

ERIC ALVAREZ

**INFLUENCE D'UN SIÈCLE DE RÉCOLTE FORESTIÈRE
SUR LA FORÊT MÉLANGÉE TEMPÉRÉE DE LA
MAURICIE**

Thèse présentée
à la Faculté des études supérieures de l'Université Laval
dans le cadre du programme de doctorat en Sciences Forestières
pour l'obtention du grade de Philosophiae Doctor (Ph.D.)

DÉPARTEMENT DES SCIENCES DU BOIS ET DE LA FORÊT
FACULTÉ DE FORESTERIE ET DE GÉOMATIQUE
UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC

2009

Résumé

Afin d'être en mesure d'établir des stratégies d'aménagement durable dans la forêt mélangée tempérée de la Mauricie (Québec, Canada) les aménagistes de ce territoire ont l'intérêt d'avoir une appréciation de l'impact historique de l'industrie forestière. L'objectif principal de cette étude était de documenter, à l'échelle du paysage, l'influence de l'historique de l'exploitation forestière sur l'évolution du couvert forestier et le capital ligneux dans cette forêt. L'étude s'est principalement basée sur des données d'archives, particulièrement un fonds d'archives de la compagnie AbitibiBowater inc.

Le premier chapitre de cette étude avait pour objectif d'établir un portrait forestier préindustriel de cette forêt. De grands feux en 1870 et 1923, en plus de trois épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette au cours du 20^e siècle, furent les principales perturbations naturelles. Il est apparu que quelle que soit l'échelle de paysage considérée dans cette étude, la forêt mélangée préindustrielle de la Mauricie était principalement mature ou surannée (> 100 ans) et dominée par le type de couvert « mélangé » avec feuillus intolérants. Au niveau des essences individuelles, le couvert forestier était dominé par le bouleau blanc, l'épinette noire et le pin gris, soit des essences de début de succession après feu en forêt boréale.

Le chapitre 2 avait pour objectif de reconstituer l'évolution du couvert forestier dans quatorze paysages ainsi que qualifier l'altération possible des coupes sur l'évolution du couvert forestier. Pour répondre à ce dernier objectif, dans une logique d'analyse par triangulation trois méthodes d'analyse ont été mises à profit. La principale altération de la récolte forestière sur l'évolution du couvert forestier fut qualifiée d'additive à la dynamique naturelle, particulièrement en lien avec le phénomène d'enfeuillage.

L'objectif du chapitre 3 était de reconstituer l'évolution de la récolte forestière dans une ancienne concession forestière (Vermillon) à l'aide d'indicateurs nous permettant de réfléchir aux implications de la révocation des concessions en 1986 sur la pérennité de la ressource bois. Dans le contexte de notre étude de cas, on a constaté que depuis la révocation de la concession Vermillon, il y avait eu augmentation de la récolte forestière. S'il nous était impossible de juger

si cet accroissement s'était fait au détriment de la pérennité de la ressource bois, il est apparu que, dans une optique de rendement soutenu, notre marge de sécurité a certainement diminué depuis l'application de la politique de 1986.

« Garder la mémoire de nos actions et leurs résultats » devrait être un leitmotiv dans notre aménagement forestier. Minimale, il conviendrait de garder en mémoire les informations, données, qui sont collectées à même les opérations régulières d'aménagement.

Abstract

To ensure sustainable development in a temperate mixedwood boreal forest in central Quebec (Canada), forest managers would like to measure the historical impact of harvesting on forest cover evolution at the landscape level. The main objective of this study was to document, at the landscape level, the historical effects of harvesting on forest cover evolution and wood volume. The study was mainly based on archival records, particularly AbitibiBowater inc 's archives.

The objective of the first chapter of this study was to characterize the pre-industrial forest. The main natural disturbances were big fires in 1870 and 1923 and three spruce budworm epidemics in the 20th century. Whatever the scale considered in this study, the pre-industrial forest cover was mainly composed of mature or old-growth (> 100 years) and dominated by mixedwood forest stands with intolerant hardwoods. The main forest species were white birch, black spruce and jack pine, three species associated to forest succession after fire in the boreal forest.

Chapter 2 had as objectives to make an historical reconstruction of forest cover evolution in 14 landscapes and to qualify the possible effects of harvesting. For the latter, we used three analytical methods in a triangulation approach. The main alteration of forest harvesting on forest cover was qualified as additive to the natural dynamic, particularly considering the increase of intolerant hardwoods.

The objective of chapter 3 was to make an historical reconstruction of wood harvesting in a past forest concession (Vermillon). We monitored indicators of forest sustainability in order to discuss the impacts of forest concession revocation in 1986. In the context of our study we noted an increase of wood harvesting after the revocation. Although we were unable to conclude that the new policy was a threat to wood production sustainability, on a sustainable yield basis, our security margin has surely diminished since the introduction of the policy of 1986.

“To keep in mind the actions we have done and their results” should be a leitmotiv in our forest management. At least, we should record the data collected during regular operations.

Avant-propos

Le temps que peut prendre la rédaction d'une thèse de doctorat donne à penser que nous écrivons l'œuvre de notre vie. Pourtant, ce n'est pas la fin mais le début du voyage! Je le réalise alors que j'en arrive à la fin. En science, le succès se mesure en nombre de publications. Mais un doctorat se doit d'être plus que nos premières armes en publication. De par le fait que c'est une période de notre vie professionnelle où nous avons plus de temps et de liberté pour penser, un doctorat se doit d'être un incubateur à idées; un incubateur qui va donner l'impulsion à notre carrière.

En ce sens, le doctorat m'aura permis de me définir une voie qui est en soi difficile mais potentiellement très porteuse, soit de prendre la mesure des événements passés dans le milieu forestier sur la situation d'aujourd'hui. Il ne s'agit pas ici de seulement décrire, détailler le passé, mais de voir comment il influence la situation présente. C'est cependant une voie peu fréquentée où les références et méthodes sont peu nombreuses. Le lecteur pourra s'en rendre compte particulièrement à la lecture des chapitres 2 et 3 que les méthodologies utilisées, si elles font appel à des techniques connues, ont toutefois été arrimées originalement. En fin de compte, j'espère que cette thèse sera susciter auprès du lecteur une réflexion plus large sur l'état des forêts aujourd'hui et peut-être stimuler d'autres vocations dans le domaine car il y a beaucoup à faire!

Les chapitres sont présentés sous forme d'articles avec trois coauteurs. Dans chaque cas je suis l'auteur principal et, pour chaque article, c'est moi qui ai établi le protocole expérimental, fait la prise de données, les compilations et analyses nécessaires. J'ai aussi fait toute la rédaction. Les coauteurs, en particulier mon directeur de thèse (M. Louis Bélanger), ont essentiellement collaboré en me faisant part de leurs critiques et suggestions. Au moment d'écrire cet avant-propos, le chapitre 3 avait été envoyé pour publication à l'éditeur de Forestry Chronicle sous une forme réduite afin de prendre en compte des commentaires qui avaient été émis suite à une première soumission. L'article qui sera publié sera donc plus court que la version présentée ici.

*Tenter, sans force et sans armure,
D'atteindre l'inaccessible étoile,
Telle est ma quête,
Suivre l'Étoile,
Peu importe mes chances,
Peu importe le temps.
Jacques Brel (« La Quête »)*

Remerciements

Huit ans, c'est long! Si on ne fait pas un doctorat pour être riche, il importe cependant d'assurer sa subsistance pour en arriver au bout. Je souhaiterais donc remercier en premier lieu les organismes suivants qui, à différents moments dans mon doctorat, m'ont soutenu financièrement: le Réseau de gestion durable des forêts, le Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies, le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (via les Volets I), le Centre de Recherche en Biologie Forestière (CRBF, aujourd'hui fusionné dans le Centre d'études de la Forêt) de l'Université Laval et la compagnie AbitibiBowater Inc. Je ne peux non plus passer sous silence l'apport de ma conjointe sans qui cette thèse se serait encore plus prolongée!

Tout au long du doctorat, plusieurs personnes m'ont apporté leur appui et collaboration de telle façon que cette thèse aurait été grandement handicapée sans eux. Je souhaiterais tout d'abord souligner l'apport des gens d'AbitibiBowater Inc. à Grand-Mère, particulièrement messieurs Jean Girard, Dave Chamberlain, Luc Généreux, Luc Moreau et madame Joanne Painchaud. Aussi, un gros merci aux retraités de la compagnie que j'ai eu le plaisir d'interviewer soit messieurs Alex Morris, John Conway et Adrien Dubé. Vous m'avez ouvert les yeux sur un monde de l'aménagement forestier que nous ne connaissons plus aujourd'hui au Québec (à tout le moins en forêts publiques).

Je voudrais aussi souligner la collaboration de messieurs Serge Lemay (technicien forestier), Denis Thibault (Smurfit-Stone), Pierre J. H. Richard (paléoécologie) et madame Jocelyne Mathieu (vérification de mon formulaire d'entrevues) qui ont pris le temps de collaborer à mes recherches. Je voudrais aussi remercier mon ami Martin Barrette pour le bon temps passé ensemble et les échanges stimulants.

Une thèse de doctorat est un travail intellectuel de longue haleine. Je voudrais à ce sujet tout d'abord remercier mon directeur de thèse, monsieur Louis Bélanger, pour la liberté de penser qu'il m'a offerte et pour le grand respect qu'il a eu pour ma démarche intellectuelle. En fin de compte, un « docteur » en recherche doit être un leader pour faire avancer nos connaissances. En ce sens, je n'aurai probablement pas pu avoir meilleure formation. Un merci bien particulier à

monsieur Louis Archambault qui a collaboré depuis les débuts du projet et qui m'a fait part de plusieurs précieux commentaires. Pour compléter, mes remerciements vont à monsieur Frédéric Raulier qui est arrivé dans le projet à mi-parcours mais qui a bonifié de par ses commentaires le chapitre 2 et a grandement contribué au chapitre 3.

À Julie,

Table des matières

Résumé	ii
Abstract	iv
Avant-propos	v
Remerciements	vi
Table des matières	ix
Liste des Tableaux	xii
Liste des Figures	xiv
Liste des Figures	xiv
Introduction générale	18
Chapitre 1. Portrait forestier préindustriel de la forêt mélangée tempérée en Mauricie (Québec, Canada).	22
1. Introduction	25
2. Aire d'étude	27
2.1 Délimitation écologique	27
2.2 Délimitation territoriale préindustrielle	27
3. Méthodologie : sources et analyses	28
3.1 Les perturbations naturelles	28
3.1.1 Feux	28
3.1.2 Insectes et maladies	29
3.2. Qualification de l'état d'équilibre des paysages	29
3.3 Couvert forestier et stade de développement préindustriels selon trois niveaux de perception du paysage	31
3.4 Structure préindustrielle des peuplements matures (60 ans et plus)	33
4. Résultats	35
4.1 Les perturbations naturelles	35
4.2 Qualification de l'état d'équilibre des paysages	38
4.3 Portrait forestier préindustriel à trois niveaux de perception du paysage	38
4.3.1 Le couvert forestier	38
4.3.2 Stades de développement	39
4.3.3 Structure à l'échelle des types forestiers matures	40
5. Discussion	41
5.1 Caractéristiques préindustrielles de la forêt mélangée tempérée	41
5.1.1 Une forêt mélangée mature à faciès de forêt boréale	41
5.1.2 Une forêt avec une grande variabilité naturelle	43
5.1.3 Mise en contexte temporelle	43
5.2 Conséquences sur l'aménagement	44
6. Remerciements	45
7. Bibliographie	46
Chapitre 2. Reconstitution de l'évolution du couvert forestier dans une forêt mélangée du Québec (Canada) et influence d'un siècle de récolte dans un contexte d'interactions de perturbations	72
1. Introduction	75

2. Méthodologie	77
2.1 Cadre écologique de référence	77
2.2 Sélection des paysages	77
2.3 Reconstitution de l'évolution du couvert forestier et des différentes perturbations	78
2.3.1 Sources	78
2.3.1.1 Couvert forestier	78
2.3.1.2 Historique des perturbations antérieures à 1957	79
2.3.1.3 Historique des perturbations entre 1957 et 1996	79
2.4 Analyse de l'influence des coupes sur l'évolution du couvert à l'échelle du paysage	80
2.4.1 Principe de l'analyse	80
2.4.2 Qualification des paysages selon l'historique des perturbations	81
2.4.3 Méthodes d'analyse	82
2.4.3.1 Patrons d'évolution du couvert	82
2.4.3.2 Respect de la variabilité préindustrielle	83
2.4.3.3 Analyses multivariées	84
3. Résultats	85
3.1 Évolution du couvert forestier	85
3.1.1 Échelle « grand paysage » (4 169 km ²)	85
3.1.2 Échelle des paysages individuels	86
3.1.2.1 Qualification de l'abondance relative des coupes	86
3.1.2.2 Évolution du couvert forestier	87
3.2 Influence des coupes sur l'évolution du couvert	88
3.2.1 Patrons d'évolution du couvert	88
3.2.2 Respect de la variabilité préindustrielle	89
3.2.3 Analyses multivariées	90
4. Discussion	91
4.1. Une forêt mélangée avec une dynamique naturelle très présente	91
4.2 De l'intérêt d'étudier à différentes échelles de paysage	93
5. Remerciements	95
6. Bibliographie	96

Chapitre 3. Reconstitution historique de l'évolution de la récolte dans le territoire d'une ancienne concession forestière de la Mauricie (Québec).	121
1. Introduction	124
2. Aire d'étude	126
2.1 Sélection et écologie	126
2.2 Historique de l'aménagement et des perturbations naturelles	126
2.3 Évolution du couvert forestier et des classes d'âge	128
3. Méthodologie	129
3.1 Principe de l'analyse	129
3.2 Les indicateurs de pérennité : sources et analyse	130
3.2.1 Indicateurs de récolte des essences pour le produit pâte	130
3.2.1.1 Évolution du volume récolté	130
3.2.1.2 Évolution de la superficie récoltée	131
3.2.1.3 Évolution de volume de bois à pâte coupé/hectare	131
3.2.2 Évolution de la possibilité forestière pour les essences associées au produit pâte	132
3.2.3 Évolution du volume de bois sur pied entre 1958 et 2000	133

3.2.4 Proportion coupée pour les produits autres que la pâte	133
3.3 Variables contextuelles	134
3.3.1 Influence des changements dans la méthode de calcul de la possibilité forestière	134
3.3.2 Influence de l'évolution des classes d'âge et de la productivité de la forêt	136
3.3.3 Proportion de la possibilité forestière coupée	137
3.3.4 Évolution du volume coupé entre 1923-2007 en forêt publique québécoise	137
4. Résultats	137
4.1 Indicateurs de récolte des essences pour le produit pâte	137
4.2 Évolution de la possibilité forestière pour les essences associées au produit pâte	139
4.3 Évolution du volume de bois sur pied entre 1958 et 2000	139
4.4 Proportion coupée pour les produits autres que la pâte	140
4.5 Variables contextuelles	140
4.5.1 Influence des changements dans la méthode de calcul de la possibilité forestière	140
4.5.2 Influence de l'évolution des classes d'âge et de la productivité de la forêt	141
4.5.3 Proportion de la possibilité forestière coupée	142
4.5.4 Évolution du volume coupé entre 1923-2007 en forêt publique québécoise	143
5. Discussion	143
5.1 Influence du changement de la politique forestière sur l'aménagement	145
5.1.1 Fiabilité des intrants	145
5.1.2 Évolution de la récolte à l'échelle du Québec : un changement de paradigme	146
6. Conclusion	147
8. Remerciements	148
9. Bibliographie	149
Conclusion générale	168
Bibliographie	171

Liste des Tableaux

CHAPITRE 1

- Tableau 1.** Description des sources historiques utilisées.53
- Tableau 2.** Proportions de la superficie productive couvertes par les perturbations naturelles et la récolte forestière entre 1870 et 1958 dans les six blocs (paysages) retenus pour établir le portrait forestier préindustriel de la forêt mélangée tempérée en Mauricie en 1946 et 1957 (North Vermillon a seulement servi pour 1946)55
- Tableau 4.** Classification de l'état d'équilibre des quatorze blocs selon Turner et al. (1993).57
- Tableau 5.** Proportion (% de la superficie) des stades de développement et des types forestiers pour quatre territoires de la « Brown Corporation » totalisant 1 054 km². Données de 1912 actualisées en 1923 pour tenir compte des coupes.58
- Tableau 6.** Proportion (% de la superficie), en 1921, des types forestiers dans un territoire de 97 km² aménagé par la Laurentide Corporation Ltd.59
- Tableau 7.** Statistiques associées aux types de couverts préindustriels dans la forêt mélangée de la Mauricie (Québec, Canada) selon l'échelle de paysage. Entre parenthèses, le nombre de paysages considérés. Les statistiques sont basées sur les données de 1946 et 1957.60
- Tableau 8.** Statistiques des stades de développement préindustriels dans la forêt mélangée de la Mauricie (Québec, Canada) selon l'échelle de paysage. Entre parenthèses, le nombre de paysages considérés. Les statistiques sont basées sur les données de 1946 et 1957.61
- Tableau 9.** Proportion (% nombre de tiges et volume) préindustrielle des essences dans les peuplements matures et surannés (61 ans et +) de la forêt mélangée tempérée en Mauricie.62
- Tableau 10.** Proportions (%) préindustrielles des différentes structures diamétrales de peuplements matures et surannés (61 ans et +) dans cinq blocs (paysages) de la forêt mélangée tempérée en Mauricie. La valeur de n correspond au nombre de tables de peuplements matures par paysage. Note : il y avait eu des coupes partielles pour la récolte de grands pins blancs et épinettes rouges.63
- Tableau 11.** Caractéristiques préindustrielles de la forêt mélangée tempérée de la Mauricie.64

CHAPITRE 2

- Tableau 1.** Proportions (%) de la superficie productive couvertes par la récolte ou les perturbations naturelles entre 1923 et 1996 à l'échelle « grand paysage » (4 169 km²).101
- Tableau 2.** Historique des perturbations naturelles et de la récolte forestière des quatorze paysages analysés sur la base de la proportion de la superficie productive couverte. Paysages classés selon les trois classes d'abondance relative des coupes retenues.102

Tableau 3. Analyse statistique selon le test de Kruskal-Wallis comparant les proportions préindustrielles des différents types de couvert et types forestiers avec leurs proportions dans les quatorze paysages à l'étude classés selon leur abondance relative de coupes. Présentation des valeurs moyennes. Voir Figure 13. 104

Tableau 4. Comparaison des proportions (superficie productive) des différents types forestiers entre des conditions préindustrielles et 1996. 106

CHAPITRE 3

Tableau 1. Liste et description des sources d'archives utilisées. Elles ont été retracées à la compagnie AbitibiBowater Inc. (Grand-Mère, Québec, Canada). 152

Tableau 2. Paramètres utilisés pour le calcul de la possibilité forestière (CPF) avec Woodstock. Chaque scénario de simulation comprenait un élément de chaque paramètre. Dans le cas des transitions, ce sont des combinaisons des différentes options pour chaque type de couvert (résineux/mélangés/feuillus) qui ont été utilisées. 154

