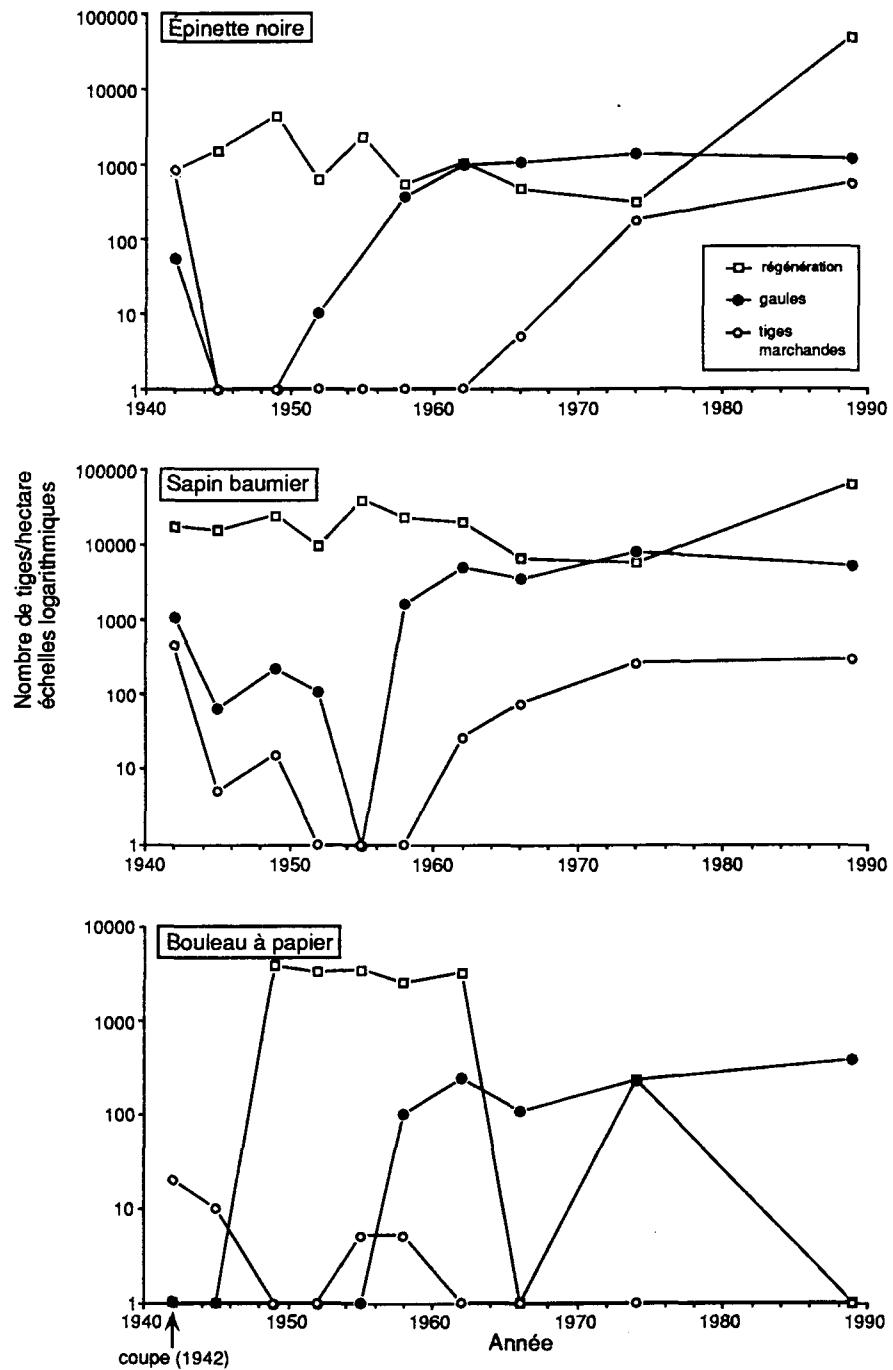


Tableau 12. *Évolution de la surface terrière totale des pessières inventoriées.*

Site	sapin baumier		épinette noire		bouleau à papier	
	avant coupe	1989	avant coupe	1989	avant coupe	1989
% de surface terrière totale						
pessières à forte proportion d'épinette						
12	5	0	95	100	0	0
21	6	0	93	100	2	0
K	3	0	97	100	0	0
pessières à faible proportion d'épinette						
15	21	0	73	100	7	0
J	35	38	63	62	1	0

Les figures 17 et 18 illustrent l'évolution de la surface terrière totale des pessières inventoriées. L'évolution complète des volumes marchands tout au long de la période étudiée n'est pas présentée ici étant donné la faible quantité de tiges marchandes présentes avant le dernier relevé en 1989. Les volumes comptabilisés lors du dernier inventaire étaient encore relativement faibles et n'apportaient guère de nouvelles informations pertinentes.

Figure 17. Évolution de la surface terrière totale dans les pessières à forte proportion d'épinette

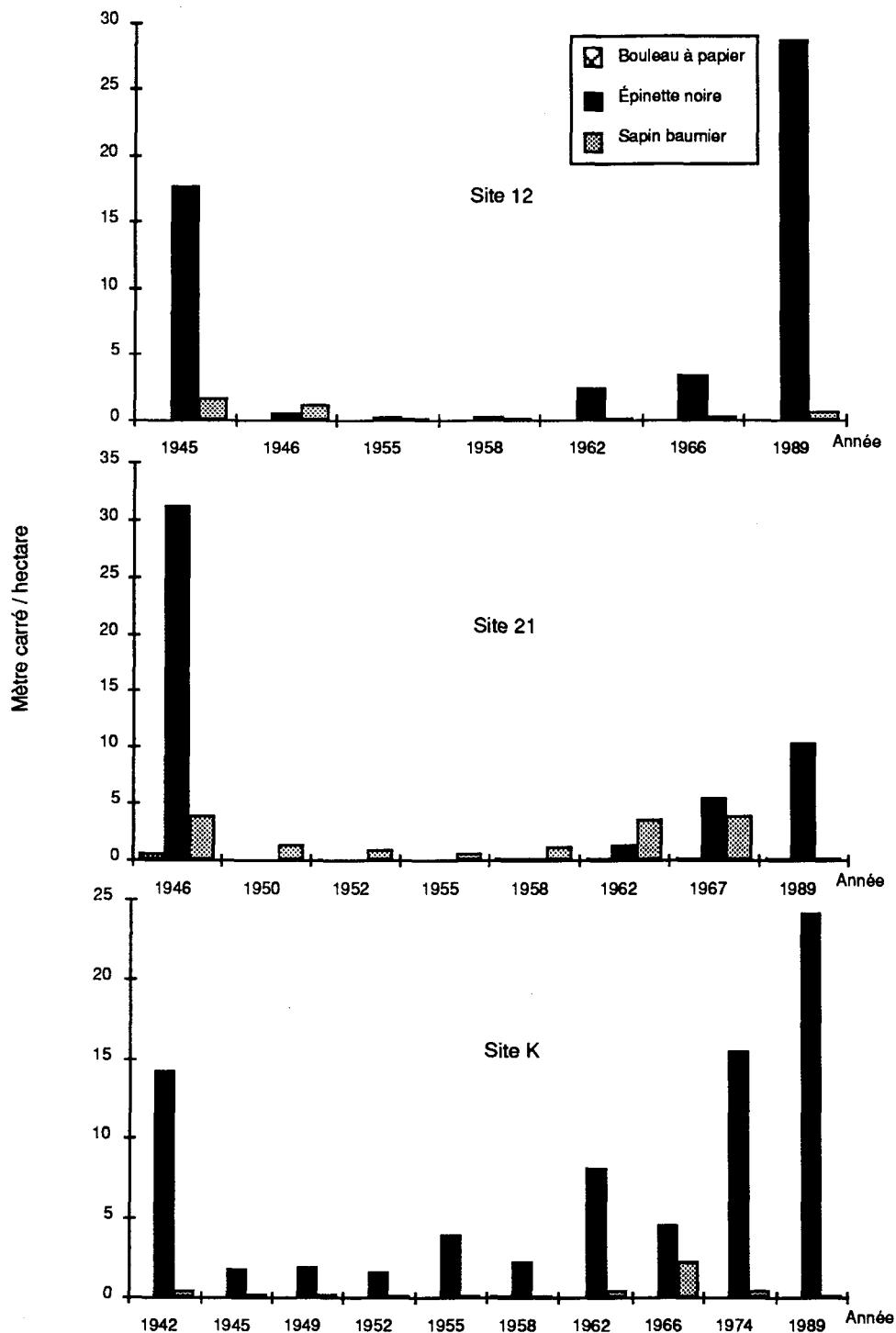
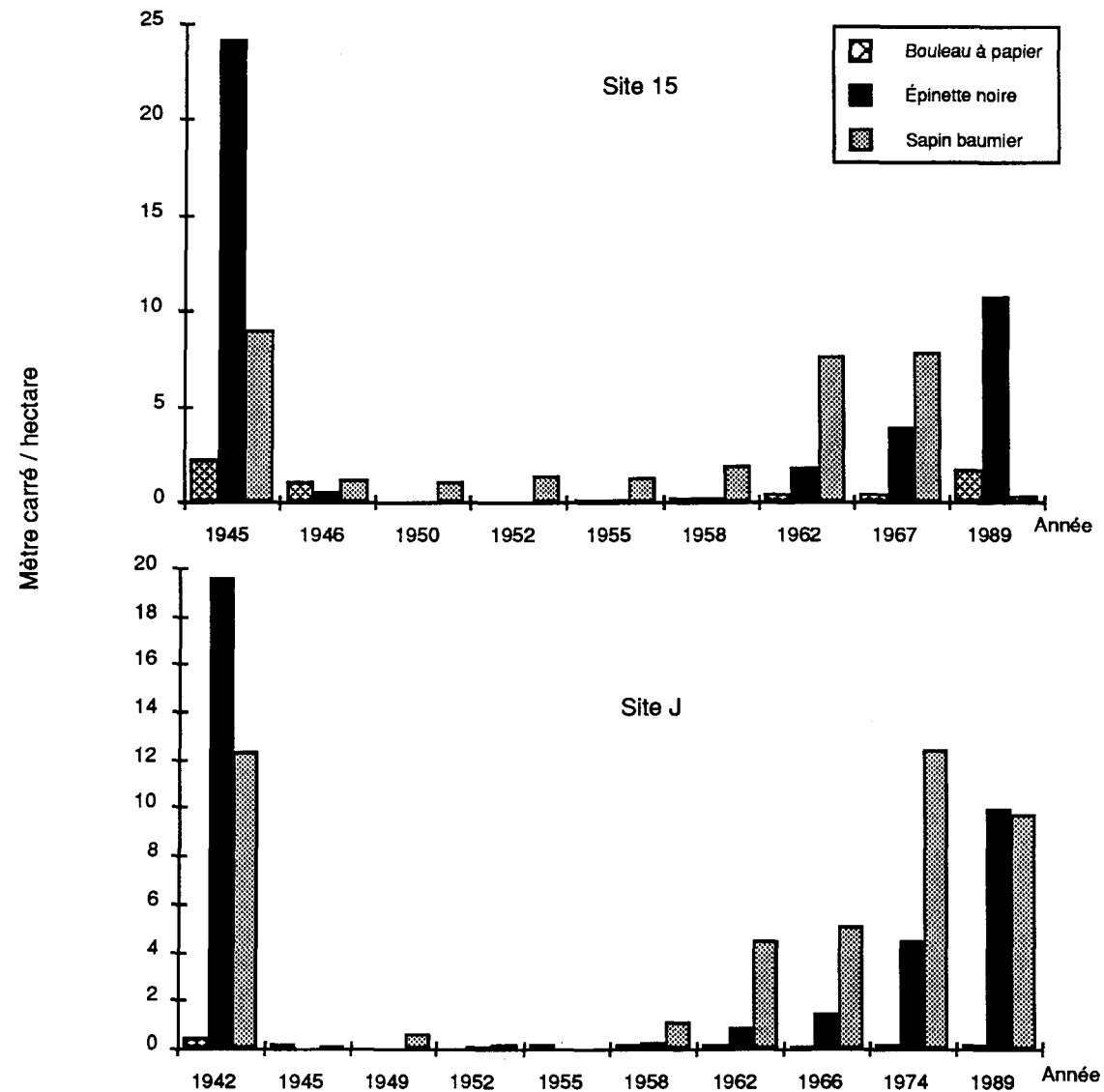


Figure 18. Évolution de la surface terrière totale dans les pessières à faible proportion d'épinette



4.2.3 Structures d'âge

4.2.3.1 Arbres

Les structures d'âges des pessières (figures 19 à 23) montrent que les arbres pour toutes les essences présentes en 1989 proviennent d'individus installés depuis plusieurs années avant la coupe jusqu'à peu de temps après celle-ci, exception faite de quelques mélèzes du site 12 qui se sont installés une quinzaine d'années (1959-1964) après la coupe de 1945 (figure 19). Le bouleau à papier s'installe exclusivement au moment de la coupe ou peu de temps après. Tout comme dans les sapinières, le sapin baumier affiche une recrudescence d'installation au moment de la coupe et peu de temps après pour le site J. Ce site supportait avant et après la coupe la plus forte proportion en sapins des pessières (figure 23). Les sapins sur les autres sites ont peu de représentants vivants, bien que quelques individus âgés, dont un de 130 ans, sont encore bien portants. Les tiges marchandes d'épinette récoltées en 1989 se sont principalement installées à partir de dix ans avant la coupe jusqu'à cinq ans après la coupe, soit durant une période de quinze ans. Le site 15 affiche une mortalité plus élevée que les autres sites, tant pour les épinettes que les sapins (figure 22).

4.2.3.2 Régénération

La régénération en épinette en 1989 est presque uniquement composée de marcottes. L'installation de ces marcottes est variable dans le temps. Les semis de sapin se sont principalement installés lors de l'épidémie des bourgeons de l'épinette de 1974 pour les sites 15 et 21, alors que les autres sites affichent une installation plus dispersée. La récolte des échantillons a montré que les marcottes de sapin sont issues des semis de la même espèce. D'ailleurs les marcottes sont généralement moins âgées que les semis. On remarquera que plusieurs individus, semis de sapin et marcottes d'épinette composant la régénération, peuvent être aussi âgés que des tiges marchandes du même peuplement. Les semis de bouleau sont absents de la régénération en 1989.