Tableau 3. Écarts (%) entre la possibilité forestière dans les aires communes dans lesquelles la concession Vermillon a été dispersée et la possibilité forestière calculée dans les limites de la concession Vermillon selon les classes d'âge de 2000 et la méthode du plan de 1960 : a) révolution de 75 ans (312 000 m³/an); b) révolution de 70 ans (334 000 m³/an). 155

Tableau 4. Proportion (%) de la possibilité forestière coupée a) dans toutes les concessions de la Consolidated Paper Corporation Ltd et b) les aires communes dans lesquelles la concession Vermillon fut dispersée. 156

Liste des Figures

Introduction générale

Figure 1. Localisation du territoire d'étude et limites des concessions forestières Manouane et Vermillon21

Chapitre 1

Figure 1. Localisation de l'aire d'étude. Blocs (paysages, en gras) retenus pour établir le portrait préindustriel: CV : Central Vermillon, K : Kempt, ML : Manouane Lake, M : Morialice, NV : North Vermillon et T : Tikenne. Autres blocs : F : Flamand, LB : Lake Blanc, NV : North Vermillon, P : Populo, SV : South Vermillon, URR : Upper Rat River, UV : Upper Vermillon, V : Vermillon, W : Wessonneau.....65

Figure 2. Représentation schématique des trois niveaux de perception du paysage analysés.66

Figure 3. Diagramme des paysages selon leur niveau d'équilibre selon Turner et al. (1993) (CV : Central Vermillon, F : Flamand, K : Kempt, LB : Lake Blanc, ML : Manouane Lake, M : Morialice, NV : North Vermillon, P : Populo, SV : South Vermillon, T : Tikenne, URR : Upper Rat River, UV : Upper Vermillon, V : Vermillon, W : Wessonneau).67

Figure 4. Représentation graphique des proportions des types de couverts forestiers préindustriels (: Feuillu, : Mélangé, : Résineux) selon les trois niveaux de perception du paysages considérés. CV : Central Vermillon, K : Kempt, ML : Manouane Lake, M : Morialice, NV : North Vermillon, T : Tikenne. Les compartiments (« Cpts ») sont représentés par leur valeur moyenne (1946 : n=54, 1957 : n=53).....68

Figure 5. Représentation graphique des proportions des types forestiers préindustriels dans cinq blocs (paysages) de la forêt mélangée de la Mauricie (Québec, Canada). Légende : : Pessière noire, : Pinède grise, : Résineux (aucune essence ne domine), : Mélangés avec feuillus intolérants (bouleau blanc), : Mélangés avec feuillus tolérants (bouleau jaune), : Feuillus intolérants (bouleau blanc, peuplier faux-tremble), : Feuillus tolérants (érables, bouleau jaune).....69

Figure 6. Représentation graphique des proportions des stades de développement préindustriels de la forêt mélangée tempérée de la Mauricie (Québec, Canada) selon trois niveaux de perception du paysage. CV : Central Vermillon, K : Kempt, ML : Manouane Lake, M : Morialice, T : Tikenne. Les compartiments (« Cpts ») sont représentés par leur valeur moyenne (1946 : n=54, 1957 : n=43). Légende : : Matures et surannés (> 60 ans), : Surannés (> 100 ans), : Matures (61-100 ans), : Jeunes (≤ 60 ans), : En régénération (0-20 ans).....70

Figure 7. Répartition préindustrielle de la grosseur des principales essences présentes dans les peuplements matures et surannés (61 ans et +) de la forêt mélangée tempérée en Mauricie (Québec, Canada). Grosseurs (diamètres à hauteur de poitrine) : Gaules= 1,5 à 9,0 cm – 1 à 3 pouces; Petites tiges= 9,1 à 16,7 cm – 4 à 6 pouces; Moyennes tiges= 16,8 à 24,3 cm – 7 à 9 pouces; Grosses tiges= 24,4 à 31,9 cm – 10 à 12 pouces; Très grosses tiges = $\geq 32,0$ cm – ≥ 13 pouces (Fortin et al. 2003). 71

Chapitre 2

Figure 1. Localisation de l’aire d’étude. CV : Central Vermillon, F : Flamand, K : Kempt, LB : Lake Blanc, ML : Manouane Lake, M : Morialice, NV : North Vermillon, P : Populo, SV : South Vermillon, T : Tikenne, URR : Upper Rat River, UV : Upper Vermillon, V : Vermillon, W : Wessonneau. 107

Figure 2. Évolution a) des types de couvert forestier (■ : Mélangés, ● : Résineux, ▲ : Feuillus) et b) de six types forestiers à l’échelle « grand paysage (4 169 km²) (EE : Pessières noires; PgPg : Pinèdes grises; R : Résineux sans dominance d’une essence; RFi : Mélangés avec résineux dominants, R=50%-75%; FiR : Mélangés avec feuillus intolérants dominants; R=25%-50%, Fi : Feuillus intolérants) 108

Figure 3. Représentation graphique de la qualification des paysages étudiés selon l’abondance relative des coupes entre 1923 et 1996. Entre parenthèses : ratio coupes/perturbations naturelles pour la période 1923-1996. Représentation graphique selon un dendrogramme de Ward. 109

Figure 4. Évolution des types de couvert forestier (■ : Mélangés, ● : Résineux, ▲ : Feuillus, o : non défini) à l’échelle des paysages individuels pour lesquels la qualification de l’abondance relative des coupes entre 1923 et 1996 fut “supérieure”. Les lignes verticales délimitent les principales périodes de coupe. 110

Figure 5. Évolution des types de couvert forestier (■ : Mélangés, ● : Résineux, ▲ : Feuillus, o : non défini) à l’échelle des paysages individuels pour lesquels la qualification de l’abondance relative des coupes entre 1923 et 1996 fut “équivalente”. Les lignes verticales délimitent les principales périodes de coupe. 111

Figure 6. Évolution des types de couvert forestier (■ : Mélangés, ● : Résineux, ▲ : Feuillus, o : non défini) à l’échelle des paysages individuels pour lesquels la qualification de l’abondance relative des coupes entre 1923 et 1996 fut “inférieure”. Les lignes verticales délimitent les principales périodes de coupe. 112

Figure 7. Évolution du type forestier Mélangé à dominance de feuillus intolérants (FiR) entre 1957 et 1996 par paysages regroupés selon leur qualification de l’abondance relative des coupes entre 1923 et 1996. = “grand paysage” (4 169 km²). Voir Figure 1 pour la correspondance des codes de paysage..... 113

Figure 8. Évolution du type forestier Feuillus intolérants (Fi) entre 1957 et 1996 par paysages regroupés selon leur qualification de l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996. = "grand paysage" (4 169 km ²). Voir Figure 1 pour la correspondance des codes de paysage.	114
Figure 9. Évolution du type forestier Pinède grise (PgPg) entre 1957 et 1996 par paysages regroupés selon leur qualification de l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996. = "grand paysage" (4 169 km ²). Voir Figure 1 pour la correspondance des codes de paysage.	115
Figure 10. Évolution du type forestier Pessière noire (EE) entre 1957 et 1996 par paysages regroupés selon leur qualification de l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996. = "grand paysage" (4 169 km ²). Voir Figure 1 pour la correspondance des codes de paysage.	116
Figure 11. Évolution du type forestier Résineux sans dominance d'une essence (R) entre 1957 et 1996 par paysages regroupés selon leur qualification de l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996. = "grand paysage" (4 169 km ²). Voir Figure 1 pour la correspondance des codes de paysage.	117
Figure 12. Évolution du type forestier Mélangé à dominance de résineux (RFi) entre 1957 et 1996 par paysages regroupés selon leur qualification de l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996. = "grand paysage" (4 169 km ²). Voir Figure 1 pour la correspondance des codes de paysage.	118
Figure 13. Représentation graphique de la proportion (superficie) des types forestiers avec les valeurs de "p" de Kruskal-Wallis les plus significatives (Tableau 5) a) le type de couvert résineux, b) le type forestier pinèdes grises c) le type forestier mélangés à dominance de feuillus intolérants.	119
Figure 14. Représentation graphique des quatre groupes délimités par les analyses de groupement sur les résultats de l'analyse en composante principale. Voir le Tableau 3 pour la liste des types forestiers. Stades : "_j" = jeune; "_m" = "mature". Paysages : CV : Central Vermillon, F : Flamand, K : Kempt, LB : Lake Blanc, ML : Manouane Lake, M : Morialice, NV : North Vermillon, P : Populo, SV : South Vermillon, T : Tikenne, URR : Upper Rat River, UV : Upper Vermillon, V : Vermillon, W : Wessonneau.	120

Chapitre 3

Figure 1. Localisation des limites de la concession Vermillon et des aires communes dans lesquelles elle fut dispersée.	157
Figure 2. Proportions comparatives de la superficie productive a) des grands groupements forestiers et b) des classes d'âge en 1958 et 2000.	158

- Figure 3.** Volume de bois sur pied (x 1 000 000 m³) en 1958 et 2000 selon a) les types de couverts et de produits et b) les essences forestières. 159
- Figure 4.** Localisation des limites de la concession Vermillon et des deux unités d'aménagement forestier établies en date du 1^{er} avril 2008. 160
- Figure 5.** Volume (m³) de bois à pâte (sapins, épinettes, pin gris) récolté dans les limites de la concession Vermillon entre 1932 et 1969 et moyenne des volumes coupés entre 1990 et 2002 dans quatre aires communes incorporant des sections de la concession Vermillon. : fusion Vermillon-Lower Mattawin; valeurs pondérées à l'échelle de Vermillon . : Possibilité forestière établie selon la méthode du plan d'aménagement de 1960. : Fourchette des niveaux de possibilité forestière calculée via Woodstock. : Possibilité forestière si la forêt avait eu une structure d'âge « normale ». : Possibilité forestière moyenne des aires communes. Les valeurs associées aux aires communes ont toutes été pondérées à la superficie productive de Vermillon en 1960. 161
- Figure 6.** Volume (m³) moyen de bois à pâte (sapins, épinettes, pin gris) récolté selon une moyenne courante de 5 ans dans la concession Vermillon et pour la période 1990-2002 dans les quatre aires communes dans lesquelles elle fut subdivisée en 1986. Les valeurs associées aux aires communes ont été pondérées à la superficie productive de Vermillon en 1960... 162
- Figure 7.** Superficies (hectares) coupées dans les limites de la concession Vermillon et les quatre aires communes dans lesquelles elle a été subdivisée entre 1936 et 2002. a) Compilation annuelle b) Moyenne courante par période de 5 ans. Les valeurs associées aux aires communes ont été pondérées à la superficie productive de Vermillon en 1960. 163
- Figure 8.** Volume (m³) de bois à pâte (sapins, épinettes, pin gris) récolté/hectare dans les limites de la concession Vermillon entre 1936 et 1976 et en moyenne entre 1990 et 2002 dans quatre aires communes incorporant des sections de la concession Vermillon. 164
- Figure 9.** Évolution de la proportion coupée pour le produit pâte (sapins, épinettes, pin gris) (◆), autres produits résineux (■) et produits feuillus (▲) dans les limites de la concession Vermillon entre 1937-38 et 1968-69 et moyenne des volumes coupés entre 1990 et 2002 dans quatre aires communes incorporant des sections de la concession Vermillon. 165
- Figure 10.** Comparaison de courbes de rendement tirées du plan d'aménagement de Vermillon de 1960 et celles des hypothèses de courbes « actuelles » adaptées à l'Unité d'Aménagement Forestier 43-52. Dans chacun des cas nous nous en sommes tenus au volume associé au produit « pâte » (SEPM). 166
- Figure 11.** Évolution du volume de bois récolté en forêt publique québécoise (■) et dans les concessions forestières (●) entre 1923 et 2007. (■) : données préliminaires. 167

Introduction générale

Un des principaux défis des aménagistes forestiers d'aujourd'hui est d'être en mesure d'établir des stratégies d'aménagement durable. La forêt mélangée tempérée de la Mauricie (Québec, Canada) a un long historique de récolte et les aménagistes ont l'intérêt d'avoir une appréciation de l'impact historique de l'industrie forestière. En ayant une appréciation de l'impact qui a pu être créé par l'industrie, ils seront alors mieux en mesure de prendre des moyens pour adapter leurs stratégies d'aménagement afin de se rapprocher d'un aménagement forestier durable.

L'exploitation commerciale de la forêt à l'étude a commencé vers 1850 avec la récolte des grands pins blancs (*Pinus strobus* L.), pins rouges (*Pinus resinosa* Soland.) et épinettes blanches (*Picea glauca* (Moench) Voss) (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960; Hardy et Séguin 1984). Cette industrie du sciage axée sur les gros arbres disparut à la fin des années 1800 pour être progressivement remplacée par l'industrie des pâtes et papiers. Cette industrie fut dominante dans la région depuis le début des années 1900 jusqu'à nos jours. Signe de cette dominance, Trois-Rivières, la capitale de la Mauricie, fut dans les années 1970 nommée « Capitale mondiale » des pâtes et papiers (Hardy et Séguin 2004).

Pour bien mesurer les impacts de l'historique forestier associé à cette industrie, il faut prendre la mesure du fait que dans le dernier siècle nous avons connu au Québec deux grandes politiques forestières avec des stratégies très différentes. La première grande politique fut celle des concessions forestières. Par cette politique, le gouvernement cédait son droit sur les arbres à des industriels forestiers en échange de diverses redevances. Si les arbres étaient ainsi privatisés, le fond de terre demeurait cependant sous juridiction publique.

La première concession forestière fut octroyée en 1826 (Ministère des Terres et Forêts du Québec 1965). Les concessions étaient renouvelables annuellement et sans limites de temps pourvu que l'industriel respectait les règles applicables à l'exploitation, au mesurage et au paiement des droits de coupe (Gaudreault et St-Hilaire 1983; Paillé et Deffrasnes 1988). De façon générale, les concessionnaires avaient une grande liberté pour aménager la forêt selon leurs besoins. En

particulier, une conséquence de la privatisation des arbres était que le responsable de l'attribution des volumes de bois était le concessionnaire, même pour les essences dont il ne faisait pas usage.

C'est au début des années 1970 que le gouvernement québécois amorça son virage pour reprendre en main l'aménagement des forêts. Les justifications pour ce faire ont d'abord été exprimées dans un Livre Vert (1971) (Ministère des Terres et Forêts du Québec 1971). L'année suivante, le gouvernement présentait le tome 2 du Livre Vert concernant les moyens envisagés, dont la révocation des concessions forestières (Ministère des Terres et Forêts du Québec 1972). Dans un premier temps, la rétrocession se fit par négociation à l'aide d'incitatifs financiers. Au début des années 80, le constat était toutefois que seulement 36% des concessions avaient été rétrocédées (Gaudreault et St-Hilaire 1983). Une nouvelle réflexion s'amorça qui déboucha sur la rétrocession complète des concessions en 1986 et leur remplacement par le système de Contrat d'Approvisionnement et d'Aménagement Forestier (CAAF) actuel (Paillé et Deffrasnes 1988). Aucune compensation financière ne fut versée à cette occasion. Dans le système actuel, c'est le gouvernement qui octroie les volumes de bois en plus de fixer plusieurs règles concernant l'aménagement des forêts. Ne serait-ce qu'en cela, c'est une politique très différente de celle qui a prévalu pendant plus de 100 ans.

L'objectif principal de cette étude était de documenter, à l'échelle du paysage, l'influence de l'historique de l'exploitation forestière sur l'évolution du couvert forestier et le capital ligneux dans la forêt mélangée tempérée de la Mauricie (Gosselin et al. 2000). Plus spécifiquement nous nous sommes attardés aux limites des deux anciennes concessions forestières, soit Manouane et Vermillon, qui ont été aménagées par une ancêtre de l'actuelle AbitibiBowater Inc. (Figure 1). De fait, cette étude a été rendue possible par le fait que par le biais de l'actuelle AbitibiBowater Inc., nous avons accès à un grand fonds d'archives. Situé juste au sud de la forêt boréale, ce fut un territoire privilégié pour la récolte forestière mais qui, comparativement à cette dernière, a été beaucoup moins étudié.

Le premier chapitre s'est voulu un chapitre de base à cette étude alors que nous avons caractérisé les perturbations naturelles qui ont façonné la dynamique forestière du territoire d'étude et décrit le couvert forestier préindustriel à plusieurs échelles de perception du paysage. L'analyse de l'influence de l'historique d'exploitation forestière dans cette forêt de la Mauricie fut plus spécifiquement abordée dans les chapitre 2 et 3 de cette thèse. Dans le chapitre 2, nous nous

sommes attardés à déterminer et qualifier l'altération de l'évolution du couvert forestier en fonction de l'historique de récolte. Dans le troisième chapitre nous avons reconstitué l'évolution de la récolte dans les limites d'une concession forestière de sa création (1932) jusqu'à nos jours à l'aide de différents indicateurs. Comme les concessions furent révoquées en 1986, nous avons analysé l'influence de ce changement de politique forestière sur la récolte ainsi que ses implications sur la pérennité de la ressource ligneuse.

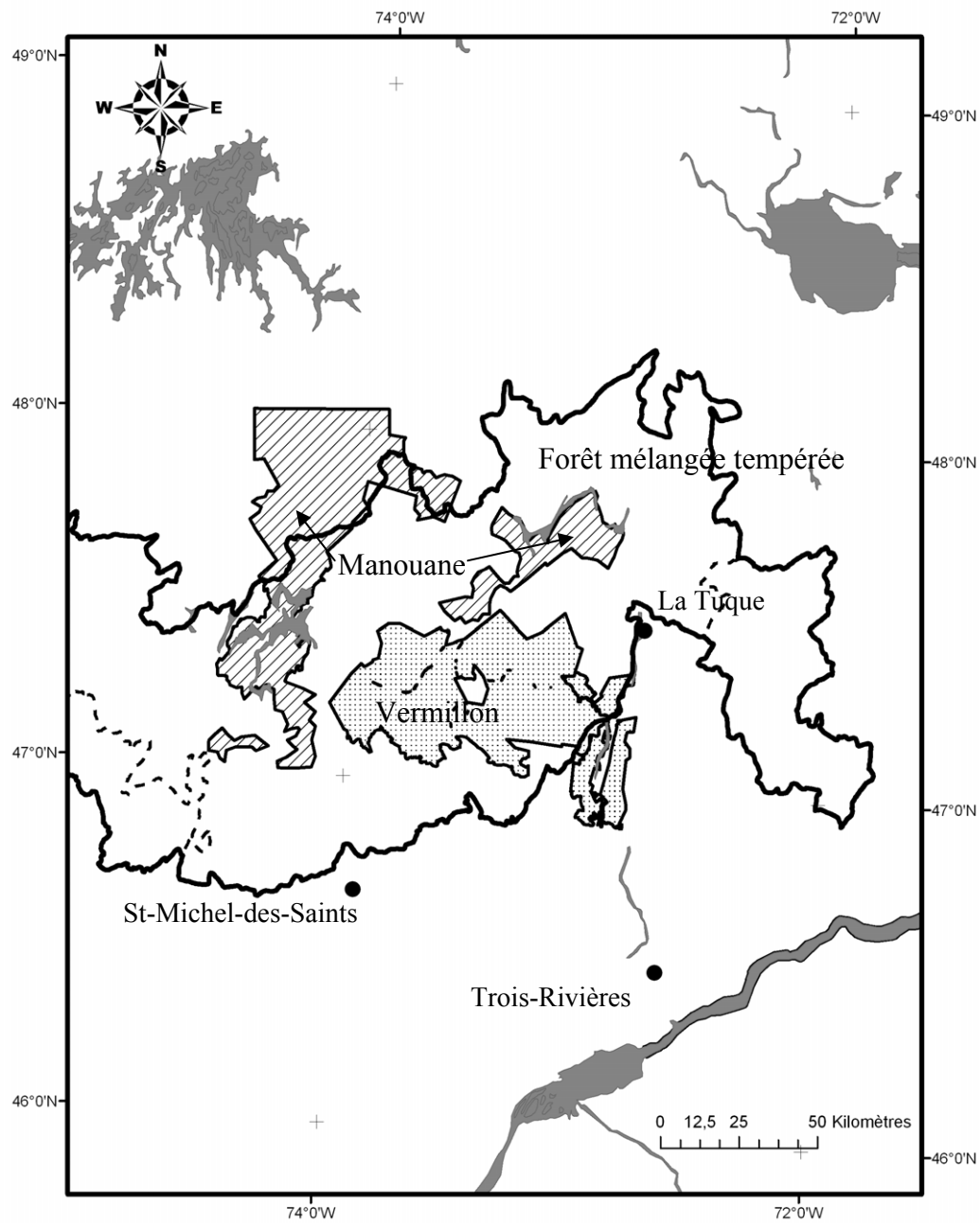


Figure 1. Localisation du territoire d'étude et limites des concessions forestières Manouane et Vermillon.