Figure 19. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site 12

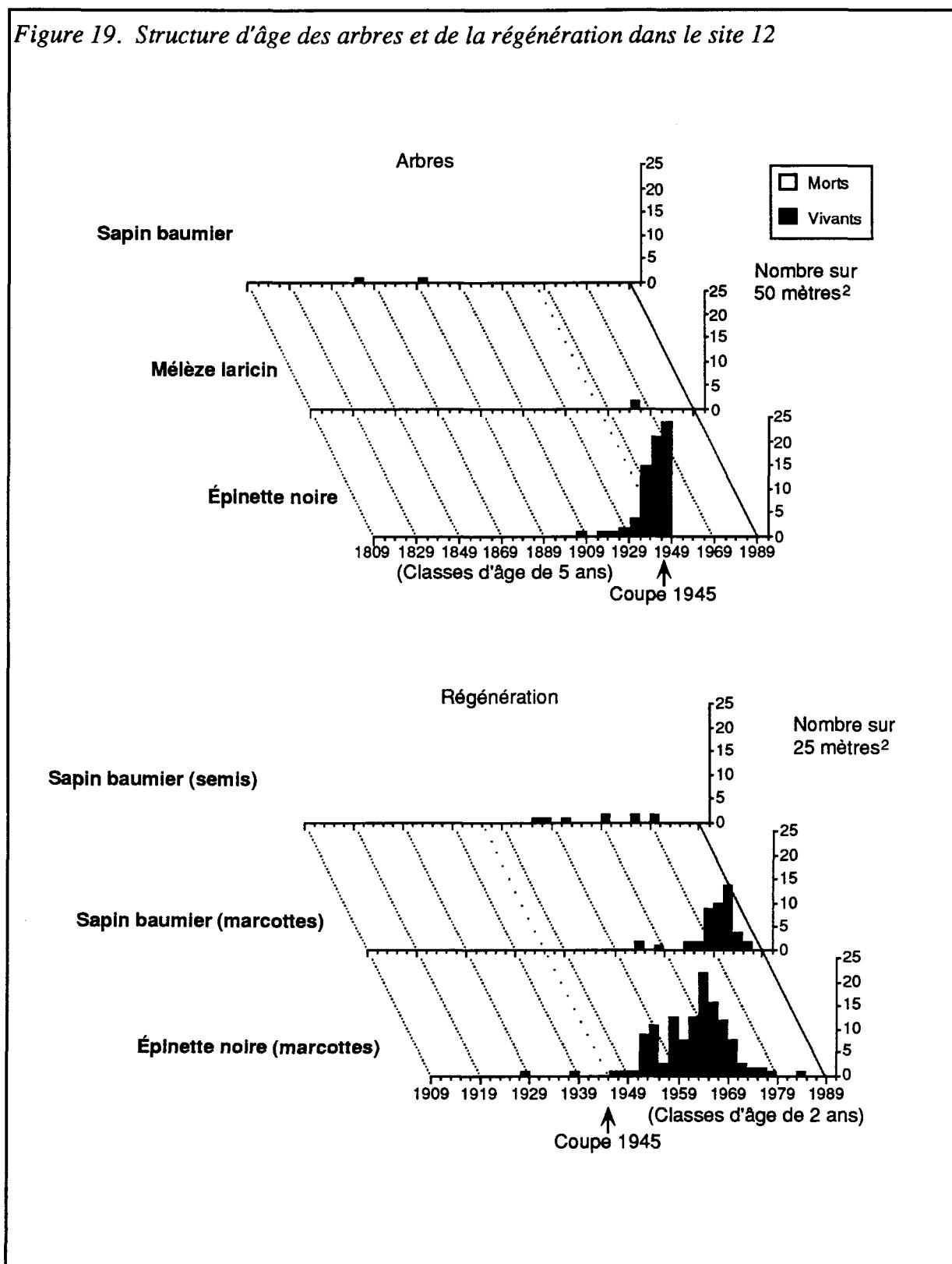


Figure 20. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site 21

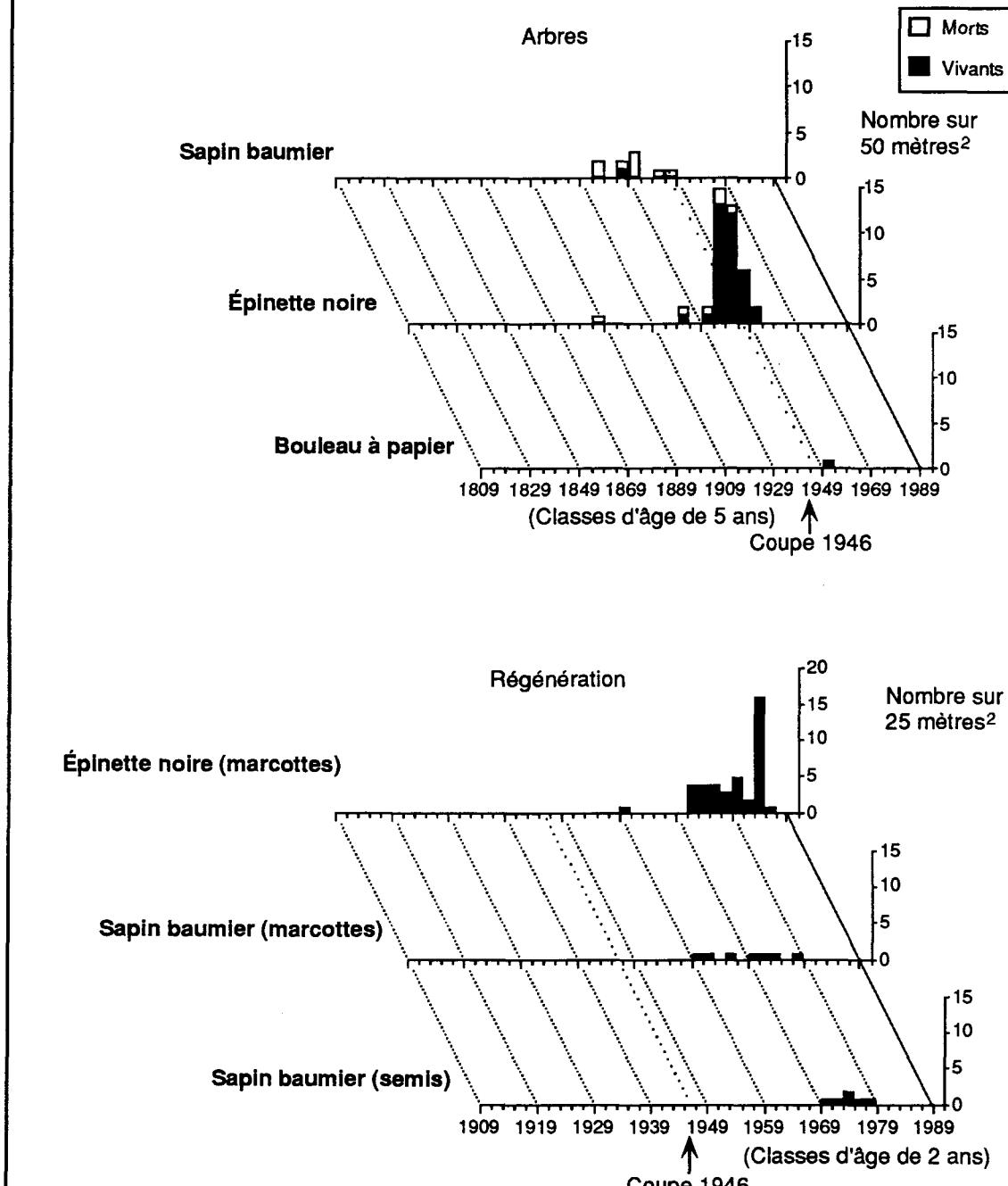


Figure 21. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site K

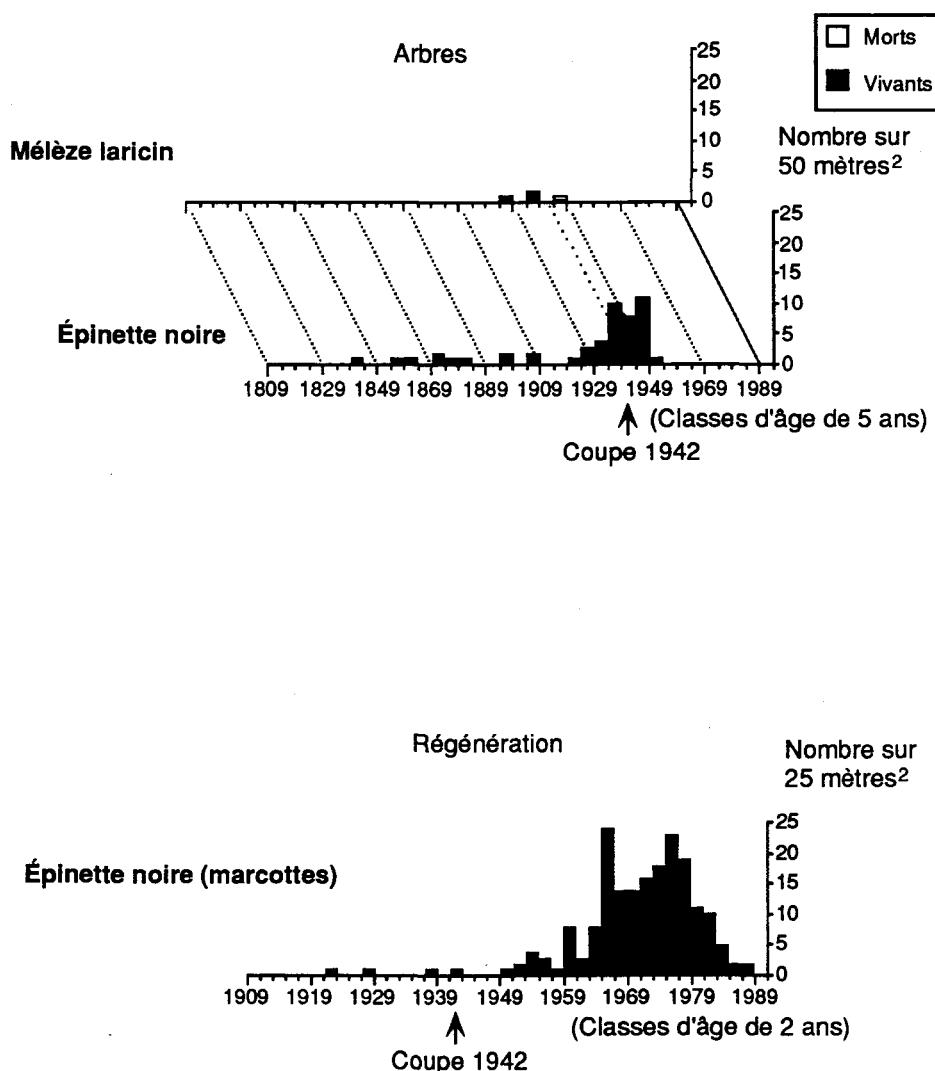


Figure 22. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site 15

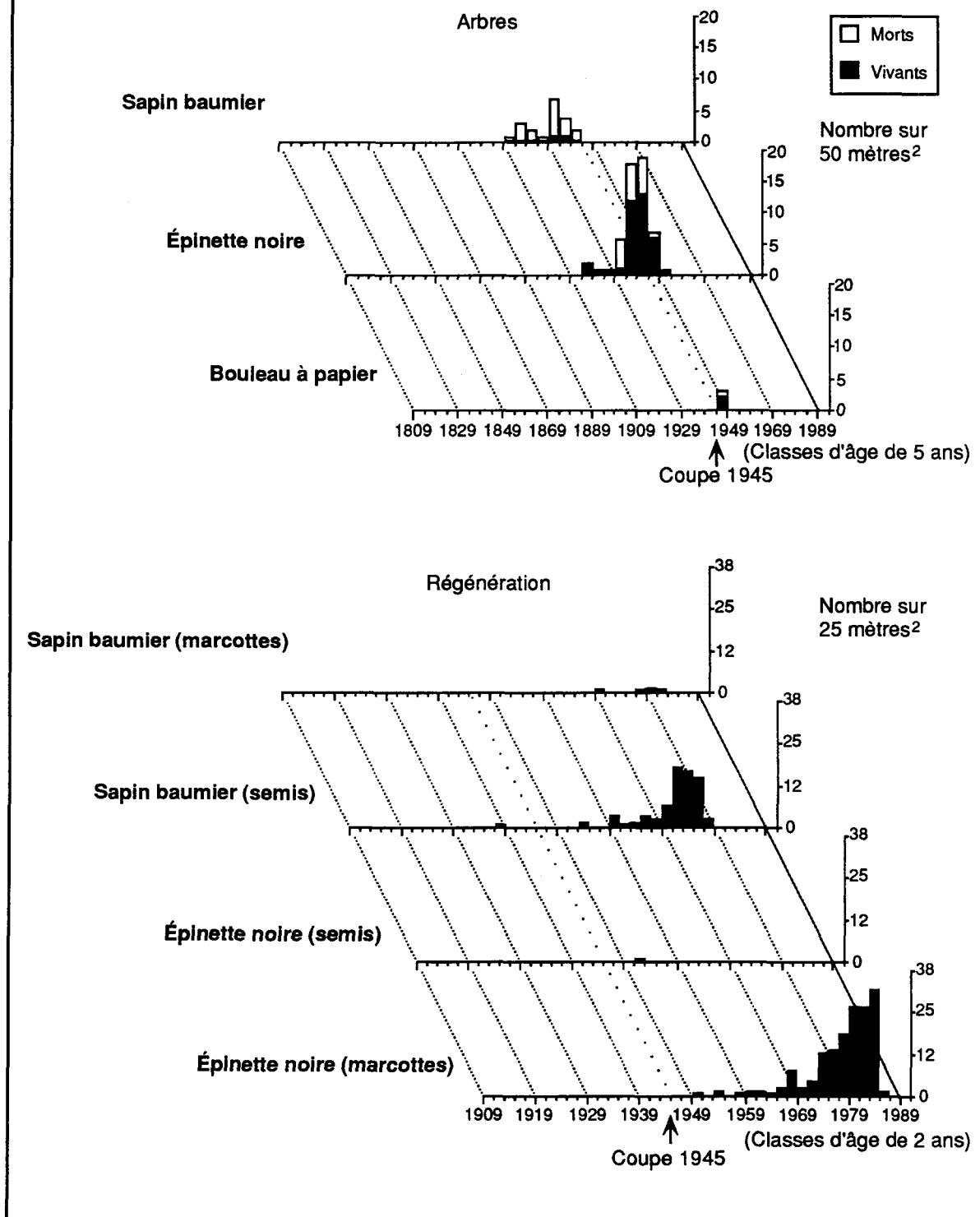
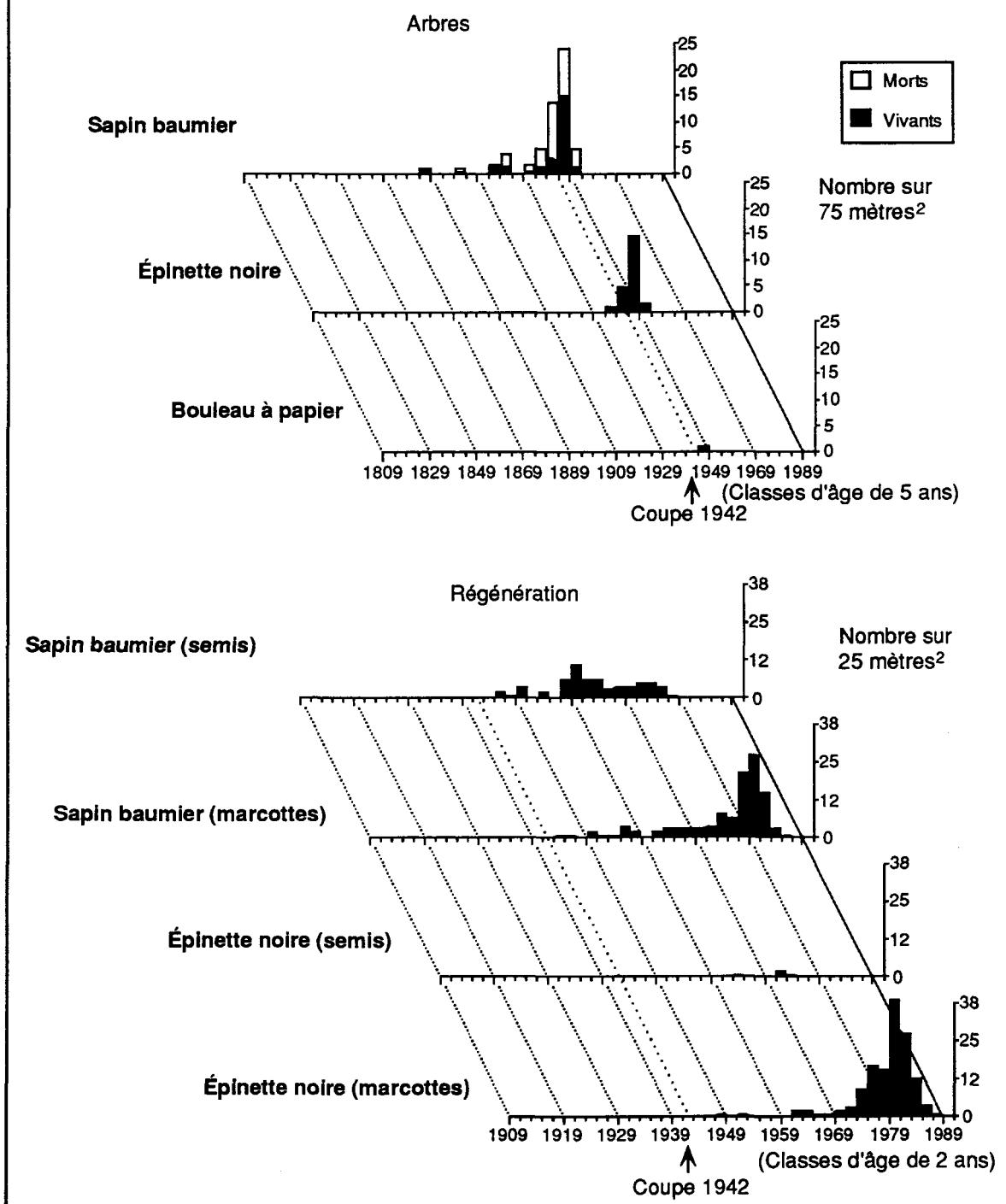


Figure 23. Structure d'âge des arbres et de la régénération dans le site J



CHAPITRE V

DISCUSSION

5.1 Acquisition des données

Cette étude se base sur deux séries de données différentes mais complémentaires. Les données illustrées dans les figures 2 à 5 et 12 à 16 montrant l'évolution du nombre de tiges à l'hectare, ont été recueillies au fil des années par différents travailleurs forestiers de la compagnie Abitibi-Price limitée. Les inventaires ont fait l'objet de vérifications ponctuelles au moment de l'échantillonnage. À l'occasion, certains inventaires ont du être repris après ces vérifications. Les données ont cependant leurs limites respectives, limites d'interprétation de par leur nature, et limites de fiabilité car elles n'ont pas été recueillies dans un contexte scientifique rigoureux. Il faut donc éviter de tirer des conclusions sur des données ponctuelles. Par exemple, la figure 5 du site 44 nous indique que les tiges marchandes de bouleau à papier sont disparus à deux reprises soit en 1966 et 1979. Pourtant, plusieurs individus nés de 1869 à 1905 ont été récoltés vivants en 1989 (figure 11). Il en va de même pour les tiges marchandes d'épinette noire du site K (figure 14) qui seraient disparues à deux reprises soit en 1958 et 1966. Or, des individus sont nés régulièrement à partir d'aussi loin que 1839 et ont été récoltés vivants en 1989 (figure 21). Ces bouleaux et épinettes étaient donc présents lors des inventaires de 1958, 1966 et 1979. Malgré certaines lacunes, les données du nombre de tiges à l'hectare sont tout de même précieuses et nous donnent une image globale de la dynamique évolutive du peuplement dans le temps, information difficile à obtenir par d'autres méthodes d'analyse. La seconde série de données provient de la récolte de sections de tiges, effectuée en 1989, et utilisée pour construire les structures d'âges des peuplements. Cette deuxième série de données a permis de valider les inventaires de la compagnie Abitibi-Price limitée et d'apporter des informations supplémentaires sur la dynamique des pessières et sapinières étudiées. Comme il a été mentionné plus avant, la détermination de l'âge exact des individus échantillonnés n'est jamais une certitude. On peut ainsi dire que bon nombre d'individus sont probablement légèrement plus vieux que ce que l'analyse nous révèle, bien que nous ne pouvons faire d'interprétation sérieuse que sur ce qui nous est concrètement révélé par l'analyse.