Chapitre 1. Portrait forestier préindustriel de la forêt mélangée tempérée en Mauricie (Québec, Canada).

(Article formaté pour être soumis à la Revue canadienne de la recherche forestière)

Eric Alvarez¹, Louis Bélanger², Louis Archambault³ et Frédéric Raulier⁴

¹ Doctorant, Faculté de foresterie et géomatique, Centre d'Etude de la Forêt, 2405 Rue de la Terrasse Université Laval, G1V 0A6, Québec, Canada. Tél.: 418-656-2131 (8335), Télécopieur : 418-656-3551. eric.alvarez.1@ulaval.ca

² Professeur, Faculté de foresterie et géomatique, Centre d'Etude de la Forêt, 2405 Rue de la Terrasse Université Laval, G1V 0A6, Québec, Canada. Tél. : 418-656-2131 (2233), Télécopieur : 418-656-5262. louis.belanger@sbf.ulaval.ca

³ Chercheur scientifique, Ressources naturelles Canada, Service canadien des Forêts, Centre de foresterie des Laurentides, 1055 rue du P.E.P.S, C.P. 10380, succ. Sainte-Foy, Québec (Québec), Canada G1V 4C7, Tél.: 418-648-7230; Télécopieur: 418-648-5849. Louis.Archambault@RNC.gc.ca

⁴ Professeur, Faculté de foresterie et géomatique, Centre d'Etude de la Forêt, 2405 Rue de la Terrasse Université Laval, G1V 0A6, Québec, Canada. Tél. : 418-656-2131 (6742), Télécopieur : 418-656-5262. frederic.raulier@sbf.ulaval.ca

Résumé

L'objectif de l'étude était d'établir un portrait forestier préindustriel de la forêt mélangée tempérée en Mauricie (Québec, Canada) afin de contribuer à un aménagement forestier durable de ce territoire. L'étude s'est principalement basée sur les données d'archives d'une compagnie forestière. Il est apparu que la forêt mélangée préindustrielle de la Mauricie était principalement mature ou surannée (> 100 ans) et dominée par le type de couvert « mélangé » avec feuillus intolérants. Au niveau des essences individuelles, le couvert forestier était dominé par le bouleau blanc, l'épinette noire et le pin gris, soit des essences de début de succession après feu en forêt boréale. Les gros feux de 1870 et 1923 ont créé des conditions où la presque totalité des paysages fut classée comme ayant une grande à très grande variabilité. C'est pourquoi nous recommandons dans un premier temps de baser l'aménagement de cette forêt mélangée sur des grands principes qui mettent en évidence ses principales caractéristiques.

Mots-clés : préindustriel, paysages, couvert forestier, stade développement, équilibre, Mauricie, forêt mélangée

Abstract

The objective of this study was to portray the preindustrial forest cover landscape in a mixedwood temperate forest in the Mauricie region (Quebec, Canada). The study was based on archival records from a forest company. The preindustrial forest landscape of our study area was mainly composed of mature or old-growth stands (> 100 years) and dominated by mixedwood stands with intolerant hardwoods. The main forest species were white birch, black spruce and jack pine, three species associated to forest succession after fire in the boreal forest. Big fires of 1870 and 1923 created conditions where almost all landscapes were classified with a high or very high variability. For this reason we propose that forest management of this mixedwood forest should mainly rely on some guiding principles which represent its main characteristics.

Keywords: preindustrial, landscape, forest cover, stand development, equilibrium, Mauricie, mixedwood forest

1. Introduction

Au Canada, un des principaux défis des aménagistes forestiers d'aujourd'hui est de mettre en place une stratégie d'aménagement forestier durable dont un des éléments-clés est de s'assurer qu'il soit le plus près possible de conditions naturelles. Pour répondre à ce défi le concept de « variabilité naturelle » est un outil essentiel (Landres et al. 1999). Si ce n'est pas un nouveau concept, son utilisation s'est accrue avec l'intégration du principe de la préservation de la biodiversité dans tous les programmes majeurs de certification d'aménagement forestier durable (Landres et al. 1999; Hagan et Whitman 2006). Ce concept, à la base de la stratégie d'aménagement du « filtre brut » (Hunter Jr et al. 1988), a pour prémisse que « (...) *the flora and fauna present at the time of European settlement are adapted to the range of conditions at that time; so maintaining the system somewhere within this range would provide a high probability of producing conditions suitable for most, if not all, of these species* » (Wallin et al. 1996). Malgré son intérêt, ce concept a ses limites.

Tout d'abord, cet outil d'aménagement est spatialement et temporellement dépendant (King 1993; Cissel et al. 1994; White et Walker 1997; Veblen 2003). Il n'y a pas de période temporelle de référence qui puisse être extrapolable à toutes les situations et un indicateur de biodiversité approprié à une grande échelle de perception (ex. : un pays) pourrait ne pas l'être à une échelle plus locale (ex. : unité d'aménagement) (Levin 1992; Landres et al. 1999; Kneeshaw et al. 2000; Hagan et Whitman 2006). Meetemeyer (1989) précise qu'un phénomène qui apparaît ordonné à une échelle de perception pourrait apparaître aléatoire à une autre échelle et Wu (1999) spécifie que les observations faites à une échelle de perception ne sont pertinentes qu'à cette échelle. Plusieurs jugent donc essentiel non seulement de réaliser des études à plusieurs échelles de perception, mais aussi d'être en mesure de faire des liens entre les différentes échelles (Urban et al. 1987; Turner et al. 1989; Levin 1992; Morgan et al. 1994; Wu 1999; Hobbs 2003).

Concernant le facteur temporel, Sprugel (1991) a mis en évidence les limites de se baser sur la période précoloniale européenne pour fixer une référence écologique pour des fins d'aménagement considérant les changements climatiques. Une idée reprise par Millar et Woolfenden (1999) qui donnent pour exemple deux études en Californie. Ces études ont établi

des limites de variabilité naturelle sur une période précoloniale comprise entre les années 1400 et 1900, une période climatique qui correspond au Petit Âge Glaciaire. Toutefois, dans un contexte de réchauffement climatique, ces études auraient idéalement dû faire référence à la période antérieure (années 900 et 1350) qui était plus chaude.

Une autre limitation concerne le fait que la notion de variabilité naturelle est surtout applicable dans des situations d'équilibre ou de « *shifting-mosaic steady state* », des situations que l'on peut par exemple rencontrer suite à une longue période sans feux majeurs (Baker 1989; Spies et Turner 1999). En présence de feux « catastrophiques » ou très fréquents, cet équilibre pourrait être inatteignable (Baker 1989; Bergeron et Dubuc 1989; Shinneman et Baker 1997). Sprugel (1991) précise qu'il ne faut pas tant rechercher un équilibre, mais plutôt considérer « (...) *that there are often several communities that could be the natural vegetation for any given site at any given time* ». Les systèmes en non-équilibre et les phénomènes aléatoires sont communs dans les systèmes écologiques (Wu 1999). Conséquemment, dans des conditions de non-équilibre, il peut non seulement être difficile d'établir des conditions de référence, mais aussi d'affirmer que ces écosystèmes ont des limites de variabilité naturelle bien définies et que ces limites sont stables dans le temps (White et Walker 1997; Swetnam et al. 1999).

Cette dernière limitation du concept de variabilité naturelle pourrait particulièrement s'appliquer à la forêt mélangée de la région de la Mauricie (Québec, Canada), une importante région forestière du Québec. En plus d'avoir un long historique de récolte, ce territoire a été historiquement très perturbé par de nombreuses perturbations naturelles, particulièrement le feu (Sylvain 1962; Lafleur 1970; Hardy et Séguin 1984). Cela pourrait induire des conditions de non-équilibre et ainsi limiter l'utilisation du concept de variabilité naturelle.

D'un point de vue conceptuel, soulignons que lorsque l'on fait référence à la notion de variabilité naturelle, on fait généralement référence à la période antérieure à l'arrivée des Européens (Hunter 1996). Comme nous le verrons plus loin, dans le cadre de cette étude il a été impossible d'établir un portrait « naturel » du paysage forestier de notre aire d'étude qui soit antérieur aux toutes premières coupes. C'est pourquoi nous référerons ici à un paysage préindustriel par rapport à l'industrie des pâtes et papiers.

L'objectif de l'étude était d'établir un portrait forestier préindustriel de la forêt mélangée en Mauricie afin de contribuer à un aménagement forestier durable de ce territoire. Plus spécifiquement nous avons tout d'abord décrit les perturbations naturelles dans ce territoire. À l'aide de données d'archives, nous avons par la suite établi un portrait du couvert forestier et des stades de développement à trois échelles de perception du paysage. L'analyse fut complétée par une étude de la structure préindustrielle des types forestiers matures.

2. Aire d'étude

2.1 Délimitation écologique

L'aire d'étude est située dans la forêt mélangée de la Mauricie faisant partie du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'ouest (Gosselin et al. 2000). Ce sous-domaine couvre 55 600 km². Plus spécifiquement, notre étude s'est limitée à une sous-section de ce sous-domaine bioclimatique, soit la région écologique des « Collines de la rivière Vermillon » (Figure 1). Une région écologique se caractérise par sa composition et dynamique forestière sur les sites mésiques. La région écologique des « Collines de la rivière Vermillon » a des précipitations annuelles variant entre 900 – 1 000 mm selon l'altitude et l'exposition des versants. La température moyenne annuelle varie de 0 °C à 2,5 °C (gradient nord-sud). D'un point de vue groupements forestiers, la sapinière à bouleau jaune de l'ouest est caractérisée par la présence constante de la bétulaie jaune à sapins (*Betula alleghaniensis* Britton – *Abies balsamea* (L.) Mill.) sur les sites mésiques (Gosselin et al. 2000).

2.2 Délimitation territoriale préindustrielle

À l'intérieur de ces limites écologiques, l'étude fut principalement basée sur des données d'archives localisées dans les limites de concessions forestières. Les concessions ont été pendant près de 160 ans le mode de tenure par lequel le gouvernement du Québec attribuait le bois aux entreprises forestières. Le bois appartenait aux compagnies, mais le fond de terre restait public. Les dernières concessions ont été abolies en 1987.

Les limites de concessions auxquelles nous nous sommes le plus référés sont celles de Manouane (3 195 km²) et Vermillon (2 923 km²) (Figure 1). Ces deux concessions forestières ont été créées

en 1932, soit en même temps que la création de la compagnie Consolidated Paper Corporation Ltd, une ancêtre de l'actuelle AbitibiBowater Inc. Certaines références auront été tirées de concessionnaires plus anciens comme la Laurentide Corporation Ltd et la Brown Corporation (Tableau 1).

Soulignons qu'à des fins d'aménagement, les concessions Manouane et Vermillon étaient subdivisées en sous-unités principalement sur la base de bassins versants. La première sous-unité était les « blocs » (blocs) dont la dimension moyenne avoisinait 300 km² (Figure 2). Au total on dénombrait vingt blocs (Manouane : 11, Vermillon : 9). Comme base d'analyse, nous en avons retenu quatorze sur la base de leur présence dans la sapinière à bouleau jaune de l'ouest. Les blocs étaient répartis à parts égales entre les concessions Manouane et Vermillon.

Les paysages Manouane Lake et Kempt (Figure 1) ont été retenus malgré qu'ils étaient respectivement à 67 % et 50 % dans la forêt boréale (au nord de notre aire d'étude), car ils offraient des conditions de forêt préindustrielle. Deux paysages n'ont pas été retenus malgré qu'ils se situaient dans la sapinière à bouleau jaune de l'ouest. Un premier était aménagé depuis le milieu des années 1980 dans une autre région administrative que la Mauricie et était à proximité d'une réserve autochtone. Cela rendait potentiellement plus difficile un suivi précis de toutes les activités forestières. Le second était un relativement petit (142 km²) paysage fragmenté constitué à 20 % de terres privées de la compagnie AbitibiBowater Inc.

[Figures 1 + 2]

[Tableau 1]

3. Méthodologie : sources et analyses

3.1 Les perturbations naturelles

3.1.1 Feux

Pour produire des statistiques sur les dimensions des feux individuels dans la sapinière à bouleau jaune de l'ouest, nous nous sommes basés sur les rapports annuels produits par la « St-Maurice Forest Protective Association Ltd » (1955), l'organisme responsable de la protection de l'aire d'étude contre les feux entre 1912 et au moins 1955 (dernière année avec des données) (Tableau

1). Cette source fournissait pour chaque feu sa dimension, son origine et sa localisation. Dans la logique d'établir des statistiques basées sur une dynamique naturelle, nous avons sélectionné les feux qui étaient d'origine « foudre » ou « amérindiens ». De par leur longue présence sur le continent, il est reconnu que ces derniers ont influencé la dynamique des écosystèmes sur une longue période via le brûlage (entre autres) (Hunter 1996), une activité pratiquée par les Amérindiens présents dans l'aire d'étude (Wilson 1907)(Tableau 1).

La « St-Maurice Forest Protective Association Ltd » couvrait toutefois un territoire plus large que notre référence territoriale écologique et utilisait des points de localisation qui n'étaient pas très précis ou des points de repère qui ne se trouvaient pas toujours sur nos cartes. Dans le doute quant à leur localisation dans la sapinière à bouleau jaune de l'ouest, nous n'avons pas sélectionné les feux.

Les données quantitatives reliées à l'historique des feux dans les paysages retenus dans l'étude ont été tirées des plans d'aménagement des concessions Manouane et Vermillon (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960). Elles avaient été estimées selon des cartes d'historiques des feux et la proportion des classes d'âge.

3.1.2 Insectes et maladies

Pour les insectes et maladies, les données concernant leurs impacts ont été tirées des plans d'aménagement des concessions Vermillon et Manouane (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960), de rapports d'exploration ainsi que d'une étude plus récente (Blais 1983).

3.2. Qualification de l'état d'équilibre des paysages

Comme la présence de feux pouvait induire des conditions de non-équilibre, nous avons utilisé une méthode développée par Turner et al. (1993) pour qualifier les quatorze blocs retenus comme base d'analyse à deux échelles. La première échelle était constituée des blocs considérés comme unités de paysage. Pour la deuxième échelle, nous avons considéré les quatorze blocs comme faisant un tout (« grand paysage »).

Turner et al. (1993) ont proposé des indicateurs faisant appel à la fréquence et la superficie couverte par les perturbations, pour qualifier l'état d'équilibre d'un paysage résultant de ces perturbations selon cinq classes, soit : en équilibre (« *steady state* »), stable avec faible

variabilité, stable avec grande variabilité, stable avec très grande variabilité et finalement instable (« *crash* »). Turner et al. (1993) ont défini les classes de variabilité selon la variation de la proportion du dernier stade de développement (climacique) dans le paysage.

Deux ratios étaient nécessaires pour qualifier les paysages. Le premier représentait un paramètre temporel (T) =

$$\frac{\text{Cycle de feu}}{\text{Temps de retour du stade climacique}}$$

Dans le cadre de cette analyse, sur la base de Harvey et al. (2002) nous avons retenu 150 ans après feu comme l'âge minimum auquel nous pouvions nous attendre à retrouver un stade climacique (la bétulaie jaune à sapin sur les sites mésiques). Le cycle des feux, soit le temps estimé pour brûler une superficie équivalente aux paysages étudiés, a été calculé sur la base des superficies couvertes par les feux entre 1870 et 1996 (126 ans) telles qu'estimées dans les plans d'aménagement des concessions Manouane et Vermillon (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960). Il fut calculé par la formule :

$$\frac{126 \text{ ans}}{\text{Proportion brûlée entre 1870 et 1996}}$$

Le second ratio représentait un paramètre spatial (S) =

$$\frac{\text{Superficie brûlée}}{\text{Superficie du paysage}}$$

Pour la superficie brûlée par paysage, nous avons fait la sommation des feux de 1870 à 1923. Soulignons que de par leur importance, les feux de 1923 ont assurément masqué des feux antérieurs à cette date dont ceux de 1870.

Suite à la détermination des deux ratios, la classification s'est basée sur un graphique d'interprétation proposé par Turner et al. (1993).

3.3 Couvert forestier et stade de développement préindustriels selon trois niveaux de perception du paysage

L'analyse de ces caractéristiques du portrait forestier préindustriel s'est faite selon une approche chronologique. Les premières sources de données utilisées furent celles de la Laurentide Corporation Ltd et la Brown Corporation (Tableau 1). Ces sources ne dataient pas de la même année, mais avaient en commun de référer à une période antérieure aux feux de 1922 et 1923. Par la suite nous nous sommes basés sur des données de 1946 et 1957 associées aux concessions Manouane et Vermillon. Quoique temporellement rapprochées, elles correspondaient au début et la fin d'une épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette.

Les concessions Manouane et Vermillon n'offraient pas dans leur totalité un portrait préindustriel. C'est pourquoi la première étape avant l'analyse des données fut d'établir l'historique de l'exploitation forestière des quatorze blocs retenus (Figure 1). Cette démarche nous a permis de déterminer que six blocs en 1946 et cinq en 1957 offraient des conditions de paysages préindustriels (Tableau 2). Les sources ayant servi pour ce travail furent les plans d'aménagement des concessions Vermillon et Manouane qui possédaient un très bon historique cartographique et quantitatif des exploitations forestières depuis le début des années 1900 (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960) (Tableau 1).