5.2 Anneaux diagnostiques

L'analyse des sections de tiges du site 44 a révélé une anomalie de croissance intéressante. Des anneaux de croissance datant de peu de temps après la coupe étaient fissurés. En effet, une discontinuité dans le bois de printemps sur toute la circonférence de l'anneau de croissance a été observée lors de l'analyse des échantillons en laboratoire (Schweingruber 1983). Il est possible que ces fissures soient dues au gel, la coupe ayant privé les semis et les gaules de leur couvert végétal protecteur. Comme nous connaissons l'âge de cette anomalie et qu'elle se retrouvait sur toutes les sections de tiges du site 44, elle a servi d'anneau diagnostique permettant de dater les arbres avec précision. Il est apparu que l'âge de bons nombres d'échantillons était sous estimé car ils comportaient des anneaux manquants. Ces anneaux manquants se retrouvent principalement sur le sapin baumier lors des années d'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Morin et Laprise 1990). La présence d'anneaux manquants entraîne une sous-estimation de l'âge de plusieurs individus. Comme les anneaux diagnostiques ne sont pas toujours présents, l'âge ne peut pas toujours être réajusté par interdatation (Gagnon et Morin 1990). La structure d'âge du site 44 est particulièrement précise et fiable puisqu'un grand nombre d'individus (269) y ont été échantillonnés et que des anomalies de croissance très caractéristiques (fissures dans les anneaux) nous ont permis de faire un ajustement précis de l'âge réel des individus.

5.3 Évolution des sapinières et des pessières

Les inventaires du nombre de tiges à l'hectare indiquent que les semenciers sont complètement disparus lors de la coupe des sapinières, exception faite des bouleaux à papier. Cependant, le retour des tiges marchandes de sapin baumier (arbres de 10 cm et plus au D.H.P.) en moins de 6 ans sur les sites IV et V, alors que les gaules et les tiges marchandes étaient complètement disparus après la coupe, laisse perplexe. Des sapins, qui étaient âgés d'environ 70 ans au moment de la coupe, ont été échantillonnés en 1989. Considérant ces faits, on pourrait croire que les données des inventaires de la compagnie Abitibi-Price limitée, faits immédiatement après la coupe, soient erronées pour ces deux sites, et que des gaules et des tiges marchandes de sapin baumier présentes avant la coupe soient demeurées sur pied après celle-ci. D'ailleurs, on observe pour ces deux sites seulement, une hausse du nombre d'individus par hectare composant la régénération immédiatement après la coupe, contrairement à une baisse pour les deux autres sapinières

(figures 2 à 5). La présence de semenciers après la coupe a provoqué une installation des sapins plus importante durant une période de dix ans après la coupe pour les sites V et IV (figures 8 et 10). La plupart des épinettes âgées de plus de 10 ans au moment de la coupe ont été récoltées ou détruites dans les pessières mais pas dans les sapinières, tandis que des sapins de même âge sont demeurés sur place dans les deux types de peuplement. Ce phénomène demeure un mystère qui est peut être relié aux opérations de coupe, l'épinette étant une essence plus convoitée que le sapin.

Concrètement, les résultats de cette étude confirment les hypothèses de départ. Les structures d'âge des sapinières et des pessières montrent que tous les arbres composant la strate de retour, sapins baumiers, bouleaux à papier, épinettes blanches et épinettes noires, proviennent d'individus qui se sont principalement installés depuis plusieurs années avant la coupe jusqu'au moment de celle-ci, tout comme l'ont mentionné d'autres études (Doucet 1988; Vézina & Falardeau 1988). Une ouverture du couvert, au moment de la coupe, favorise l'installation et la croissance des sapins et des bouleaux, tandis que lors d'une épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, les sapins seulement sont favorisés (Morin 1990). Ce dernier type d'ouverture ne semblant pas être suffisant pour l'installation et la croissance du bouleau à papier, espèce héliophile. La présence de semenciers de sapin après la coupe favorise une installation accrue de cette espèce dans le peuplement de retour. Les épinettes noires s'installent plus graduellement depuis plusieurs années avant la coupe jusqu'à celle-ci. Le nombre peu élevé de mélèzes laricins rencontré dans les sites ne permet pas d'interprétation à leur sujet. Chaque espèce reprend sa place dans le nouveau peuplement en reconstitution. Le bouleau à papier, bien qu'ayant très peu de représentants au stade marchand en 1989 sur l'ensemble des sites inventoriés, possède une bonne représentation en gaules lui permettant d'aspirer à une place équivalente à celle qu'il occupait dans les peuplements avant la coupe. Le sapin baumier voit sa proportion augmenter dans les peuplements par rapport aux autres essences en début de régénération. Cependant, les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, qui ont débuté respectivement en 1947 et 1974 (Blais 1965), ont grandement réduit cette proportion au profit des épinettes. Seules les sapinières à forte proportion de sapin, donc à faible proportion d'épinette ont conservé la composition proportionnelle qui les caractérisait. Les sapinières à faible proportion de sapin, où les épinettes étaient donc plus présentes, sont devenues des pessières. Ces dernières, à l'exception du site J, qui semble avoir été moins

affecté par l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette des années 1970, ont augmenté leur proportion d'épinette dans le peuplement.

La variabilité et le peu de répétitions des conditions de site des neuf places-échantillons ne nous permet pas de faire une analyse poussée à ce niveau. On peut penser que les conditions de site pourraient expliquer quelques variantes du scénario global décrit plus haut, peut être au niveau de la vulnérabilité des peuplements à la tordeuse par exemple. Cependant, il n'y a pas de tendance observable dans les données. Quoi qu'il en soit, l'étude se voulait plutôt large que très spécifique. Dans la poursuite de nos connaissances, il serait opportun d'approfondir cet aspect lors d'une étude ultérieure.

5.3.1 Dynamique des bouleaux à papier

Les bouleaux se régénèrent par graines ou par rejets de souche. La régénération récoltée en 1989 était constituée de semis seulement, tandis que l'origine des tiges marchandes de bouleau est inconnue. Le nombre d'individus composant la régénération des bouleaux est très élevé sur les sites V et 20 tout au long de la période étudiée. À cause de la faible dimension de leurs semences, les nouveaux semis de bouleau à papier sont très fragiles. Ils sont sensibles à l'humidité, à la lumière et aux conditions du lit de germination. La proximité du sol minéral assure un plus grand succès pour l'établissement initial (Fowells 1965). L'épaisseur de l'humus étant moindre sur les sites V et 20, l'abondance de semis des ces sites pourrait être reliée à ces conditions humiques. Lors du dernier relevé en 1989, peu d'individus ont été dénombrés dans la classe de la régénération sur les sites V, 20 et IV, bien qu'au relevé précédent ils étaient nombreux. Comme il s'était écoulé au moins dix ans depuis le relevé précédent, on peut penser que le peuplement avait atteint un stade de développement où le couvert végétal s'est considérablement refermé d'où une grande mortalité des semis de bouleau et l'absence d'installation de nouveaux individus. Les structures d'âge nous indiquent que les individus présents en 1989 ont à peu près tous le même âge et sont donc nés à la même période. Beaucoup d'individus de cette cohorte ainsi que tous ceux s'installant après cette période meurent petit à petit au cours de l'évolution du peuplement pour ne laisser que des tiges dominantes.

Le nombre d'individus composant la régénération de bouleau a décliné lentement à partir d'une quinzaine d'années après la coupe pour tous les sites étudiés. Le

développement après la coupe des gaules de bouleau à papier s'est fait plus lentement dans les conditions étudiées que les résineux, bien que la croissance de ces premiers est reconnue comme étant plus rapide que ces derniers en jeune âge. Les aires de coupes sont des garde-manger privilégiés pour les animaux qui broutent les jeunes pousses, et les lièvres raffolent des pousses de bouleau à papier (Service Canadien de la Faune 1974). Le broutage des tiges dans la classe de la régénération pourrait expliquer ce retard dans l'installation de cette essence, mais cette hypothèse demeure à vérifier. Le bouleau à papier a besoin d'une ouverture du couvert pour survivre et croître, et l'installation de la régénération des futurs bouleaux marchands correspond au moment de la coupe.

Les tiges marchandes de bouleau à papier tardent à apparaître dans le peuplement de retour. La croissance de cette espèce semble être freinée par la présence de la compétition des conifères.

5.3.2 Dynamique des sapins baumiers

Les sapins se régénèrent principalement par une continue et abondante quantité de semis alimentée par une véritable pluie bi-annuelle de semences provenant des cônes se décortiquant après leur maturation (Ghent 1969). Les données de la compagnie Abitibi-Price limitée sont éloquentes à ce sujet. Les figures du nombre de tiges par hectare illustrent bien ce phénomène, puisque l'on peut observer la continue abondance de plantules dans la régénération sur les quarante années de suivi qu'a fait la compagnie. Certaines années sont plus prolifiques que d'autres, soit lors d'une meilleure année semencière ou suite à une augmentation du nombre de semenciers. Par contre, on ne retrouve pas d'indices de ce phénomène dans les figures de structure d'âge. Le nombre toujours moins élevé d'individus présent dans la classe des gaules par rapport à la régénération au cours de l'évolution du site, met en évidence que seulement certains semis sont, avec le temps, passés dans la classe des gaules, les autres sont disparus. La continue et abondante régénération de sapin baumier subit donc une forte mortalité avant même d'atteindre le stade de gaules. Cela illustre bien la pertinence d'utiliser conjointement différentes méthodes de récoltes de données afin d'obtenir une image plus complète de la réalité. L'oppression et la compétition des semis en sous-bois seraient les causes de cette mortalité. Par ailleurs, les semis subissant une moins grande oppression peuvent survivre longtemps avec un taux de croissance très réduit (Zarnovican 1981). Ainsi, la mortalité de

certaines tiges marchandes suite à une perturbation peut offrir la chance à certains semis de s'installer à plus long terme en les libérant de cette oppression (Morin 1990). D'ailleurs, toutes les hausses d'installation de sapins sur les figures de structure d'âge correspondent soit à l'épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette qui a débuté en 1910 (Blais 1965), soit à la coupe. Sur les figures du nombre de tiges à l'hectare, le même phénomène d'augmentation de semis de sapin s'observe pour les deux épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette qui ont débuté respectivement en 1947 et en 1974 (Blais 1965). L'ouverture du couvert semble donc être l'élément déclencheur pour la survie et la croissance des semis de sapin baumier vers le stade de gaules, puis par la suite d'adulte (Morin 1990). La coupe favorise donc la survie et la croissance d'un grand nombre de semis de sapin récemment installés. Un grand nombre d'individus chez le sapin baumier se sont installés plus particulièrement au moment de la coupe comme l'indique la structure d'âge du site 44 qui est la plus précise à cet égard.

5.3.3 Dynamique des épinettes noires et épinettes blanches

Les données des inventaires de la compagnie Abitibi-Price limitée ne précisent pas la nature de la régénération pour les épinettes (marcottes ou semis). Le site 20 supportait des épinettes blanches qui, bien que moins agressives, affichent une dynamique semblable aux sapins baumiers (Fowells 1965). Les quelques individus d'épinette blanche récoltés sur le site 20 en 1989 sont nés entre 1909 et 1934, comme l'indique la structure d'âge de la figure 9. Cette période correspond à une épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette qui a débuté en 1910 (Blais 1965). La récolte des épinettes noires en 1989 révèle que la régénération présente est principalement composée de marcottes. La proportion de marcottes par rapport aux semis est influencée par l'histoire du peuplement. Les peuplements n'ayant pas subi de perturbations pendant une longue période seraient constitués en grande partie de marcottes (Stanek 1968). Après un incendie, un scarifiage ou l'exposition du sol minéral, les peuplements se régénèrent surtout par semis (Stanek 1968). Il est reconnu que la régénération en épinettes noires dans la forêt boréale naturelle est principalement constituée de marcottes (Doucet 1988). La croissance en bouquet des arbres et surtout la forme exponentielle des structures d'âge des échantillons récoltés en 1989, sont autant d'indices suggérant une régénération par marcottage (Morin et Gagnon 1991). Le nombre de tiges d'épinette à l'hectare dans la classe de la régénération varie selon la proportion d'adulte. Plus le site comprend de tiges marchandes d'épinette, plus les

marcottes sont abondantes. L'installation des marcottes est cependant lente et graduelle; elle suit grossièrement le modèle d'une courbe exponentielle de croissance. La régénération en épinettes, lorsqu'elle est détruite, est plus difficile à reconstituer que celle du sapin, étant donné leur origine différente.

5.4 Tordeuse des bourgeons de l'épinette et prépondérance du sapin baumier dans les peuplements de retour

Un fléchissement dans la courbe du nombre d'individus, correspondant au relevé de 1958, est synchrone pour les gaules et les tiges marchandes de sapin baumier des sites IV et V (figures 2 et 4). Ces deux sites sont situés très près l'un de l'autre. Ce fléchissement dans la courbe indique une mortalité due à une perturbation importante. L'analyse en laboratoire des sections de tiges a révélé des réductions de croissance pour les années 1950 à 1953. Une épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette débutant en 1949 a atteint son maximum dans cette région en 1952 et 1953 (Blais 1965). Les sapins commencent à mourir 3 ans après le début de l'infestation, et les épinettes, de 2 à 3 ans plus tard. La mortalité des arbres atteint son point culminant au cours des sixième et septième années de l'infestation par la tordeuse (MacLean et Baskerville 1989). L'effet au niveau de la mortalité sur les individus en croissance ne s'est fait sentir que quelques années plus tard, soit de 1956 à 1962.

La coupe à blanc de peuplements de sapins-épinettes est soupçonnée de favoriser la régénération du sapin (Blais 1983). Comme le démontre cette étude, la régénération préétablie assure le retour du peuplement lorsque celle-ci est protégée, et dans la majorité des cas, le sapin était plus abondant que l'épinette. Dans le cas où la régénération préétablie est détruite, le sapin baumier de par sa régénération par graine très agressive, et le bouleau à papier de par sa grande production et dispersion de semences, l'emporteront sur l'épinette noire si des semenciers sont présents. Par ailleurs, l'épidémie de 1975 a eu un impact majeur sur la représentativité du sapin dans les peuplements. L'âge plus avancé des individus à ce moment a provoqué une plus grande mortalité. Les taux de mortalité sont plus faibles et plus variables pour le sapin et l'épinette qui sont en peuplements immatures plutôt qu'en peuplements matures (MacLean 1980, 1984). Ce sont les arbres opprimés qui ont le plus de chances de survivre (Reams *et al.* 1988). L'ouverture tardive des bourgeons

d'épinette noire expliquerait l'immunité relative de cette espèce aux dommages causés par les épidémies sévères de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. (Blais 1957). C'est ainsi que les sapinières à faible proportion de sapin sont devenues des pessières. Les épinettes sont plus sensibles que les sapins aux effets négatifs des coupes forestières sur leur régénération. Lorsque la régénération préétablie est détruite, les épinettes ne peuvent compter sur la présence de semenciers pour se régénérer contrairement aux sapins. Pour des raisons encore inconnues, les semis d'épinette ne s'installent bien qu'après un feu de forêt ou une exposition du sol minéral (Staneck 1968). La préservation de la régénération en marcottes d'épinette et l'action dévastatrice des épidémies de la tordeuse sur les sapins ont entraîné ici le maintien de la composition initiale des peuplements de sapins-épinettes pour la plupart des sites. Les sapinières à faible proportion ont vu la proportion de sapin diminuer dans le peuplement après une quarantaine d'années. Le site 15 affiche une mortalité plus élevée que les autres sites, tant pour les épinettes que les sapins (figure 22). Lors des déplacements sur le terrain effectués pour les relevés de 1989, il est apparu que le secteur du site 15 avait particulièrement souffert de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Les pessières à forte proportion d'épinette comme le site 21 étaient beaucoup moins atteintes. La présence plus importante du sapin comme noyau d'infestation dans les peuplements aurait créé une plus forte défoliation et une mortalité des épinettes après que les sapins soient morts. Le retour des sapins dans les pessières, bien que s'effectuant plus rapidement que les épinettes, est freiné régulièrement par les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Les pessières étudiées ne se dirigent donc pas vers une augmentation du sapin dans les peuplements de retour. Étant donné que les peuplements n'ont pas encore atteint leur stade de maturité, il est possible que la régénération en sapins présente en 1989 assure un certain retour de cette essence dans le peuplement. Cependant, les sites supportent aussi une régénération en épinettes dont le nombre est supérieur à celle du sapin. De plus, il est probable que la plupart des arbres qui n'ont pas atteint une taille suffisante cinq ans après la coupe demeureront opprimés et ne constitueront pas la strate arborescente à la maturité du peuplement.