Certains blocs furent retenus malgré qu'il y ait eu de la coupe pour la récolte de bois brûlé suite aux feux de 1922 et 1923 (Tableau 2). Nous n'avons pas considéré que cette récolte avait eu une influence sur la dynamique forestière. Sirois (1995) a notamment démontré que l'essentiel du recrutement en épinettes noires et pin gris après feu se faisait surtout dans les deux années suivant le feu. La récolte après les feux de 1922 et 1923 s'est étalée sur les années 1920. De plus, les

opérations de cette époque se faisaient principalement l'hiver avec des chevaux. Carleton et MacLellan (1994) ont mis en évidence le faible impact du débardage avec chevaux sur les semis. Il nous apparaît donc peu probable que la récolte de bois brûlé suite aux feux de 1922 et 1923 ait eu une influence sur l'évolution subséquente du couvert.

Certains blocs retenus avaient commencé à être coupés en 1946 ou 1957. Toutefois, cela ne posait pas un problème pour l'analyse du couvert forestier, car après coupe les forestiers de l'époque gardaient les appellations avant coupe. Cependant, il a fallu tenir compte de ce fait dans l'analyse des stades de développement. Nous avons retenu quatre stades de développement, soit : « en régénération » (0-20 ans), jeunes (21-60 ans), matures (61-100 ans) et surannés (101 ans et +). Dans la mesure du possible nous avons essayé de distinguer les quatre stades, mais dans les blocs qui avaient commencé à être coupés nous avons dû regrouper matures et surannés.

L'analyse du couvert et des stades de développement préindustriels à l'échelle du paysage fut établie à trois niveaux de perception, soit les « grands paysages », les blocs et les compartiments (Figure 2). Les grands paysages étaient constitués du regroupement des blocs compilés comme étant un seul paysage. Pour 1946, la superficie productive du grand paysage fut de 1 611 km² (six blocs) et de 1 261 km² en 1957 (cinq blocs). Les compartiments étaient des subdivisions opérationnelles des blocs de l'ordre de 30 km² délimitées par les forestiers de la Consolidated Paper Corporation Ltd.

La source la plus précise reliée aux concessions Manouane et Vermillon était celle des plans d'aménagement de la fin des années 1950 (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960) qui nous fournissaient pour les blocs des données de types forestiers (pessière noire, pinède grise,...) par classe d'âge (10, 30, 50, 70, 90 et 120). Ces données avaient été obtenues par photo-interprétation et planimétrie. Les données à l'échelle des compartiments n'avaient pour seule classification que les types de couvert (résineux, mélangés et feuillus) et les classes d'âge (Consolidated Paper Corporation Ltd 1946a; Consolidated Paper Corporation Ltd 1946b) (Tableau 1). Ces dernières n'étaient pas directement liées aux plans d'aménagement, mais des vérifications ont permis de valider que les résultats des compartiments correspondaient à ceux des blocs.

Les données de base de 1946 correspondaient essentiellement à des données de compartiments et, comme celles de 1957 pour les compartiments, n'étaient pas intégrées dans un plan d'aménagement. La classification était la même qu'en 1957, soit les types de couvert (résineux, mélangés, feuillus) et les classes d'âge. Leur validation s'est faite dans le cadre d'entrevues avec trois forestiers retraités de la Consol en Mauricie. Les trois ont confirmé que c'étaient des données fiables et qu'à leur connaissance, il n'y avait eu aucun changement dans la méthode de compilation entre 1946 et 1957/58. Les trois forestiers étaient MM. Alex Morris, John Conway et Adrien Dubé. M. Morris est entré à la compagnie Consolidated Paper Corporation Ltd à la fin des années 40 en tant qu'aide terrain et a pris sa retraite à la fin des années 80 en tant que chef divisionnaire. M. Conway a beaucoup travaillé dans différents projets de recherches de la compagnie et particulièrement à l'installation d'un réseau de parcelles permanentes pour connaître la succession après coupe. Finalement, M. Dubé a principalement travaillé comme superviseur de coupes entre la fin des années 50 et le début des années 90

Concernant le couvert forestier, les règles de compilations dans les concessions Manouane et Vermillon obéissaient presque aux mêmes règles qu'aujourd'hui. Par exemple, un peuplement était classé comme résineux si plus de 75 % de son volume était résineux. Aujourd'hui, nous nous basons sur la surface terrière. Les deux paramètres sont cependant bien corrélés (Rondeux 1999).

[Tableau 2]

3.4 Structure préindustrielle des peuplements matures (60 ans et plus)

Cette partie de la description du couvert forestier a été basée essentiellement sur les compilations de tables de peuplement produites dans le cadre de la production des plans d'aménagement des concessions Manouane et Vermillon à la fin des années 50.

Les tables de peuplements présentaient le nombre de tiges à l'acre pour chaque combinaison de strate et classes d'âges que nous pouvions rencontrer sur le territoire.

Une difficulté est venue du fait qu'à l'échelle des blocs les tables de peuplements présentaient les peuplements par classe de qualité de station (1 à 4 selon les cas; ex : 1 = excellent avec 15,5

mètres de hauteur à 60 ans dans Vermillon), mais ne précisait pas leur superficie sur le territoire. Cette donnée n'était pas non plus disponible dans les plans d'aménagement. Pour être en mesure de pondérer les résultats à l'échelle des blocs, nous avons divisé la superficie des peuplements dans chaque bloc analysé par le nombre de classes de qualité. La superficie fut directement tirée des plans d'aménagement.

Côté statistiques, soulignons que pour Manouane les tables ont été le résultat de la compilation de 5 961 parcelles temporaires de 800 m² et 3 113 arbres-études (Royer et Grondin 1958). Pour Vermillon, les chiffres étaient de 7 329 parcelles temporaires de 800 m² et 6 057 arbres-études (Royer et Grondin 1960). À noter que si certains paysages avaient commencé à être coupés, les inventaires se concentraient dans les secteurs non coupés (Royer et Grondin 1960).

Les tables de peuplement ont été retrouvées dans les archives du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF), responsable de l'aménagement des forêts publiques du Québec. Les tables étaient produites à l'échelle des concessions et aussi par blocs (sous-unités d'aménagements des concessions). Nous avons spécifiquement retenu les tables de peuplement associées aux cinq blocs utilisés pour décrire le portrait forestier préindustriel.

Il faut souligner que si les blocs retenus avaient été peu ou pas coupés par l'industrie des pâtes et papiers, l'ensemble de l'aire d'étude a été exploitée entre les années 1850 et 1880 pour la récolte des grands pins blancs (*Pinus strobus L.*) et pins rouges (*Pinus resinosa Soland.*). Ces coupes s'apparentaient à des coupes partielles, mais ont de fait modifié le couvert forestier à l'échelle du peuplement.

Dans un premier temps, l'analyse s'est attardée à décrire l'abondance relative des essences par grosseur des tiges selon une approche développée par Fortin et al. (2003) et adaptées à des données historiques où les diamètres sont exprimés en pouces. La caractérisation des structures diamétrales s'est faite dans un deuxième temps en se basant sur le coefficient de forme de Weibull, les indices de symétrie et de kurtose ainsi qu'une validation visuelle dans les cas douteux (Bailey et Dell 1973; Lorimer et Krug 1983; Lorimer 1985; Wyszomirski 1992; Leblanc 1998; Barrette et Belanger 2007). Les indices ont été calculés à l'aide du logiciel SAS (SAS Institute Inc 2008).

L'analyse de la structure diamétrale des peuplements est généralement une méthode indirecte pour décrire la structure d'âge. Pour cela, il faut cependant avoir des données spécifiques sur l'historique des peuplements analysés, une structure diamétrale donnée pouvant représenter différentes structures d'âge (Lorimer 1985; Smith 1986; O'Hara 1998). Dans le cadre de cette étude, cette extrapolation était limitée, car les tables de peuplement sont le résultat de la moyenne de parcelles-échantillons pour chacun des peuplements et nous ne connaissions ni le nombre de parcelles prises par table de peuplement ni les données originales. Pour ces raisons, nous nous sommes concentrés à décrire les structures diamétrales en limitant les inférences à la structure d'âge. Aussi, l'analyse a inclus toutes les essences pour mieux décrire la structure diamétrale perçue à l'époque des inventaires. Toutefois, si l'objectif avait été de décrire la structure d'âge, une analyse par essence aurait été recommandée (Lorimer 1985).

4. Résultats

4.1 Les perturbations naturelles

Au moins deux grands épisodes de feux ont touché ce territoire : un autour des années 1870/1880 et un autre durant les années 1922 et 1923 (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960). Lors de ces deux dernières années, les feux ont couvert 30 % de la superficie de la concession Vermillon et 22 % de la concession Manouane. Approximativement 26 % de la concession Manouane avait été brûlée aux alentours de l'année 1880. Pour la concession Vermillon, il avait été estimé que la plus grande partie (« *the largest part* ») du territoire avait été brûlé entre les années 1870/80 et la fin des années 1950 (Royer et Grondin 1960).

En dehors de ces deux grands épisodes, les feux semblaient communs dans l'aire d'étude. L'extrait qui suit est tiré du « Report on Vermillon River Valley – May 1922 » (Whikenden 1922).

At Lac des Sables there is an evidence on old J.P. (note: « Jack Pine »: pin gris) and other forests of repeated fires in their valley. Certain old J.P. still exist which sprung up presumably after fires some 200 years ago. Others came up after fire around 150 years ago. We then have evidence of a fire 115 to 120 years ago, which covered areas in practically the whole valley, from Lac des Sables down to creek Conamableacossa and further. There is considerable area also covered by a fire some 50 years ago. Some of the

finest timber occurs on area covered by fire of 80 to 90 years ago. This fire was quite extensive. In certain areas the fire seemed to have hit several times in succession so that nothing but Bi. (note: « Birch »: bouleau) and Poplar have sprung up. It is clearly seen here that repeated fires cause a severe set back to the wood production of the limits. More recent fires have covered many square miles in the vicinity of the Savanne Creeks, such as one 26 years ago. Also one of 15 years ago which has left certain areas practically barren.

La majorité des feux allumés de cause naturelle ou par les Amérindiens avaient moins de 150 hectares, mais la très grande majorité de la superficie brûlée (89 %) l'a été par une minorité (15 %) de feux ayant plus de 1 000 hectares (Tableau 3). En moyenne, les feux avaient 1 161 hectares et une médiane de 65 hectares.

Lors de l'évaluation du cycle de feu de chaque bloc pour qualifier l'état d'équilibre des paysages (voir section 3.2), nous avons obtenu des valeurs variant de 148 ans (Flamand) à 533 ans (Tikenne). Plus à l'ouest dans la sapinière à bouleau jaune de l'ouest Grenier et al. (2005) avaient obtenu des cycles variant de 130 ans à 314 ans dans les secteurs reflétant le mieux l'influence de la dynamique naturelle.

[Tableau 3]

En plus des feux, plusieurs épidémies d'insectes ont historiquement touché l'aire d'étude. La tenthrède du mélèze (*Pristiphora erichsonii* (Htg.)) a tué les mélèzes plusieurs décennies avant les années 1950 (Royer et Grondin 1960). Au début des années 1950, la livrée des forêts (*Malacosoma disstria* Hübner) a causé de la défoliation aux peupliers et bouleaux blancs sans les tuer toutefois. Entre 1936 et la fin des années 1950, le diprion du pin gris (*Neodiprion pratti banksianae* Roh.) a causé des dommages chez le pin gris. C'est cependant la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) (*Choristoneura fumiferana* (Clemens)) qui s'est démarquée en terme d'impacts (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960).

Pour l'épidémie s'étant déclarée entre les années 1946 et 1956, Royer et Grondin (1960) font état de pertes de 1,6 millions de mètres cubes de sapin baumier dans la seule concession Vermillon (le bois a été en grande partie récupéré). À cette époque, la possibilité annuelle dans la concession

Vermillon était de 170 000 m³/an. L'épidémie avait donc tué l'équivalent de 10 ans de coupe. Dans la concession Manouane, l'évaluation s'était faite en tenant compte de la défoliation et la mortalité. Dans les blocs retenus pour l'analyse du couvert forestier historique, la défoliation fut en moyenne de 80 % chez le sapin baumier et la mortalité des tiges commerciales de 65 % (Royer et Grondin 1958).

Pour avoir une idée des impacts de l'épidémie entre les années 1910 et 1920, nous nous sommes tout d'abord référés à des rapports historiques. Les impacts apparaissent avoir été importants en plusieurs secteurs de notre aire d'étude.

Le rapport de la Brown Corporation fait état que « *Much of the balsam has been killed by the bud worm, which trees are now falling or having their tops snapped off.* » (Brown Corporation 1923).

Au sud-ouest de notre aire d'étude, dans le secteur du bloc Tikenne, un rapport de 1925 analysait le territoire sur la base de « *cuts* » qui étaient des unités opérationnelles (Townsend 1925). Sur les 38 « *cuts* » explorés, 18 contenaient les mots « *dirty* » ou « *dead balsam* ». La dimension des « *cuts* » n'était pas mentionnée, mais semblait se rapprocher de celles des compartiments de notre étude. L'auteur du rapport précisait : « *Condition of terrain: at the time of examination, the ground over much of the country was found to be in dirty condition due to the considerable amount of dead and fallen balsam. This wood was first attacked in 1911, and since that time much of it has died and fallen to the ground.* »

De plus, un rapport de la Laurentide Company en 1929 fait état que (Anonyme 1929):

Our limits 10 South Manouan and 4 West Lac Long were cruised about 1912 by the Forestry Division and by this Department in 1926. The Forestry Department estimate showed about 15 cords to the acre (note: 134 m³/ha apparents sur la base d'une conversion 1 corde de 4' = 3,625 m³/ha) while our own figures showed about 6 cords to the acre (note : 54 m³/ha apparents sur la même base que précédemment). On our own cruise we accounted for a loss of 7 cords from stubs of dead balsam still standing, but worthless, and I am convinced that the spruce bud-worm caused a loss of 9 cords per acre in that particular part of our holdings.

Finalement, des études plus récentes ont étudié les impacts historiques des épidémies de TBE. Blais (1983) spécifie que les trois épidémies recensées dans les années 1900 ont touché le territoire d'étude et que les trois furent sévères (Blais 1983).

La maladie la plus sévère fut le dépérissement du bouleau. La majorité des bouleaux blancs dans les peuplements matures ou surannés dans la concession Manouane étaient morts ou en train de mourir au moment du plan d'aménagement (Royer et Grondin 1958).

4.2 Qualification de l'état d'équilibre des paysages

La dynamique naturelle des feux avait créé des conditions où la moitié des quatorze blocs individuels ainsi que le grand paysage furent classés comme « stables avec très grande variabilité » et six dans la catégorie « stables avec grande variabilité » (Tableau 4, Figure 3). Le bloc Tikenne, le paysage avec le plus faible historique de feux (Tableau 4), fut le seul classé « stable avec faible variabilité ». Aucun des blocs de notre aire d'étude fut classé « en équilibre » ou dans la catégorie « instable ».

[Tableau 4, Figure 3]

4.3 Portrait forestier préindustriel à trois niveaux de perception du paysage

4.3.1 Le couvert forestier

Tel que décrit par les compagnies Laurentide Corporation Ltd et Brown Corporation, le paysage forestier avant les feux de 1922 et 1923 était dominé par le couvert mélangé avec feuillus intolérants et particulièrement par le type forestier à dominance de résineux avec feuillus intolérants (Tableaux 5 et 6). Les feuillus intolérants apparaissaient être principalement représentés par le bouleau blanc (« *The only hardwood of importance is white birch (...)* », Brown 1923). Le type de couvert « feuillus purs » était presque inexistant.

Selon les données de 1946 (Consolidated Paper Corporation Ltd 1946a; Consolidated Paper Corporation Ltd 1946b) (Tableau 1), soit moins de 30 ans après les grands feux de 1922 et 1923, le paysage était toujours à dominance mélangée quelle que soit l'échelle de perception (Figure 4a). On pouvait cependant noter l'apparition du type de couvert « feuillus purs ». En 1957, soit plus de 30 ans après les feux et après une nouvelle épidémie de TBE (1946-1956), le paysage

était devenu beaucoup plus résineux. Il y avait parité entre les types de couverts « résineux » et « mélangés » (Figure 4b). Les statistiques associées à la description du paysage préindustriel du couvert forestier aux trois échelles de paysage sont présentées au Tableau 7.

Les types forestiers « mélangés avec feuillus intolérants » (MFi) étaient individuellement les plus importants (Figure 5). La combinaison des MFi et des feuillus intolérants représentait approximativement 50 % de la superficie productive des blocs (sauf Tikenne) ou du grand paysage. Les pessières noires et pinèdes grises composaient près de 75 % de la proportion du type de couvert résineux.

Il faut souligner le cas particulier de Tikenne qui était le paysage avec le plus faible historique de feu et celui se rapprochant le plus d'une situation d'équilibre (« *steady-state* ») (Tableau 4, Figure 3). Ce paysage avait la plus forte proportion de types forestiers « mélangés avec feuillus tolérants (bouleau jaune) » (MFt). C'est parmi ces types forestiers que l'on pouvait retrouver la bétulaie jaune à sapin, le stade climacique de notre aire d'étude (Gosselin et al. 2000). La précision des données nous empêche cependant d'être plus précis sur leur proportion exacte. Mentionnons aussi que c'est aussi dans Tikenne que nous retrouvons la plus forte proportion de types forestiers résineux où aucune essence ne dominait. Le sapin baumier était certainement une composante de ce type forestier (voir section 4.3.3).

[Tableaux 5 à 7]

[Figures 4 et 5]

4.3.2 Stades de développement

Le rapport de la Brown Corporation présentait un paysage dominé à au moins 80 % par des peuplements matures ou surannés (Tableau 5). Une proportion d'autant plus élevée que le calcul des non-marchands tenait compte de zones non productives comme les lacs et rivières.

En 1946, l'échelle « grand paysage » était dominée aux deux tiers par les stades de développement matures (31 %) et surannés (34 %) (Figure 6). Il y avait cependant une très grande variabilité à l'échelle des blocs. En particulier, les blocs Tikenne et Kempt, quoique géographiquement voisins, étaient très contrastés.

En 1957, quoique la précision de ces chiffres fut diminuée par la présence de coupes, mis à part le bloc Kempt, les paysages étaient très majoritairement matures ou surannés (Figure 6). On pouvait noter une diminution de la proportion du stade suranné à l'échelle des compartiments par rapport à 1946.

Les statistiques associées à la description du paysage préindustriel des stades de développement aux trois échelles de paysage sont présentées au Tableau 8.

[Tableau 8]

[Figure 6]

4.3.3 Structure à l'échelle des types forestiers matures

En date de 1957, 80 % des tiges associées aux types forestiers matures préindustriels étaient classées comme « petites tiges » ou « gaules ». Ils étaient principalement (92 % des tiges et 80 % du volume) composés d'une combinaison des quatre essences suivantes (ordre selon le nombre de tiges) : sapin baumier, épinette noire, bouleau blanc et pin gris (Tableau 9). Les deux tiers du volume des peuplements matures étaient composés, dans l'ordre, de bouleau blanc, d'épinette noire et de pin gris. Si le sapin baumier et l'épinette noire représentaient à eux seuls 67 % des tiges présentes, ils ne composaient cependant que 39 % du volume. Cela était dû au fait que la grosseur des tiges de ces deux essences se retrouvait principalement au niveau des gaules (1,5 à 9,0 cm de DHP) et des petites tiges (9,1 à 16,7 cm de DHP) (Figure 7).