CHAPITRE VI

CONCLUSION

La méthode de coupe utilisée à l'époque représente une méthode de coupe avec protection de la régénération préétablie, ce qui a assuré, dans bons nombres de cas, le retour du peuplement. La dynamique naturelle particulière de chacune des essences présentes avant la coupe assure leur présence dans le nouveau peuplement. Les sapins baumiers fournissent continuellement, par une véritable pluie de semences provenant des cônes d'arbres semenciers se décorticant à maturation, une grande quantité de semis composant la régénération préétablie. Bon nombre de ces semis meurent après quelques années, à moins qu'une perturbation, comme une coupe forestière, un chablis ou une épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette, ne vienne provoquer une ouverture du couvert et ainsi lever l'oppression qu'ils subissaient. Bien que la régénération du sapin baumier soit très dynamique, des perturbations naturelles comme les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette viennent équilibrer le retour de cette essence dans les peuplements en provoquant la mort d'un bon nombre de perches et de fûts. La pleine maturité des peuplements de retour n'ayant pas encore été atteinte au moment où a été effectuée cette étude, il serait intéressant et pertinent de poursuivre sur une plus longue période l'étude de la dynamique de sapinières et pessières. Cela permettrait entre autre de vérifier la place relative que prendront les gaules de sapin ayant survécu à la dernière épidémie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette par rapport aux gaules d'épinette. La régénération d'épinette noire, quant à elle, s'installe lentement dans le peuplement par marcottage. L'importance de ce mode de reproduction est de plus en plus admis par les chercheurs, mais les connaissances comparatives avec la reproduction par graines sont encore déficientes (Staneck 1968, Doucet 1988). Afin que les épinettes noires se succèdent à elles-même après une coupe, il est primordial de préserver cette régénération préétablie de marcottes. Pour ce qui est des bouleaux à papier, cette espèce intolérante requiert une ouverture majeure du couvert forestier pour se régénérer. Quelque temps après la coupe, les tiges marchandes rémanentes de bouleau à papier diminuent graduellement en nombre sur les sites étudiés.

Cette étude de la dynamique de peuplements forestiers sur plusieurs décennies sur les mêmes sites a permis de confirmer une partie des mécanismes naturels déjà décrit dans la littérature scientifique, et qui ont fait que nos forêts se perpétuent depuis la dernière glaciation. Plus précisément, cette étude a permis d'ajouter des informations sur les connaissances déjà acquises de la dynamique de peuplements forestiers ayant subis une

coupe. D'autres études de ce genre devraient être menées afin de mieux comprendre toutes les conditions qui provoquent des différences dans la dynamique d'un même type de peuplement. Cette compréhension nous conduira un jour à la modélisation de la dynamique de peuplements ayant subi une perturbation, un outil particulièrement intéressant pour la saine gestion de notre capital forestier.

RÉFÉRENCES

- BLAIS J.R. 1957. Some relationships of spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Clem.) to Black spruce, *Picea mariana* (Mill.) BSP. *Forestry Chronicle* **33**: 364-372.
- 1965. Spruce budworm outbreaks in the past three centuries in the Laurentide park, Quebec. *Forest Science* **11**: 130-138.
- 1983. Trends in the frequency, extent, and severity of spruce budworm outbreaks in eastern Canada. *Canadian Journal of Forest Research* **13**: 539-547.
- COMMISION CANADIENNE DE PÉDOLOGIE 1978. Le système canadien de classification des sols. Approvisionnements et Services Canada. Hull. 170 p.
- DOUCET R. 1988. La régénération préétablie dans les peuplements forestiers naturels au Québec. *Forestry Chronicle* **64**: 116-120.
- FOWELLS H.A. 1965. Silvics of forest trees of the United States. Forest service of U.S. departement of agriculture. Washington D.C. 762 p.
- GAGNON R. et H. MORIN 1990. Establishment period of black spruce (*Picea mariana* (Mill.) BSP.) after fire. Proceedings of International dendrochronological symposium, tree rings and environment. Sweden. 3 p.
- GHENT A.W. 1969. Studies of regeneration in forest stands devastated by the spruce budworm. Problems of stocked-quadrat sampling. *Forest Science* **15**: 417-429.
- HARDY Y.J., A. LAFOND et L. HAMEL 1983. The epidemiology of the current spruce budworm outbreak in Quebec. *Forest Science* **29**: 715-725.

HATCHER, R.J. 1960. Development of balsam fir following a clearcut in Quebec. Canadian department of northern affairs and naturel resources division. Tech. note 87: 22 p.

LAMONTAGNE M. 1983. Étude du projet de la banque d'information forestière; 1. Inventaire des places-échantillons permanentes et semi- permanentes de croissance et de régénération du Québec. Faculté de foresterie et géodésie de l'université Laval. Sainte-Foy. 62 p.

LORIMER C.G. 1980. Age structure and disturbance history of a southern Appalachian virgin forest. *Ecology* **61**: 1169-1184.

----- 1985. Methodological considerations in the analysis of forest disturbance history. *Canadian Journal of Forest Research* **15**: 200-213.

MACLEAN D.A. 1980. Vulnerability of fir-spruce stands during uncontrolled spruce budworm outbreaks: a review and discussion. *Forestry Chronicle* **56**: 213-221.

----- 1984. Effects of spruce budworm outbreaks on the productivity and stability of balsam fir forests. *Forestry Chronicle* **60**: 273-279.

MACLEAN D.A. et D.P. OSTAFF 1989. Patterns of balsam fir mortality caused by an uncontrolled spruce budworm outbreak. *Canadian Journal of Forest Research* **19**: 1087-1095.

----- 1989. Spruce budworm populations, defoliation, and changes in stand condition during an uncontrolled spruce budworm outbreak on Cape Breton Island, Nova Scotia. *Canadian Journal of Forest Research* **19**: 1077-1086.

MACLEAN D.A. et G.L. BASKERVILLE 1989. Budworm-caused mortality and 20-year recovery in immature balsam fir stands. Canadian forestry service, Departement of the Environment. Information Report M-X-102. Fredericton. 23 p.

MINISTÈRE DE L'ÉNERGIE ET DES RESSOURCES 1973-1989. Inventaire des insectes et des maladies des arbres du Québec, rapports annuels. Service d'entomologie et pathologie. Sainte-Foy. 32 p.

MORIN H. 1986. La régénération de l'épinette blanche dans les étages montagnard, subalpin et alpin au mont Jacques-Cartier, Québec. *Naturaliste canadien* **113**: 347-354.

----- 1990. Analyse dendroécologique d'une sapinière issue d'un chablis dans la zone boréale, Québec. *Canadian Journal of Forest Research* **19**: 1753-1758.

MORIN H. et R. GAGNON 1990. Dynamics of balsam fir populations in relation to recurrent spruce budworm outbreaks in the boreal forest of Québec, Canada. *Proceedings of International dendrochronological symposium, tree rings and environment*. Sweden. 5 p.

----- 1991. Structure et croissance de peuplements d'épinettes noires issus de régénération préétablie, une quarantaine d'années après coupe au Lac Saint-Jean, Québec. *Forestry Chronicle*, sous presse.

MORIN H. et D. LAPRISE 1989. Histoire récente des épidémies de la Tordeuse des bourgeons de l'épinette au nord du lac Saint-Jean (Québec): une analyse dendrochronologique. *Canadian Journal of Forest Research* **20**: 1-8.

REAMS G.A., T.B. BRANN et W.A. HALTEMAN 1988. A nonparametric survival model for balsam fir during a spruce budworm outbreak. *Canadian Journal of Forest Research* **18**: 787-793.

SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE 1974. La faune de l'arrière pays, le lièvre d'Amérique. *Information Canada*. Ottawa. N° CW 69-4/44F. 6 p.

SCHWEINGRUBER F.H. 1983. *Der Jahrring, standort, methodik, zeit und klima in der dendrochronologie*. Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart. Switzerland. 234 p..

SCHWEINGRUBER F.H. 1986. Abrupt growth changes in conifers. *Iawa bulletin.* 7: 277-283.

STANEK W. 1961. Natural layering of black spruce in northern Ontario. *Forestry Chronicle* 37: 245-258.

----- 1968. Development of black spruce layers in Quebec and Ontario. *Forestry Chronicle* 44: 25-28.

STANEK W. 1975. The role of layerings in black spruce forests on peatlands in the clay belt of northern Ontario. *Proceedings of Black spruce symposium.* Great Lakes Forest Research Centre. Sault Ste-Marie. № O-P-4: 242-249.

STEWART G.H. 1986. Population dynamics of a montane conifer forest, Western Cascade Range, Oregon, USA. *Ecology* 67: 534-544.

THIBAULT M. et D. HOTTE 1985. Les régions écologiques du Québec méridional. Service de la recherche du Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, (carte 1: 1 250 000). Québec.

VEBLEN T.T. *et al.* 1989. Blowdown and stand development in a Colorado subalpine forest. *Canadian Journal of Forest Research* 19: 1218-1225.

VÉZINA P.E. et H. FALARDEAU 1988. Le développement de peuplements de conifères sur une période de 50 ans après la coupe. *Forestry Chronicle* 64: 329-333.

VICTORIN M. 1964. Flore Laurentienne. Les presses de l'université de Montréal. Montréal. 925 p.

WEETMAN G.F., W.W. GRAPES et G.J. FRISQUE 1973. Reproduction et conditions de terrain 5 ans après une récolte de bois à pâte: résultats de 37 aires d'études dans l'est du Canada. Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers. Pointe Claire. 99 p.

WEST D.C., H.H. SHUGART et D.B. BOTKIN 1981. Forest succession concepts and application. Springer-Verlag. New York. 517 p.

ZARNOVICAN R. 1981. À propos de l'âge du sapin baumier et de sa détermination. Canadian Journal of Forest Research 11: 805-811.

ANNEXE 1

Tableau 13. Nombre de tiges par hectare dans les sapinières révélé par les inventaires

Site V	Année	Nombre de tige/hectare											
		Bop régé.	Bop gaules	Bop march.	Epn régé.	Epn gaules	Epn march.	Sab régé.	Sab gaules	Sab march.			
	1949	20880	1	40	2595	1	10	54361	731	1848			
	1950	73388	1	1	494	1	1	112923	1	1			
	1955	23474	1	1	4448	10	1	11119	474	10			
	1958	24512	1	1	791	1	1	23405	415	1			
	1962	20400	277	1	158	1	1	40326	1433	10			
	1967	14707	5871	1	949	217	1	33684	6563	30			
	1974	3637	5683	1	2847	227	1	11702	10951	227			
	1989	1	8125	1	1	1	1	35730	7499	536			
20	Bop régé.	Bop gaules	Bop march.	Ep? régé.	Ep? gaules	Ep? march.	Sab régé.	Sab gaules	Sab march.				
	1946	1660	10	74	158	54	25	20717	405	667			
	1947	1	1	1	1	1	1	3637	1	1			
	1950	13996	1	1	1	10	1	11465	133	1			
	1952	1	1	10	79	25	1	14075	316	1			
	1955	18740	128	1	237	114	1	10437	1532	1			
	1958	18819	1715	1	158	133	1	10279	4379	10			
	1962	18999	3756	1	1	213	10	8619	7714	59			
	1966	9647	3049	1	237	79	25	5456	7477	262			
	1974	10912	6187	1	79	198	64	14075	6909	1156			
IV	1979	5693	5827	5	395	119	79	4823	6301	1443			
	1989	1	2048	99	1	148	49	477999	2649	1900			
	Bop régé.	Bop gaules	Bop march.	Epn régé.	Epn gaules	Epn march.	Sab régé.	Sab gaules	Sab march.				
	1949	1	1	10	19274	998	198	26439	3588	929			
	1950	2471	1	1	8895	1	1	30640	1	1			
	1955	1	10	1	2471	119	30	9390	919	79			
	1958	2056	1	1	6326	237	1	21033	672	40			
	1962	1	1	1	14075	326	1	18028	998	79			
	1967	633	168	10	5851	1315	69	20242	4003	128			
	1974	316	227	1	6958	3113	168	6484	6286	326			
44	1989	1	319	1	26803	2891	561	85604	3860	348			
	Bop régé.	Bop gaules	Bop march.	Epn régé.	Epn gaules	Epn march.	Sab régé.	Sab gaules	Sab march.	Pet régé.	Pet gaules	Pet march.	
	1951	1	44	128	15182	84	287	98760	217	885	1	1	1
	1952	633	10	35	1265	20	1	22693	1	1	1	1	10
	1955	1344	1	30	1819	44	1	22535	15	1	1	1	1
	1958	2530	5	20	1977	124	1	42540	232	1	870	10	1
	1962	1	15	30	474	633	5	30917	1873	1	1	1	1
	1966	158	20	1	1	1063	40	11465	4052	1	316	1	1
	1974	474	124	10	1740	1502	203	11702	13437	104	1	1	1
	1979	1	158	1	1	959	573	2688	10131	217	1	1	1
	1989	89	390	10	2160	633	820	3509	5728	59	1	1	1

Tableau 14. Nombre de tiges par hectare dans les pessières révélé par les inventaires

Site	Année	Nombre de tige/hectare									
		Bop régé.	Epn régé.	Epn gaules	Epn adulte	Sab régé.	Sab gaules	Sab march.	Mel régé.	Mel gaules	
12	1945	79	22851	469	806	17237	469	35	1	1	
	1946	1	3242	277	1	3197	598	15	1	1	
	1955	158	9884	277	1	1819	89	1	1	5	
	1958	1	13600	277	1	2214	69	1	237	5	
	1962	1	9963	3395	10	712	59	1	395	10	
	1966	1	6247	4319	5	3321	104	10	1028	15	
	1989	1	51601	8332	1238	21999	484	1	1	378	
	Bop régé.	Bop gaules	Bop march.	Epn régé.	Epn gaules	Epn march.	Sab régé.	Sab gaules	Sab march.	Pet régé.	
21	1946	158	1	30	22061	59	894	5851	1483	94	1
	1950	13996	1	1	1	1	5693	815	30	1	
	1952	1	1	1	28307	1	1	5377	672	15	1
	1955	870	15	1	22693	15	1	6088	697	1	1
	1958	712	114	1	24354	79	1	3954	1310	1	1
	1962	633	178	1	40563	2511	1	4902	2866	20	474
	1967	1	193	1	19610	6953	1	3637	2056	49	1
	1989	1	49	1	16202	6175	393	11720	294	1	1
K	Bop régé.	Bop gaules	Bop march.	Epn régé.	Epn gaules	Epn march.	Sab régé.	Sab gaules	Sab march.	Mel régé.	Mel gaules
	1942	1	1	1	21033	153	1186	3084	20	35	1
	1945	1	1	1	14154	667	40	870	99	1	1
	1949	395	1	1	24354	692	69	2056	64	10	79
	1952	1	1	1	18503	450	64	2767	25	1	1
	1955	1	1	1	25303	3163	109	1977	1	10	1
	1958	158	30	1	49657	1695	1	5456	59	1	158
	1962	1	1	1	22851	6864	183	2530	168	10	227
15	1966	1	1	1	8619	3262	1	79	1	198	1
	1974	1	1	1	11307	9607	395	1423	133	10	1
	1989	1	1	1	53499	10032	840	8999	99	1	1
	Bop régé.	Bop gaules	Bop march.	Epn régé.	Epn gaules	Epn march.	Sab régé.	Sab gaules	Sab march.		
	1945	1977	1	49	9884	40	529	18048	1404	242	
	1946	1	5	35	3973	15	44	4665	578	25	
	1950	3400	1	1	6563	1	1	9251	781	15	
	1952	1	1	1	8777	1	1	11515	1166	25	
J	1955	2609	104	1	5930	64	1	9884	1171	1	
	1958	4112	385	1	3874	494	1	13600	1908	1	
	1962	1186	810	1	3163	2599	1	5693	5411	74	
	1967	79	563	1	7591	2985	30	10437	3850	232	
	1989	1	551	1	20875	2562	549	34895	124	1	
	Bop régé.	Bop gaules	Bop march.	Epn régé.	Epn gaules	Epn march.	Sab régé.	Sab gaules	Sab march.	Mel régé.	Pet régé.
	1942	1	1	20	791	54	855	17158	1102	445	1
	1945	1	1	10	1502	1	1	15893	64	5	1
J	1949	3874	1	1	4349	1	1	24828	222	15	1
	1952	3400	1	1	633	10	1	10042	109	1	79
	1955	3558	1	5	2372	1	1	39140	1	1	1
	1958	2609	104	5	553	376	1	23247	1631	1	1
	1962	3242	252	1	1028	983	1	20005	4922	25	1
	1966	1	109	1	474	1092	5	6721	3509	74	1
	1974	237	237	1	316	1389	173	5930	8031	252	79
	1989	1	395	1	48127	1186	544	62753	5387	297	1