La structure diamétrale dominante dans l'ensemble du paysage historique était la structure unimodale positive (Tableau 10). Cela est une conséquence logique du fait que la grande majorité des tiges étaient des gaules. Cette structure dominait spécifiquement quatre des cinq paysages retenus pour établir le portrait historique. La structure en J-inversé, qui implique une dynamique avec un recrutement constant de tiges ou de nouvelles cohortes par le biais de perturbations mineures (Oliver et Larson 1996), était majoritaire dans un seul paysage (Tikenne); le paysage avec le plus faible historique de feux (Tableau 2) et aussi le seul se rapprochant d'un état d'équilibre « *steady state* » (Figure 3).

[Tableaux 9 et 10, Figure 7]

5. Discussion

5.1 Caractéristiques préindustrielles de la forêt mélangée tempérée

5.1.1 Une forêt mélangée mature à faciès de forêt boréale

La forêt mélangée préindustrielle (en référence à l'industrie des pâtes et papiers) de la Mauricie était une forêt principalement mature ou surannée et généralement dominée par le type de couvert « mélangé ». Au niveau des essences individuelles, le couvert forestier était dominé par le bouleau blanc, l'épinette noire et le pin gris, soit des essences de début de succession après feu en forêt boréale (Bergeron et Dubuc 1989; Bergeron et Dansereau 1993; Bergeron 2000; DeGrandpré et al. 2000; Gauthier et al. 2000).

Le fait que les types forestiers matures préindustriels étaient très majoritairement composés de tiges de moins de 17 cm de diamètre à hauteur de poitrine (DHP) témoigne de la régularité des perturbations naturelles dans ce territoire, même si l'image fut partiellement faussée par le fait que les plus grosses tiges de pins blancs et d'épinettes avaient été récoltées le siècle précédent.

La combinaison de feux et d'épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette que l'on retrouve dans ce territoire aurait particulièrement profité au bouleau blanc, ce qui expliquerait sa grande abondance. En forêt boréale, les épidémies de TBE apparaissent en mesure d'interrompre la succession après feu qui veut que les feuillus intolérants cèdent avec le temps leur place aux résineux (Bergeron et Dubuc 1989). Elles expliqueraient même la présence de bouleau blanc jusqu'à 200 ans après feu en forêt boréale (Bergeron et Dansereau 1993). Quant aux feux, ils apparaissent favorables à la présence du bouleau blanc non seulement en forêt boréale (Bergeron et Dubuc 1989; Bergeron 2000; Gauthier et al. 2000) mais aussi en forêt mélangée (Archambault et al. 1997).

Le caractère boréal de cette forêt « intermédiaire » entre la zone boréale et feuillue se rapprochait de la description d'un rapport de la Brown Corporation (1937) qui citait le « Dominion Forest Service » (Brown Corporation 1937) (Tableau 1) :

These limits lie in what is described by the Dominion Forest service as the Transition Belt, situated between the northern limit of the tolerant hardwoods and the height of land separating the St-Lawrence and Hudson Bay drainage areas. (...) Softwood-Hardwood

predominates over the Pure Softwood type. (...) In the Transition Belt black spruce is the important commercial species and forms a high percentage of most stands. White spruce is larger in size but appears in lower proportion. Balsam forms another large part of the stand but is often defective.

Cette caractérisation était confirmée au début des années 1970 par Rowe (1972) qui spécifiait que cette description correspondait au type forestier dominant sur les pentes moyennes .

Le long de la hauteur des terres du centre de l'Ontario et du Québec se situe une section intermédiaire. Elle se classe dans la Région forestière boréale du point de vue de l'ensemble des espèces et de leur distribution, mais elle renferme certains taxons caractéristiques de la Région forestière des Grands Lacs et du Saint-Laurent dont les sujets sont soit disséminés çà et là, soit en groupes plus ou moins isolés. (...) La forêt prédominante est mixte, constituée d'une association de sapins baumiers, d'épinettes noires et de bouleaux à papier parsemée d'épinettes blanches et de trembles (...).

Finalement, plus récemment, Grondin et al. (2007) ont mis en évidence la dominance des essences boréales de début de succession dans la forêt mélangée de l'ouest. Ce phénomène serait relié aux épidémies de TBE, aux coupes et aux feux (d'origine humaine ou naturelle) (Grondin et al. 2007). Comme cette dernière description est très récente, il apparaît donc que le territoire à l'étude affiche encore des caractéristiques propres à sa dynamique préindustrielle.

L'appellation la moins représentative de la dynamique préindustrielle de notre territoire d'étude est celle retenue par le MRNF, responsable de l'aménagement des forêts publiques au Québec, soit la « sapinière à bouleau jaune de l'ouest ». La bétulaie jaune à sapin, le stade climacique associé à cette appellation écologique, était très peu présente dans la forêt préindustrielle. C'est donc une appellation qui se rapproche des concepts de stades climaciques de Clemens valable dans un contexte où il y a peu ou pas de perturbations naturelles (Pickett et McDonnell 1989). Ce modèle ne s'applique clairement pas dans un contexte de non-équilibre.

À noter que Barrette et Bélanger (2007) ont fait le même type d'observation juste au sud de notre aire d'étude. Leur territoire était classé dans l'érablière à bouleau jaune de l'Est, mais, dans les faits, c'étaient les peuplements mélangés qui dominaient. Toutefois, dans leur cas, les essences

dominantes en volume dans les peuplements matures étaient, dans l'ordre, le sapin, l'épinette rouge et l'épinette noire. Les types forestiers pessières noires et pinèdes grises étaient très peu présents.

5.1.2 Une forêt avec une grande variabilité naturelle

Quelle que soit l'échelle de perception des paysages, même la plus grande (4 169 km²), les feux avaient induit des conditions de non-équilibre avec généralement une grande ou très grande variabilité (nous n'étions cependant pas en situation instable ou de « crash »). Cette très grande variabilité faisait en sorte que la règle de Shugart et West (1981), qui recommandaient d'avoir des dimensions de paysages équivalents à 50 fois la dimension moyenne des perturbations, était inapplicable ici. La dimension moyenne des feux s'était établie à 1 161 ha ce qui correspondait à une dimension d'équilibre d'approximativement 600 km², une dimension insuffisante dans notre cas. Des situations de non-équilibre (« *non steady-state* ») dans des circonstances de très grands feux ont aussi été documentées par Baker (1989) et Shinneman et Baker (1997).

O'Neill et al. (1989) ont proposé une théorie sur l'évolution des paysages qui se produirait à l'intérieur d'une « enveloppe de contraintes ». À l'intérieur de cette « enveloppe », on va retrouver des « attracteurs » qui sont des zones de stabilité, tout comme les « attracteurs étranges » dans des milieux chaotiques (Gleick 1988; Mullin 1993). D'un point de vue thermodynamique, les attracteurs représentent des situations avec un minimum d'énergie. Appliqués à notre territoire d'étude, ces concepts théoriques nous amènent à interpréter que les feux de la période préindustrielle (pâtes et papiers) avaient créé des conditions où plusieurs équilibres (attracteurs) étaient possibles. En comparaison, un écosystème « en équilibre » (« *steady state* ») représenterait une situation où le système va constamment revenir au même équilibre.

5.1.3 Mise en contexte temporelle

Si notre étude a touché une période de 126 ans (1870-1996), il faut mettre en contexte que la forêt mélangée du Québec existe depuis approximativement 8 500 ans. Elle se caractérise par le fait que le sapin baumier, qui y était présent depuis ses débuts, y trouve « *son plus grand développement, dans un maximum de conditions physiographiques* » (Richard 1993). Entre 8 000 et 3 000 ans par rapport à aujourd'hui, il y eut une forte décroissance de la fréquence des feux

dans l'Est du Canada et un accroissement dans les 3 000 dernières années (Carcaillet et Richard 2000).

Si on s'attarde plus précisément la période dans laquelle nous avons défini nos conditions préindustrielles, il s'avère que les paysages étudiés s'étaient développés à cheval entre deux périodes climatiques. Les types forestiers les plus âgés (surannés, > 100 ans) lors des plans d'aménagement des années 1950 (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960), avaient commencé à se développer avant 1850, soit au Petit Âge Glaciaire (Bergeron et al. 2001), soit une période climatique avec une plus grande fréquence de feux qu'aujourd'hui. . Quoique ces types forestiers étaient en minorité dans le paysage (36%, Tableau 8), il nous apparaît plus prudent de considérer que le portrait préindustriel reconstruit dans cette étude le fut dans un contexte de transition climatique. Une conséquence directe de ce constat est qu'il est nécessaire d'être prudent dans l'utilisation des marges de variabilité préindustrielle. Pour essayer d'anticiper les changements que pourraient apporter une période climatique avec une moins grande fréquence de feu, cela pourrait nous ramener à des conditions qui ont prévalu entre 8 000 et 3 000 ans par rapport à aujourd'hui. À ce sujet, Richard (1993) mentionnait que le portrait forestier ressemblait probablement alors à celui de la sapinière à bouleau jaune d'aujourd'hui, mais simplement plus riche en pins blancs.

5.2 Conséquences sur l'aménagement

Le Tableau 11 présente les principales caractéristiques de la forêt préindustrielle. Considérant le fait que la dynamique naturelle dans ce territoire avait amené des conditions de non-équilibre dans l'essentiel des paysages analysés, il est recommandé d'utiliser ce tableau pour poser un premier jugement sur le respect des conditions préindustrielles plutôt que les valeurs de moyenne et de médiane. Considérant que la variabilité est un aspect particulièrement important dans les conditions de ce territoire d'étude, il est essentiel dans un deuxième temps de s'attarder à comparer les valeurs d'écart-type ainsi que les minimums et maximums (Tableaux 7 et 8).

[Tableau 11]

6. Remerciements

Nous tenons à remercier pour le soutien financier le Réseau de gestion durable des forêts, le Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier (Volet I), le Fonds Québécois de la Recherche sur la Nature et la Technologie, le Centre d'Étude de la Forêt et le Fonds de soutien au doctorat de la Faculté de foresterie et géomatique de l'Université Laval. Aussi, nous souhaitons remercier le personnel d'AbitibiBowater Inc. (division Grand-Mère) pour leur grande collaboration, en particulier messieurs Luc Généreux, Jean Girard et madame Johanne Painchaud. De même, nous remercions le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec pour sa collaboration pour la copie de données d'archives.

7. Bibliographie

Anonyme. 1922. (descriptif) Rapport d'inventaire aérien de 1921 sur les terrains de Laurentide co. Limited (Manouan Limits). Laurentide co. Limited, pp.

Anonyme. 1929. (descriptif) Correspondance d'un employé de la Laurentide Corporation. Laurentide Corporation. Source: AbitibiBowater Inc. Grand-Mère (Qc). 5 pp.

Archambault, L., Morissette, J., et Bernier-Cardou, M. 1997. Succession forestière après feu dans la sapinière à bouleau jaune du Bas-Saint-Laurent, Québec. *The Forestry Chronicle* **73**(6) : 702-710

Bailey, R., et Dell, T. 1973. Quantifying diameter distributions with Weibull function. *Forest Science* **19**(2) : 97-104

Baker, W. L. 1989. Landscape ecology and nature reserve design in the boundary waters Canoe Area, Minnesota. *American Scientist* **70**(1) : 23-35

Barrette, M., et Belanger, L. 2007. Reconstitution historique du paysage preindustriel de la region ecologique des Hautes Collines du Bas-Saint-Maurice. *Can. J. For. Res.* **37**(7) : 1147-1160
<http://dx.doi.org/10.1139/x06-306>

Bergeron, Y., et Dubuc, M. 1989. Succession in the southern part of the Canadian boreal forest. *Vegetatio* **79**(1-2) : 51-63

Bergeron, Y. 2000. Species and stand dynamics in the mixed woods of quebec's southern boreal forest. *Ecology* **81**(6) : 1500-1516

Bergeron, Y., et Dansereau, P. R. 1993. Predicting the composition of canadian southern boreal forest in different fire cycles. *Journal of Vegetation Science* **4**: 827-832

Bergeron, Y., Gauthier, S., Kafka, V., Lefort, P., et Lesieur, D. 2001. Natural fire frequency for the eastern canadian boreal forest: Consequences for sustainable forestry. *Canadian Journal of Forest Research* **31**: 384-391

Blais, J. R. 1983. Trends in the frequency, extent, and severity of spruce budworm outbreaks in Eastern Canada. *Canadian Journal of Forest Research* **13**: 539-547

Brown Corporation. 1937. General working plan. St-Maurice Limits. Brown Corporation. Source: Abitibi-Consolidated Inc. Grand-Mère (Qc). 21 pp.

Brown Corporation. 1923. Report and working plan covering limits St. Maurice 12E, 13E, Windigo IE, IIE, IIIIE, IW, Grande Pierriche I, II, A, B, Petite Pierriche I & III in whole or in part, and totalling 277, 089 acres. Under license to Brown Corporation. AbitibiBowater inc. Source: Brown Corporation. Grand-Mère (Qc). 64 pp.

Carcaillet, C., et Richard, P. J. H. 2000. Holocene changes in seasonal precipitation highlighted by fire incidence in Eastern Canada. *Climate Dynamics* **16**(7) : 549-559

Carleton, T. J., et Maclellan, P. 1994. Woody vegetation responses to fire versus clear-cutting logging: A comparative survey in the Central Canadian boreal forest. *Ecoscience* **1**(2) : 141-152

Cissel, J., Swanson, F., Mckee, W. A., et Burditt, A. 1994. Using the past to plan the future in the Pacific-Northwest. *Journal of Forestry* **92**(8) : 30-46

Consolidated Paper Corporation Ltd. 1946a. Distribution of forest area: Manouane. Consolidated Paper Corporation Ltd,. Source: AbitibiBowater Inc. Grand-Mère, Québec, Canada. 4 pp.

Consolidated Paper Corporation Ltd. 1946b. Distribution of forest area: Vermillon. Consolidated Paper Corporation Ltd,. Source: AbitibiBowater Inc. Grand-Mère, Québec, Canada. 5 pp.

Degrandpré, L., Morissette, J., et Gauthier, S. 2000. Long-term post-fire changes in the northeastern boreal forest of Quebec. *Journal of Vegetation Science* **11**: 791-800

Fortin, M., Begin, J., et Belanger, L. 2003. Evolution of the diameter structure and composition of old-growth mixed stands of balsam fir and red spruce after diameter-limited cutting at the ouareau river observation station. *Canadian Journal of Forest Research* **33**(4) : 691-704

Gauthier, S., De Grandpré, L., et Bergeron, Y. 2000. Differences in forest composition in two boreal forest ecoregions of Quebec. *Journal of Vegetation Science* **11**: 781-790

Gleick, J. 1988. *Chaos: making a new science*. Pingouin Books Ltd, 354 pp

Gosselin, J., Grondin, P., et Saucier, J.-P. 2000. Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'ouest. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la gestion des stocks forestiers, 163 pp.

Grenier, D., Bergeron, Y., Kneeshaw, D., et Gauthier, S. 2005. Fire frequency for the transitional mixedwood forest of Timiskaming, Quebec, Canada. *Can J Forest Res* **35**(3) : 656-666
doi:10.1139/X05-005

Grondin, P., Hotte, D., et Noël, J. 2007. L'intégration de la végétation et de ses variables explicatives à des fins de classification et de cartographie d'unités homogènes du Québec méridional. Ministère des ressources naturelles et de la faune, Direction de la recherche forestière, Québec. 62 pp

Hagan, J., et Whitman, A. 2006. Biodiversity indicators for sustainable forestry: Simplifying complexity. *Journal of Forestry* **104**(4) : 203-210

Hardy, R., et Séguin, N. 1984. Forêt et société en Mauricie: La formation de la région de Trois-Rivières 1830-1930. Boréal Express, Montréal. 222 pp

Harvey, B., Leduc, A., Gauthier, S., et Bergeron, Y. 2002. Stand-landscape integration in natural disturbance-based management of the southern boreal forest. *Forest Ecology and Management* **155**(1-3) : 369-385

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378112701005734>

Hobbs, N. 2003. Challenges and opportunities in integrating ecological knowledge across scales. *Forest Ecology and Management* **181**(1-2) : 223-238

Hunter Jr, M. L., Jacobson Jr, G. L., et Thompson Iii, W. 1988. Paleoecology and the coarse-filter approach to maintaining biological diversity. *Conservation Biology* **2**(4) : 375-385

Hunter, M. 1996. Benchmarks for managing ecosystems: Are human activities natural? *Conservation Biology* **10**(3)(3) : 695-697

King, A. 1993. Considerations of scale and hierarchy. *Dans* Ecological integrity and the management of ecosystems. S. Woodley, J. K., and G. Francis., editors. St. Lucie Press, U.S.A. Pages 19-45

Kneeshaw, D. D., Leduc, A., Drapeau, P., Gauthier, S., Paré, D., Carignan, R., Doucet, R., Bouthillier, L., et Messier, C. 2000. Development of integrated ecological standards of sustainable forest management at an operational scale. *The Forestry Chronicle* **76**(3) : 481-493

Lafleur, N. 1970. La drave en Mauricie: des origines à nos jours. Éditions du bien public, Trois-Rivières. 174 pp

Landres, P. B., Morgan, P., et Swanson, F. J. 1999. Overview of the use of natural variability concepts in managing ecological systems. *Ecological Applications* **9**(4) : 1179-1188

Leblanc, M. 1998. La sapinière vierge de la forêt montmorency et de sa région: Une forêt boréale distincte. Thèse M.Sc. Université Laval, Ste-Foy, Qc. 145 pp

Levin, S. A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology* **73**(6) : 1943-1967

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

Lorimer, C., et Krug, A. 1983. Diameter distributions in even-aged stands of shade-tolerant and midtolerant tree species. *American Midland Naturalist* **109**(2) : 331-345

Meentemeyer, V. 1989. Geographical perspectives of space, time, and scale. *Landscape Ecology* **3**(3/4) : 163-173

Millar, C. I., et Woolfenden, W. B. 1999. The role of climate change in interpreting historical variability. *Ecological Application* **9**(4) : 1207-1216

Morgan, P., Aplet, G. H., Haufler, J. B., Humphries, H. C., Moore, M. M., et Wilson, W. D. 1994. Historical range of variability: A useful tool for evaluating ecosystem change. *Journal of sustainable forestry* **2**(1/2) : 87-111

Mullin, T. E. A. 1993. The nature of chaos. Oxford Science Publication, 314 pp

O'hara, K. 1998. Silviculture for structural diversity: A new look at multiaged systems. *Journal of Forestry* **96**(7) : 4-10

O'Neill, R. V., Johnson, A. R., et King, A. W. 1989. A hierarchical framework for the analysis of scale. *Landscape ecology* **3**(3/4) : 193-205

Oliver, C. D., et Larson, B. C. 1996. *Forest stand dynamics*. Update ed. Wiley, New York. 520 pp

Pickett, S., et McDonnell, M. 1989. Changing perspectives in community dynamics - a theory of successional forces. *Trends Ecol Evol* **4**(8) : 241-245

Richard, P. J. H. 1993. Origine et dynamique postglaciaire de la forêt mixte au québec. *Review of Palaeobotany and Palynology* **79**: 31-68

Rondeux, J. 1999. *La mesure des arbres et des peuplements forestiers*. [2e éd.]. Les Presses agronomiques de Gembloux, Gembloux. 521 pp

Rowe, J. S. 1972. *Les régions forestières du Canada*. Ministère de l'Environnement, Service canadien des forêts, Publication n° 1300F, 172 pp.

Royer, R., et Grondin, M. 1958. Management plan report for the Manouane management unit: Books I and III. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater Inc. Grand-Mere, Quebec, Canada. 200 pp.

Royer, R., et Grondin, M. 1960. Management plan report for the Vermillon management unit: Books I and III. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater Inc. Grand-Mere, Quebec, Canada. 210 pp.

Sas Institute Inc. 2008. Documentation for sas®9 products. [en ligne]. Disponible à <http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/index.html> [cité le 16 Octobre 2008]

Shinneman, D. J., et Baker, W. L. 1997. Nonequilibrium dynamics between catastrophic disturbances and old-growth forests in ponderosa pine landscapes of the black hills. *Conservation biology* **11**(6) : 1276-1288

Shugart, H., et West, D. 1981. Long-term dynamics of forest ecosystems. *American Scientist* **69**(6) : 647-652

Sirois, L. 1995. Initial phase of postfire forest regeneration in two lichen woodlands of northern québec. *Ecoscience* **2**: 177-183

Smith, D. M. 1986. *The Practice of Silviculture*. 8th Edition. Wiley, New-York. 527 pp

Spies, T. A., et M. G. Turner. 1999. Dynamic forest mosaïcs. *Dans* Maintaining biodiversity in forest ecosystems. Hunter Jr, M. L., editors. Cambridge University Press, Cambridge. Pages 95-160

Sprugel, D. G. 1991. Disturbance, equilibrium, and environmental variability: What is "natural" vegetation in a changing environment? *Biological conservation* **58**: 1-18

St-Maurice Forest Protective Association Ltd. 1955. List of fires extinguished by St-Maurice forest protective association Ltd. Source: Abitibi-Consolidated Inc. (Grand-Mère).

Swetnam, T. W., Allen, C. D., et Betancourt, J. L. 1999. Applied historical ecology: Using the past to manage for the future. *Ecological Application* **9**: 1189-1206

Sylvain. 1962. *Horizons mauriciens*. Éditions du Bien public, Trois-Rivières. 135 pp

Townsend, C. R. 1925. Report on wood falling into Bay a Tikenne. Laurentide Company Limited. Source: AbitibiBowater inc. Grand-Mère (Qc). 68 pp.

Turner, M. G., Romme, W. H., Gardner, R. H., O'Neill, R. V., et Kratz, T. K. 1993. A revised concept of landscape equilibrium: Disturbances and stability on scaled landscapes. *Landscape Ecology* **8**(3) : 213-227 <http://www.springerlink.com/index/XV13970522540Q36.pdf>

Turner, M. G., O'Neill, R. V., Gardner, R. H., et Milne, B. T. 1989. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. *Landscape Ecology* **3**(3) : 153-162 <http://dx.doi.org/10.1007/BF00131534>

Urban, D. L., O'Neill, R. V., et Shuggart Jr, H. H. 1987. Landscape ecology: A hierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns. *Bioscience* **37**(2) : 119-127

Veblen, T. T. 2003. Historic range of variability of mountain forest ecosystems: Concepts and applications. *The Forestry Chronicle* **79**(2) : 223-226

Wallin, D. O., Swanson, F. J., Marks, B., Cissel, J. H., et Kertis, J. 1996. Comparison of managed and pre-settlement landscape dynamics in forests of the pacific northwest, usa. *Forest Ecology and Management* **85**: 291-309

Whikenden. 1922. Report on Vermillon River Valley - Reconnaissance of May 1922. Source: Abitibi-Consolidated Inc. (Grand-Mère). 6 pp.

White, P. S., et Walker, J. 1997. Approximating nature's variation: Selecting and using reference information in restoration ecology. *Restoration Ecology* **5**(4) : 338-349

Wilson, E. 1907. Correspondance d'Elwood Wilson. Laurentide Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater inc. Grand-Mère (Qc). 4 pp.

Wu, J. 1999. Hierarchy and scaling: Extrapolating information along a scaling ladder. *Canadian Journal of Remote Sensing* **25**(4) : 367-380

Wyszomirski, T. 1992. Detecting and displaying size bimodality: Kurtosis, skewness and bimodalizable distributions. *Journal of Theoretical Biology* **158**(1) : 109-128

Tableau 1. Description des sources historiques utilisées.

Référence	Description
Anonyme. 1922.	Rapport d'inventaire aérien de 1921 sur les terrains de la compagnie Laurentide co. Limited couvrant une partie de Tikenne (Figure 1).
Anonyme. 1929.	Lettre d'un employé de la compagnie Laurentide co. Limited au bureau chef pour justifier d'avoir plus de ressources pour aménager le territoire. Il décrit l'état de la situation.
Brown. 1923.	Rapport d'inventaire de la compagnie Brown couvrant un total de 112 134 hectares, mais étant subdivisé en plus petits secteurs d'inventaires. La base de l'inventaire a été faite en 1912 avec une mise en jour en 1923 pour tenir compte des coupes.
Brown. 1937.	Description quantitative de leurs concessions basée principalement sur le volume disponible par secteur (Figure 1). Aussi, description qualitative des types forestiers et des caractéristiques du territoire.
Consolidated Paper Corporation Ltd. 1946.	Répartition des types de couvert forestiers (résineux, mélangés, feuillus) par compartiment pour les concessions Vermillon et Manouane. Données validées par des forestiers retraités de la compagnie, car il n'y avait aucune référence d'associées.
Royer et Grondin. 1958a.	Plan d'aménagement de la concession Manouane – « Books » I et III. Le « book » I fait référence au plan et le « book » III aux cartes associées.
Royer et Grondin. 1958 b.	Plan d'aménagement de la concession Manouane – « Book » II. Tables de stock et de peuplement associées au plan.

- Royer et Grondin. 1960a. Plan d'aménagement de la concession Vermillon – « Books » I et III. Le « book » I fait référence au plan et le « book » III aux cartes associées.
- Royer et Grondin. 1960 b. Plan d'aménagement de la concession Vermillon – « Book » II. Tables de stock et de peuplement associées au plan.
- St-Maurice Forest Protective Association Ltd. 1955. Rapport présentant les statistiques (superficie, origine, localisation) associées aux feux éteints par cette association entre 1912 et 1955.
- Townsend. 1925. Rapport d'exploration dans une section du bloc Tikenne.
- Whikenden. 1922. Rapport d'exploration dans le secteur de la concession Vermillon décrivant le type de bois présent, les possibilités de dravage et l'historique des feux.
- Wilson. 1907. Lettre d'Elwood Wilson adressée à George Chahoon Jr détaillant le résultat d'une exploration en Mauricie durant l'hiver 1907 dans ce qui apparaît approximativement le secteur du bloc Tikenne (Figure 1).
-

Tableau 2. Proportions de la superficie productive couvertes par les perturbations naturelles et la récolte forestière entre 1870 et 1958 dans les six blocs (paysages) retenus pour établir le portrait forestier préindustriel de la forêt mélangée tempérée en Mauricie en 1946 et 1957 (North Vermillon a seulement servi pour 1946) .

Blocs	Superficie	Perturbation	1870-1921	1922/23	1930-58
Central Vermillon	269 km ²	Coupes	0	1-15 ^a	25
		Naturelles	52	20	< 1
Kempt	215 km ²	Coupes	0	50-65 ^a	12
		Naturelles	nd ^b	73	3
Manouane Lake	396 km ²	Coupes	0	1-15 ^a	13
		Naturelles	54	15	6
Morialice	108 km ²	Coupes	0	0	0
		Naturelles	42	0	6
North Vermillon	350 km ²	Coupes	0	1-15 ^a	37
		Naturelles	28	15	7
Tikenne	273 km ²	Coupes	0	1-15 ^a	23
		Naturelles	12	11	2

^a Récolte de bois brûlé.

^b Non-défini : les feux de 1922/23 ont été tellement importants qu'ils ont masqué la possible présence de feux antérieurs.

Tableau 3. Statistiques des feux entre 1914 et 1955 dans la forêt mélangée tempérée de la Mauricie (n = 91).

Classes de dimension	Nombre	%	Superficie brûlée	%
< 150 ha	57	63	2 064	2
150 – 1000 ha	20	22	9 070	9
1001 – 10000 ha	11	12	31 124	29
> 10000 ha	3	3	63 360	60

Tableau 4. Classification de l'état d'équilibre des quatorze blocs selon Turner et al. (1993).

Paysage	Superficie (km ²)	T ^a	S ^b	Classification ^c
Central Vermillon	269	1,2	0,72	Stable, très grande variabilité
Flamand	199	1,0	0,85	Stable, très grande variabilité
Kempt	215	1,1	0,74	Stable, très grande variabilité
Lake Blanc	249	1,2	0,69	Stable, très grande variabilité
Manouane Lake	396	1,2	0,72	Stable, très grande variabilité
Morialice	108	2,0	0,42	Stable, grande variabilité
North Vermillon	350	1,7	0,49	Stable, grande variabilité
Populo	265	1,2	0,71	Stable, très grande variabilité
South Vermillon	302	2,3	0,36	Stable, grande variabilité
Tikenne	273	3,6	0,24	Stable, faible variabilité
Upper Rat River	308	1,7	0,49	Stable, grande variabilité
Upper Vermillon	428	1,9	0,44	Stable, grande variabilité
Vermillon	275	1,8	0,46	Stable, grande variabilité
Wessonneau	532	1,2	0,69	Stable, très grande variabilité

^a T= Cycle de feu/Temps de retour du stade climacique (150 ans).

^b S= Superficie brûlée entre 1870-1996/Superficie du paysage (bloc).

^c Voir Figure 3.

Tableau 5. Proportion (% de la superficie) des stades de développement et des types forestiers pour quatre territoires de la « Brown Corporation » totalisant 1 054 km². Données de 1912 actualisées en 1923 pour tenir compte des coupes.

	StMaurice	Windigo	Grande Pierriche	Petit Jolie	TOTAL
km ²	142	284	455	173	1054
Stades de développement					
Marchand ^a	76	70	78	72	75
Marchand-coupé	13	16	1	8	8
Non-marchand ^b	11	14	21	21	18
Types forestiers^c					
Résineux purs	23	28	25	19	24
Résineux-Feuillus	28	34	45	24	37
Feuillus-Résineux	30	11	14	34	19
Feuillus purs	1	0	0	0	0
Marchand-coupé	14	17	1	8	8
Vieux brûlis	4	8	15	15	12

^a Âge de maturité non spécifié. Dans les plans d'aménagement des années 1950, l'âge de maturité était > 60 ans. Dans le cas présent, il y a des indications que ce pourrait être > 80 ans.

^b Dans la proportion de non-marchand, l'eau est incluse.

^c En considérant seulement la proportion productive du territoire (eau exclue).

Tableau 6. Proportion (% de la superficie), en 1921, des types forestiers dans un territoire de 97 km² aménagé par la Laurentide Corporation Ltd.

Peuplement forestier	%
Seconde venue	<1
Résineux pur	39
Résineux avec feuillus intolérants ^b	61
Feuillus intolérants avec résineux	<1

^a Épinette noire

^b Bouleau blanc, épinette noire et sapin baumier.

Tableau 7. Statistiques associées aux types de couverts préindustriels dans la forêt mélangée de la Mauricie (Québec, Canada) selon l'échelle de paysage. Entre parenthèses, le nombre de paysages considérés. Les statistiques sont basées sur les données de 1946 et 1957.

Type de couvert	Échelle	Moyenne	Médiane	Écart-type	Min	Max
Résineux	Grands paysages (2)	37	– ^a	– ^a	32	43
	Blocs (11)	35	35	13	3	48
	Compartiments (107)	35	38	18	0	74
Mélangés	Grands paysages (2)	49	– ^a	– ^a	42	56
	Blocs (11)	52	45	19	32	97
	Compartiments (107)	53	49	21	20	100
Feuillus	Grands paysages (2)	14	– ^a	– ^a	11	16
	Blocs (11)	13	11	11	0	33
	Compartiments (107)	11	5	14	0	51

^a Non calculé, car n=2.

Tableau 8. Statistiques des stades de développement préindustriels dans la forêt mélangée de la Mauricie (Québec, Canada) selon l'échelle de paysage. Entre parenthèses, le nombre de paysages considérés. Les statistiques sont basées sur les données de 1946 et 1957.

Stade de développement	Échelle	Moyenne	Médiane	Écart-type	Min	Max
Surannés (>100 ans)	Grands paysages(1) ^a	34 ^b	–	–	–	–
	Blocs (6)	36	23	29	12	80
	Compartiments (97)	28	17	29	0	99
Matures (61-100 ans)	Grands paysages (1)	31 ^b	–	–	–	–
	Blocs (6)	34	33	26	6	67
	Compartiments (97)	41	40	30	0	97
Jeunes (21-60 ans)	Grands paysages (1)	33 ^b	–	–	–	–
	Blocs (6)	27	14	32	0	79
	Compartiments (97)	30	12	34	0	100
En Régénération (0-20 ans)	Grands paysages (1)	2 ^b	–	–	–	–
	Blocs (6)	3	2	4	0	10
	Compartiments (97)	2	0	5	0	20

^a Les grands paysages font essentiellement référence à l'année 1946, car pour 1957 les coupes limitaient la discrimination des stades de développement matures et surannés.

^b Dans le cas des grands paysages, comme N=1 seul le % total (non la moyenne) est indiqué.

Tableau 9. Proportion (% nombre de tiges et volume) préindustrielle des essences dans les peuplements matures et surannés (61 ans et +) de la forêt mélangée tempérée en Mauricie.

Essences	% Tiges	% Volume
Sapin baumier	35	13
Épinette noire	32	26
Bouleau blanc	17	27
Pin gris	8	14
Érables	2	2
Épinette blanche	1	4
Bouleau jaune	1	6
Peuplier	2	6
Mélèze/Thuya	1	1
Autres	< 1 ^a	1 ^b

^a Pin blanc, Pin rouge, Frêne et Hêtre; individuellement <1 %.

^b Pin blanc

Tableau 10. Proportions (%) préindustrielles des différentes structures diamétrales de peuplements matures et surannés (61 ans et +) dans cinq blocs (paysages) de la forêt mélangée tempérée en Mauricie. La valeur de n correspond au nombre de tables de peuplements matures par paysage. Note : il y avait eu des coupes partielles pour la récolte de grands pins blancs et épinettes rouges.

	CV ^a (n=24)	K (n=29)	ML (n=40)	M (n=49)	T (n=50)	Total ^b (n=192)
Unimodale +	90	94	99	88	35	73
J-Inversé	9	0	1	6	65	25
Normale	1	6	1	6	<1	2
Bi-modale	<1	0	<1	0	0	<1

^a CV : Central Vermillon; K : Kempt; ML : Manouane Lake; M : Morialice; T : Tikenne. (voir carte de localisation).

^b Considérant les paysages comme un tout. Pas une moyenne.

Tableau 11. Caractéristiques préindustrielles de la forêt mélangée tempérée de la Mauricie.

En moyenne le type de couvert mélangé est le plus abondant aux différentes échelles de perception du paysage alors que le type de couvert feuillu est le moins abondant.

Pour les types forestiers, en moyenne (caractéristiques touchant les échelles de perception « blocs » et « grands paysages ») :

- les pessières noires ou pinèdes grises sont la principale composante du type de couvert résineux
- les « mélangés avec feuillus intolérants » (bouleau blanc particulièrement) sont la principale composante du type de couvert mélangé
- le type forestier « feuillus intolérants » (bouleau blanc particulièrement) est la principale composante du type de couvert feuillu

En moyenne, les stades matures (60-100 ans) et surannés (101 ans et +) représentent la principale matrice aux différentes échelles de perception du paysage

Figure 1. Localisation de l'aire d'étude. Blocs (paysages, en gras) retenus pour établir le portrait préindustriel: CV : Central Vermillon, K : Kempt, ML : Manouane Lake, M : Morialice, NV : North Vermillon et T : Tikenne. Autres blocs : F : Flamand, LB : Lake Blanc, P : Populo, SV : South Vermillon, URR : Upper Rat River, UV : Upper Vermillon, V : Vermillon, W : Wessonneau.

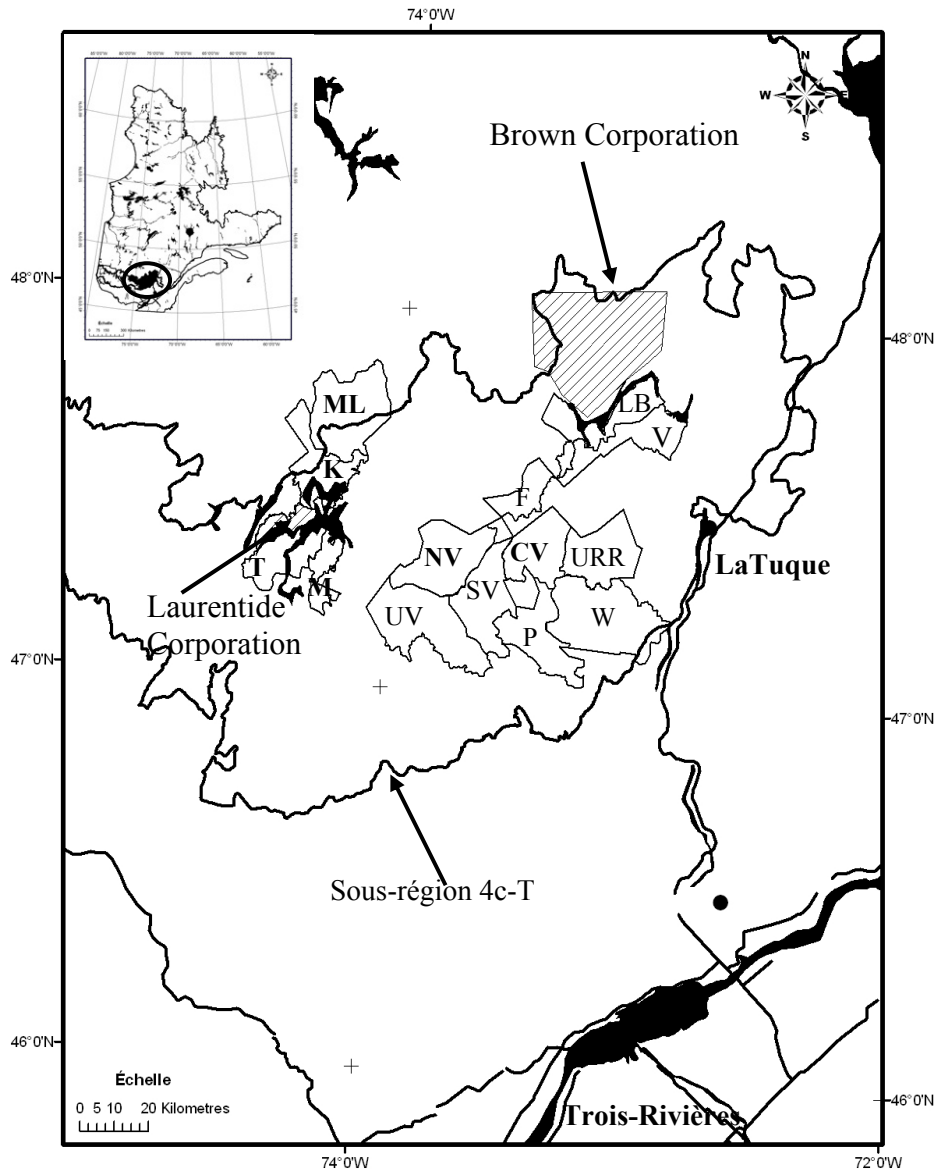


Figure 2. Représentation schématique des trois niveaux de perception du paysage analysés.

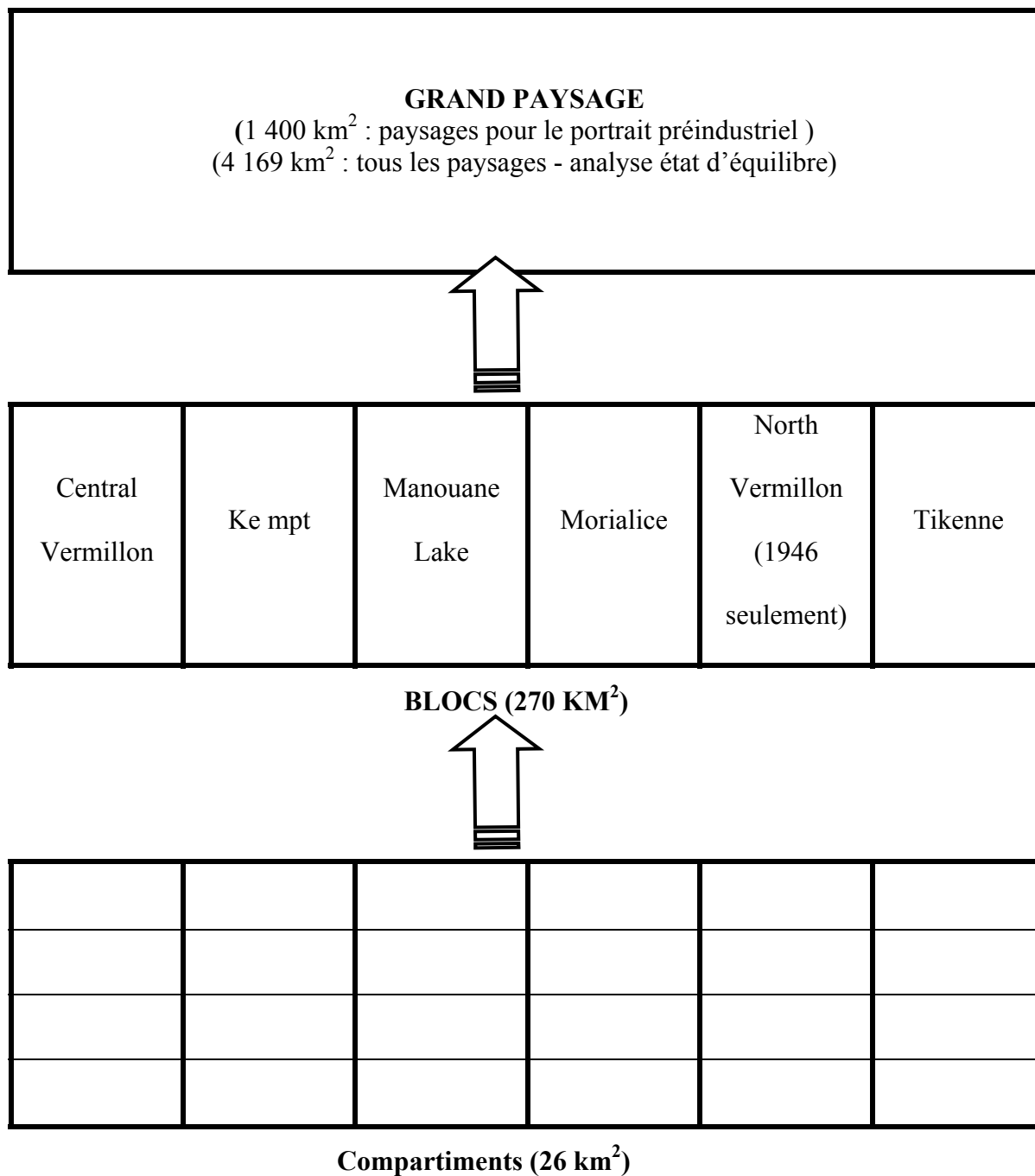
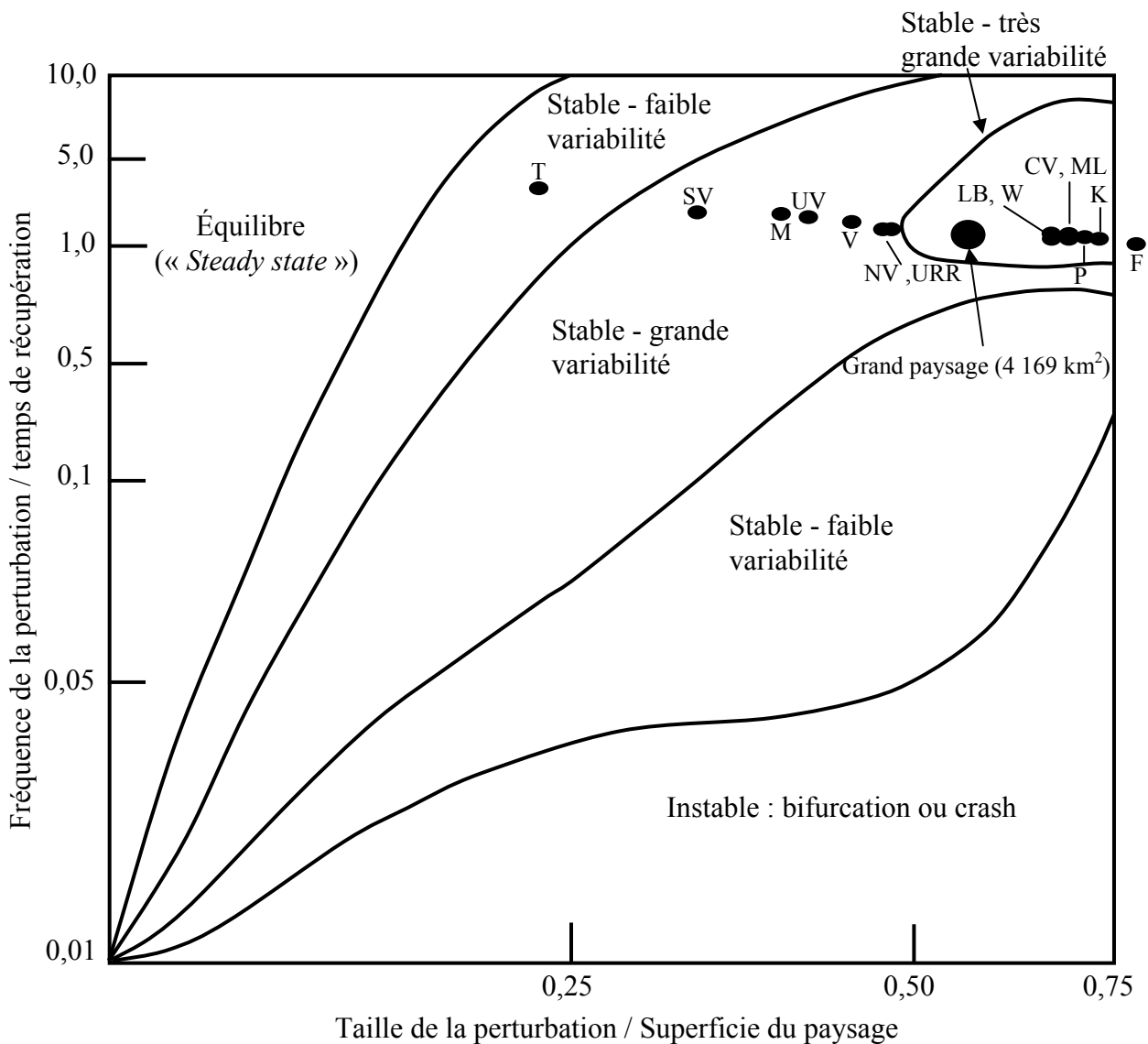


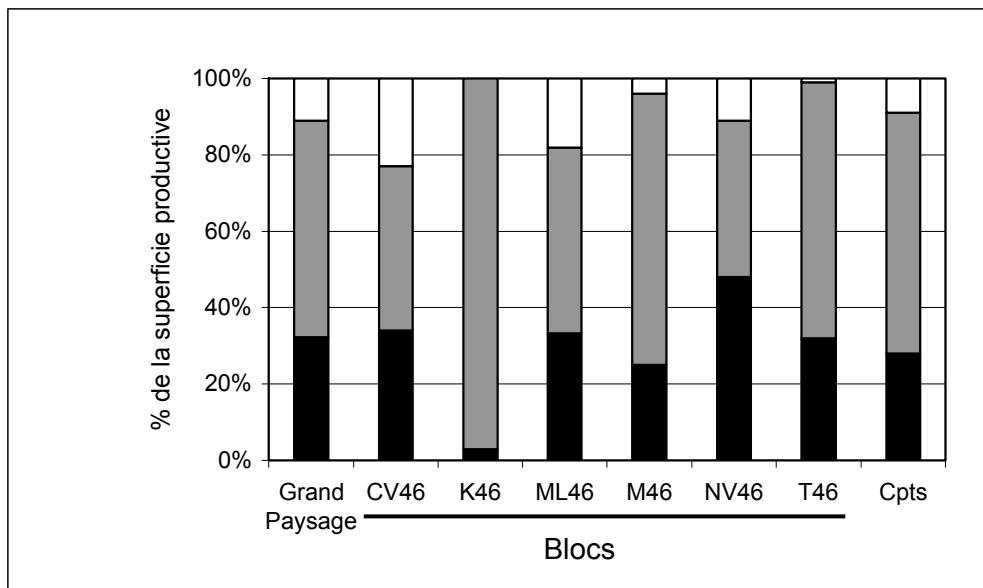
Figure 3. Diagramme des paysages selon leur niveau d'équilibre selon Turner et al. (1993) (CV : Central Vermillon, F : Flamand, K : Kempt, LB : Lake Blanc, ML : Manouane Lake, M : Morialice, NV : North Vermillon, P : Populo, SV : South Vermillon, T : Tikenne, URR : Upper Rat River, UV : Upper Vermillon, V : Vermillon, W : Wessonneau).



(Graphique adapté de Turner et al. 1993)

Figure 4. Représentation graphique des proportions des types de couverts forestiers préindustriels (□ : Feuillu, ▒ : Mélangé, ■ : Résineux) selon les trois niveaux de perception du paysages considérés. CV : Central Vermillon, K : Kempt, ML : Manouane Lake, M : Morialice, NV : North Vermillon, T : Tikenne. Les compartiments (« Cpts ») sont représentés par leur valeur moyenne (1946 : n=54, 1957 : n=53).

a) 1946



b) 1957

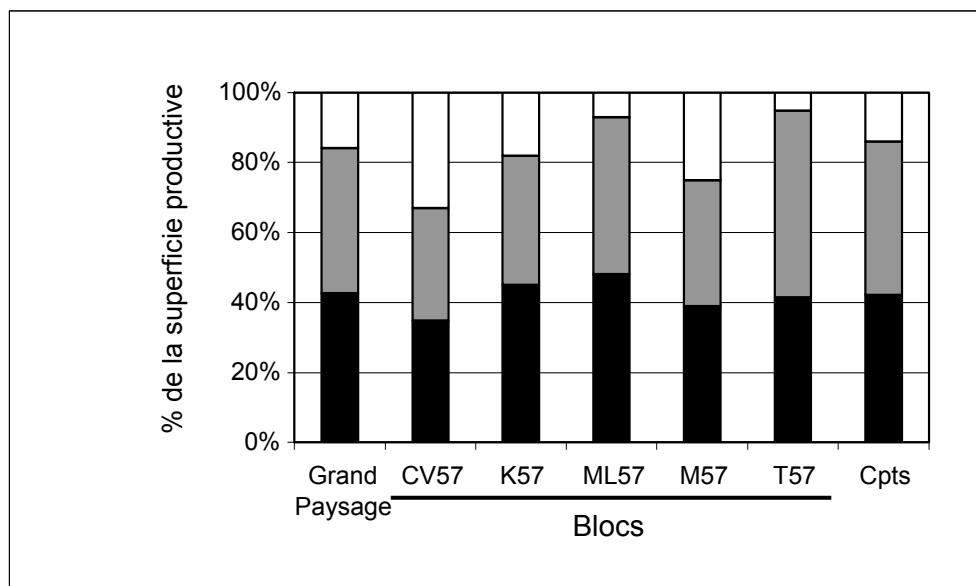


Figure 5. Représentation graphique des proportions des types forestiers préindustriels dans cinq blocs (paysages) de la forêt mélangée de la Mauricie (Québec, Canada). Légende : ■ : Pessière noire, ■ : Pinède grise, ■ : Résineux (aucune essence ne domine), □ : Mélangés avec feuillus intolérants (bouleau blanc), ▨ : Mélangés avec feuillus tolérants (bouleau jaune), ▩ : Feuillus intolérants (bouleau blanc, peuplier faux-tremble), ▨ : Feuillus tolérants (érables, bouleau jaune).

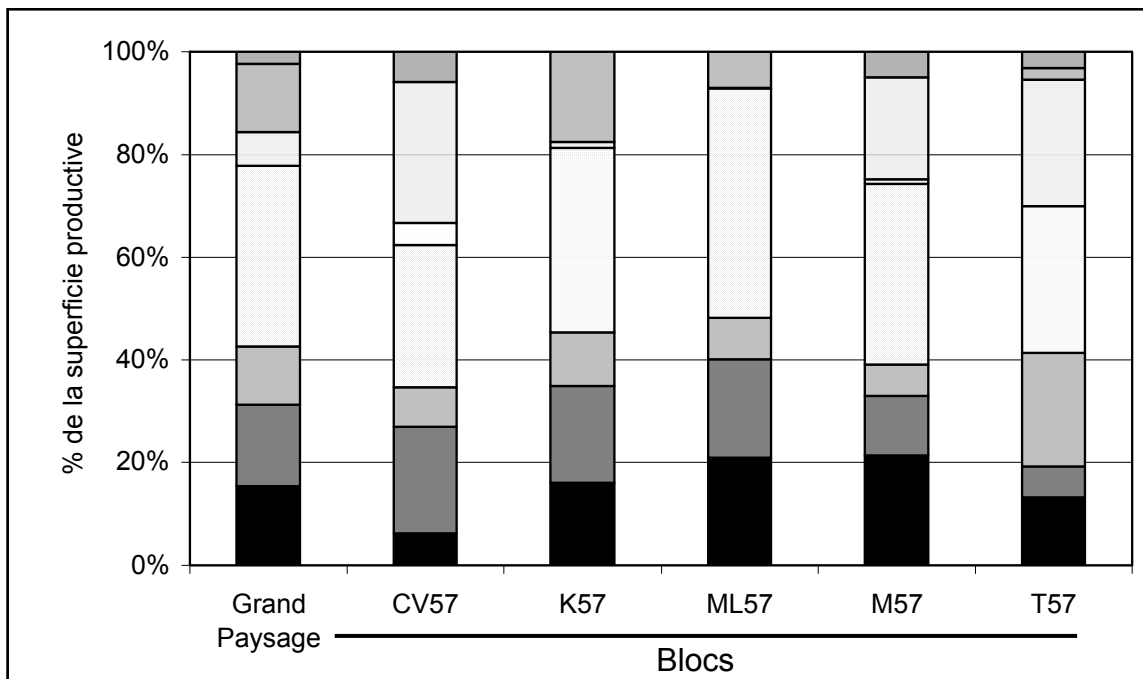





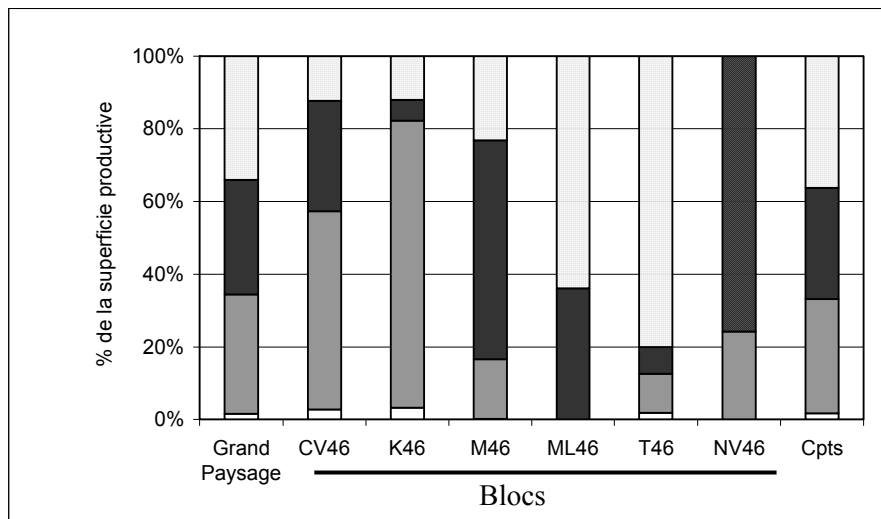


Figure 6. Représentation graphique des proportions des stades de développement préindustriels de la forêt mélangée tempérée de la Mauricie (Québec, Canada) selon trois niveaux de perception du paysage. CV : Central Vermillon, K : Kempt, ML : Manouane Lake, M : Morialice, T : Tikenne. Les compartiments (« Cpts ») sont représentés par leur valeur moyenne (1946 : n=54, 1957 : n=43). Légende :  : Matures et surannés (> 60 ans),  : Surannés (> 100 ans),  : Matures (61-100 ans),  : Jeunes (≤ 60 ans),  : En régénération (0-20 ans).

a) 1946



b) 1957

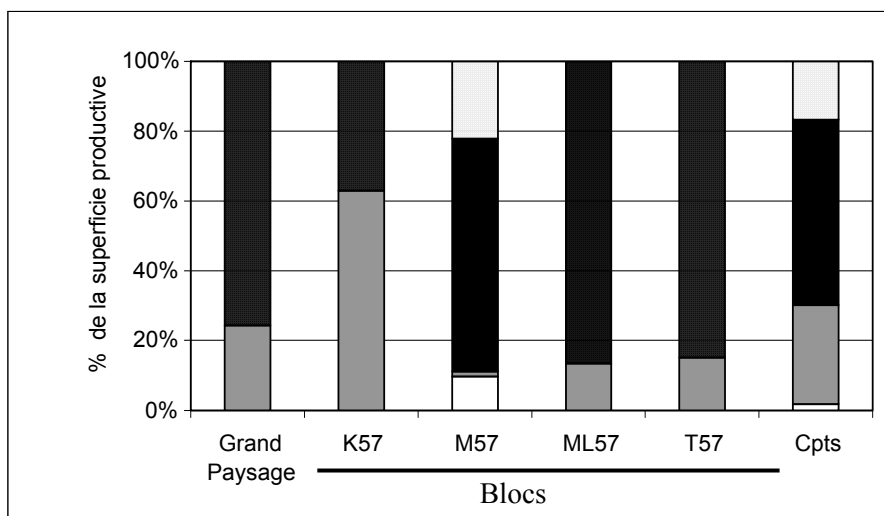
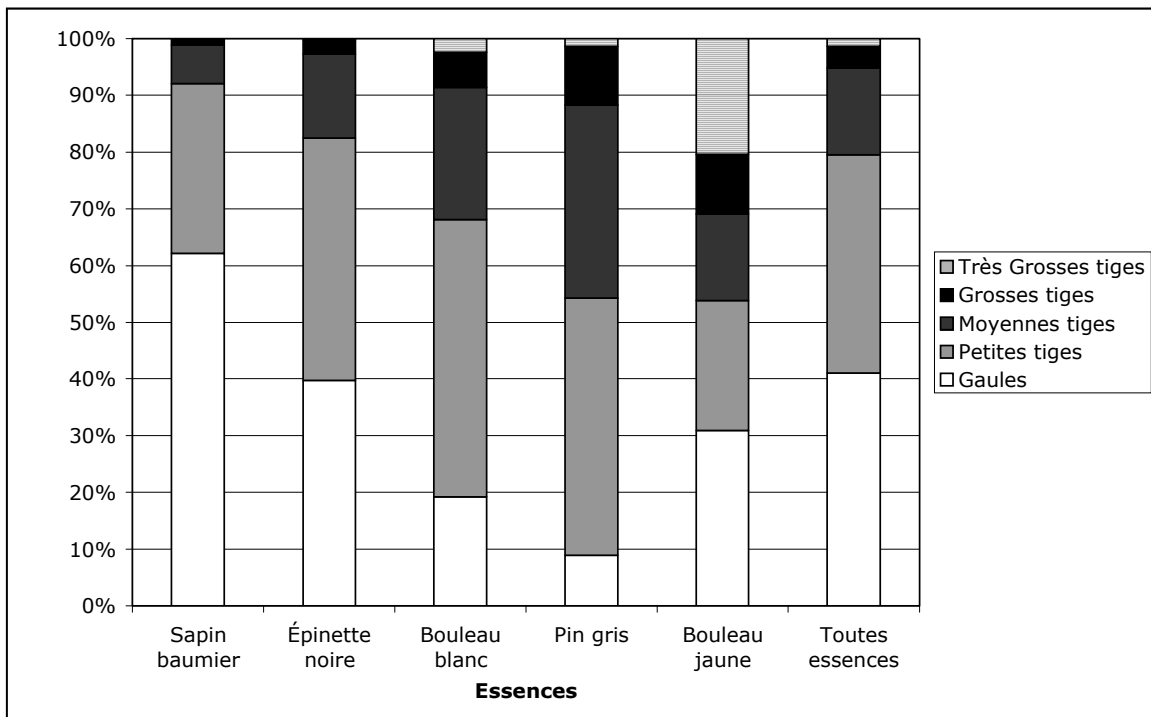


Figure 7. Répartition préindustrielle de la grosseur des principales essences présentes dans les peuplements matures et surannés (61 ans et +) de la forêt mélangée tempérée en Mauricie (Québec, Canada). Grosseurs (diamètres à hauteur de poitrine) : Gaules= 1,5 à 9,0 cm – 1 à 3 pouces; Petites tiges= 9,1 à 16,7 cm – 4 à 6 pouces; Moyennes tiges= 16,8 à 24,3 cm – 7 à 9 pouces; Grosses tiges= 24,4 à 31,9 cm – 10 à 12 pouces; Très grosses tiges = $\geq 32,0$ cm — ≥ 13 pouces (Fortin et al. 2003).



Chapitre 2. Reconstitution de l'évolution du couvert forestier dans une forêt mélangée du Québec (Canada) et influence d'un siècle de récolte dans un contexte d'interactions de perturbations

(Article formaté pour être soumis à la revue Forest Ecology and Management après traduction)

Eric Alvarez⁵, Louis Bélanger⁶, Louis Archambault⁷ et Frédéric Raulier⁸

⁵ Doctorant, Faculté de foresterie et géomatique, Centre d'Etude de la Forêt, 2405 Rue de la Terrasse Université Laval, G1V 0A6, Québec, Canada. Tél.: 418-656-2131 (8335), Télécopieur : 418-656-3551. eric.alvarez.1@ulaval.ca

⁶ Professeur, Faculté de foresterie et géomatique, Centre d'Etude de la Forêt, 2405 Rue de la Terrasse Université Laval, G1V 0A6, Québec, Canada. Tél. : 418-656-2131 (2233), Télécopieur : 418-656-5262. louis.belanger@sbfulaval.ca

⁷ Chercheur scientifique, Ressources naturelles Canada, Service canadien des Forêts, Centre de foresterie des Laurentides, 1055 rue du P.E.P.S, C.P. 10380, succ. Sainte-Foy, Québec (Québec), Canada G1V 4C7, Tél.: 418-648-7230; Télécopieur: 418-648-5849. Louis.Archambault@RNC.gc.ca

⁸ Professeur, Faculté de foresterie et géomatique, Centre d'Etude de la Forêt, 2405 Rue de la Terrasse Université Laval, G1V 0A6, Québec, Canada. Tél. : 418-656-2131 (6742), Télécopieur : 418-656-5262. frederic.raulier@sbfulaval.ca

Résumé

Dans une optique d'établir une stratégie d'aménagement durable, il y a un intérêt de la part des aménagistes d'une forêt mélangée tempérée du centre du Québec (Canada) avec un long historique de récolte, d'avoir une appréciation de l'impact historique de l'industrie forestière sur l'évolution du couvert forestier. L'objectif de cette étude était dans un premier temps de reconstituer l'évolution du couvert forestier à l'échelle du paysage à quatre dates : 1946, 1957, 1976 et 1996. Dans un deuxième temps, nous visons à qualifier l'effet possible des coupes sur l'évolution du couvert. Des données d'archives d'une compagnie forestière ont été à la base de la reconstitution. Pour évaluer l'influence de la récolte, nous avons utilisé trois méthodes d'analyse. Nous avons aussi considéré deux échelles de paysages. La première comprenait quatorze paysages de 300 km² (en moyenne) pris individuellement et classés selon l'abondance relative de leurs coupes en comparaison aux perturbations naturelles pour la période 1923-1996. Pour la seconde échelle, nous avons considéré ces quatorze paysages comme n'en formant qu'un (4 169 km²). À cette échelle, le couvert mélangé est apparu dominant pour les quatre dates considérées dans l'étude. Ce n'était toutefois pas toujours le cas au niveau des paysages individuels. À l'échelle de 4 169 km², il est apparu que pour la période 1923-1996, les perturbations naturelles avaient couvert plus de superficie (59 %) que les coupes forestières (43 %). La principale influence de ces dernières sur l'évolution du couvert en fut une d'addition à la dynamique naturelle, en particulier pour le phénomène d'enfeuillement. Des recommandations d'aménagement sont présentées.

Mots-clés : forêt mélangée, histoire, paysages, échelles, feux, épidémies d'insectes, récolte forestière, couvert forestier.

Abstract

To ensure sustainable development in a temperate mixedwood forest in central Quebec (Canada) with a long harvesting history, forest managers would like to measure the historical impact of harvesting on forest cover evolution at the landscape level. The first objective was to make an historical reconstruction of the evolution of the forest cover at landscape level at four dates: 1946, 1957, 1976 and 1996. The second objective was to qualify the possible effects of harvesting. This study was based on a forest company's historical records. To analyze the possible consequences of harvesting, we used three methods. We also considered two different scales of analysis. First, we selected fourteen individual landscapes (300 km² on average) classified according to the relative abundance of their harvesting versus natural disturbances for the 1923-1996 period. Second, we considered all these landscapes as one (4 169 km²). At this latter scale, the mixedwood cover appeared dominant for the four dates considered in the study. However, it was not always the case for individual landscapes. At the 4 169 km² scale it appeared that natural disturbances covered more area than harvesting. The main influence of harvesting on forest cover evolution was “additive” to the natural dynamics, particularly about the increase of intolerant hardwoods. Forest management recommendations are presented.

Keywords: Mixedwood forest, history, landscapes, scales, fires, insect epidemics, harvesting, forest cover.

1. Introduction

L'industrie des pâtes et papiers est présente depuis le début du 20^e siècle dans la forêt mélangée de la Mauricie (Québec, Canada) (Royer et Grondin 1960; Hardy et Séguin 2004). Dans une optique d'établir une stratégie d'aménagement durable, il y a un intérêt de la part des aménagistes de cette forêt d'avoir une appréciation de l'impact historique de cette industrie sur l'évolution du couvert forestier. La recherche dans ce domaine est cependant très réduite, particulièrement à l'échelle du paysage qui est pourtant l'échelle de référence pour des stratégies d'aménagement (Hobbs 2003; Yemshanov et Perera 2003).

En forêt boréale et dans l'Est du Canada, l'enfeuillement par des essences intolérantes à l'ombre comme le bouleau blanc (*Betula papyrifera* Marshall) ou le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloïdes* Michx) est apparu comme l'altération la plus directe des coupes sur le couvert forestier (McRae et al. 2001; Haeussler et Kneeshaw 2003). Quoique les études ayant servi à établir ce constat s'étaient déroulées à l'échelle du type forestier, on peut aussi retrouver ces conclusions à l'échelle du paysage (Jackson et al. 2000; Boucher et al. 2006). Toutefois, à cette échelle, l'influence des coupes sur la transformation du couvert est apparue comme variable et parfois très nuancée.

Au Wisconsin, Radeloff et al. (1999) ainsi que White et Mladenoff (1994) ont aussi associé les coupes aux changements dans le couvert et particulièrement l'augmentation des feuillus. Dans leur cas cependant, d'autres variables comme la suppression des feux semblaient avoir joué un rôle. Dans d'autres études, plutôt que de créer une trajectoire différente du couvert, les coupes forestières ont eu un effet additif à celui des perturbations naturelles. De fait, lorsqu'on réalise une étude à l'échelle du paysage, on doit nécessairement tenir compte de l'interaction de différentes perturbations comparativement aux études à l'échelle du type forestier qui s'attardent généralement à un ou deux types de perturbations bien distincts (ex. : feux, feux vs coupes) (Yemshanov et Perera 2003). Par exemple, en Slovénie, Boncina et al. (2003) ont noté que les coupes ont accéléré l'effet de « balancier » entre la dominance du sapin argenté (*Abies Alba* Mill.) et du hêtre européen (*Fagus sylvatica* L.). Aussi, en Saskatchewan (Canada), Weir et Johnson (1998) ont noté que la dynamique associée aux coupes forestières en combinaison avec

les feux avait accru le processus de succession forestière en faveur du peuplier faux-tremble et du pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.) comparativement à une situation où seuls les feux étaient présents. Finalement, dans une forêt du Nouveau-Brunswick (Canada), Etheridge et al. (2005) expliquaient l'augmentation des types forestiers de feuillus tolérants (érables principalement) entre 1945 et 2002 par une combinaison de facteurs liés aux feux, épidémies d'insectes et coupes partielles résultantes de ces épidémies.

Dans notre territoire d'étude, les perturbations naturelles, particulièrement le feu et les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clemens)), ont été très présentes sur le territoire (Royer et Grondin 1960; Blais 1983). Or il a été mis en évidence que les feuillus intolérants étaient naturellement associés à la dynamique après feu en forêt boréale et mélangée québécoise (Bergeron et Dubuc 1989; Archambault et al. 1997; Bergeron 2000; DeGrandpré et al. 2000; Gauthier et al. 2000). De plus, les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette apparaissaient favoriser la présence du bouleau blanc (Duchesne et Ouimet 2008), même jusqu'à 200 ans après feu en forêt boréale (Bergeron et Dansereau 1993). Cela implique donc une prise en compte de la dynamique associée aux perturbations naturelles avant de pouvoir conclure à un effet d'enfeuillement.

L'objectif de cette étude était dans un premier temps de reconstituer l'évolution du couvert forestier dans quatorze paysages de la forêt mélangée de la Mauricie en relation avec leur historique de coupes forestières et de perturbations naturelles. Dans un deuxième temps, nous visons à qualifier l'altération possible qu'avaient pu avoir les coupes sur l'évolution du couvert dans un contexte où la stratégie de régénération était basée sur la régénération naturelle.

Pour répondre au défi méthodologique de cette étude, nous avons utilisé une méthode basée sur l'historique des paysages, une approche recommandée par plusieurs auteurs (Christensen 1989; Foster et al. 1998; Marcucci 2000). Le principe est de considérer que chaque paysage a son histoire et que les perturbations passées, humaines ou naturelles, ont façonné les paysages d'aujourd'hui.

2. Méthodologie

2.1 Cadre écologique de référence

L'étude s'est centrée dans le sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'ouest qui a une superficie approximative de 55 600 km² et est localisé principalement entre le 47e et 48e parallèle (Gosselin et al. 2000); il est à plus de 95 % à vocation forestière. Ce sous-domaine est lui-même subdivisé en régions écologiques et l'aire d'étude se retrouve dans la sous-région écologique des Collines du Moyen St-Maurice qui représente 42 % du sous-domaine (Figure 1). La région écologique 4c est caractérisée par des précipitations annuelles variant entre 900 – 1 000 mm selon l'altitude et l'exposition des versants. La température moyenne annuelle varie de 0 °C à 2,5 °C (gradient nord-sud). D'un point de vue des types forestiers, la sapinière à bouleau jaune de l'ouest est caractérisée par la présence constante de la bétulaie jaune à sapins (*Betula alleghaniensis* Britton – *Abies balsamea* (L.) Mill.) sur les sites mésiques. Ce sous-domaine est bordé au nord par la zone bioclimatique de la forêt boréale et au sud par le zone de la forêt feuillue.

2.2 Sélection des paysages

Nous avons retenu quatorze des vingt sous-unités d'aménagement (« *blocks* ») de deux anciennes concessions forestières d'AbitibiBowater Inc. comme les paysages de référence de notre étude. Les concessions forestières étaient un mode de tenure par lequel le gouvernement cédait ses droits sur les arbres à des compagnies forestières, mais conservait le fonds de terre public. Ce mode de tenure n'existe plus depuis 1987.

Ces quatorze paysages se retrouvaient dans la sapinière à bouleau jaune de l'ouest (Gosselin et al. 2000) en Mauricie (Québec, Canada) (Figure 1). Leur sélection a été basée sur des principes associés à l'analyse des études de cas (Yin 1989) qui veulent que l'on sélectionne les unités expérimentales sur la base de certains critères plutôt que de les choisir aléatoirement.

La délimitation des quatorze paysages était basée principalement sur des limites de bassins versants telles que définies par les forestiers à l'époque des concessions. Les paysages avaient une superficie productive moyenne d'approximativement 300 km². Les paysages Manouane Lake et Kempt (Figure 1) ont été retenus malgré qu'ils étaient respectivement à 67 % et 50 % dans la forêt boréale (au nord de notre aire d'étude), car ils offraient des conditions de forêt

préindustrielle. Deux paysages n'ont pas été retenus malgré qu'ils respectaient les critères. Un premier était aménagé depuis le milieu des années 1980 dans une autre région administrative que la Mauricie et était à proximité d'une réserve autochtone. Cela rendait potentiellement plus difficile un suivi précis de toutes les activités forestières. Le second était un relativement petit (142 km²) paysage fragmenté constitué à 20 % de terres privées de la compagnie AbitibiBowater Inc.

[Figure 1]

2.3 Reconstitution de l'évolution du couvert forestier et des différentes perturbations

La reconstitution de l'évolution du couvert forestier s'est fait pour quatre dates dans le temps, soit : 1946, 1957, 1976 et 1996. Comme pour chaque période considérée (sauf 1946 et 1957) les appellations des types forestiers associés étaient différentes ainsi que les stades de développements associés, nous avons établi une nomenclature commune.

La reconstitution s'est faite à deux échelles de paysages. La première était celle à laquelle nous avons nos données d'archives, soit l'échelle des quatorze paysages pris individuellement. La deuxième échelle a consisté à considérer tous les paysages comme ne faisant qu'un « grand paysage » de 4 169 km².

2.3.1 Sources

2.3.1.1 Couvert forestier

Les superficies associées au couvert forestier de 1946 et 1957 ont été extraites des archives de la compagnie AbitibiBowater Inc. (Mauricie). Celles de 1976 et 1996 ont été tirées des bases de données du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) du Québec.

Plus spécifiquement, les données de 1957 furent retrouvées dans les plans d'aménagement de deux anciennes concessions (Manouane et Vermillon) de la compagnie AbitibiBowater Inc. (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960). Les données ont été produites par photo-interprétation et calculées par planimétrie. Elles étaient compilées par types forestiers et classes d'âge.

Les données sur le couvert forestier de 1946 étaient elles aussi issues des archives d'AbitibiBowater Inc (Grand-Mère), mais ne se retrouvaient pas dans les plans d'aménagement. Aussi, elles présentaient seulement des informations sur les types de couvert (résineux, mélangés et feuillus) par classe d'âge. Ces données ont été validées par les forestiers retraités que nous avons interviewés (voir section 2.4.3.1).

Pour 1976 et 1996, les données étaient aussi issues de photo-interprétation. En 1976, c'est par planimétrie que les superficies étaient calculées alors qu'en 1996 ce fut via un logiciel d'analyse de données spatiales.

2.3.1.2 Historique des perturbations antérieures à 1957

Pour la période antérieure à 1957, l'historique des perturbations a été retracé principalement à l'aide des plans d'aménagement de la fin des années 1950 de la Consolidated Paper Corporation Ltd (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960).

Les superficies couvertes par les feux ont été basées sur les résultats de la photo-interprétation de cette époque. Certaines classes d'âges étaient alors associées à des historiques de feux. Par exemple, la classe d'âge de 30 ans était principalement associée aux feux de 1923. Pour éviter les risques de surestimation, particulièrement dans les cas où il y avait un risque de confusion avec des coupes dans l'origine de la classe de 30 ans, la proportion brûlée a été évaluée sur la base de la moyenne obtenue selon les données de 1946 et 1957.

Pour la tordeuse des bourgeons de l'épinette, les superficies des impacts de l'épidémie de 1946-56 ont été estimées à partir de la base de données du MRNF de 1976 (premier décennal). Aucune référence n'a été trouvée pour évaluer l'impact en superficie de l'épidémie de 1910-20.

Les superficies coupées annuellement par la compagnie se retrouvaient dans les plans d'aménagement. On a pu retracer un historique depuis les années 1920 pour la concession Manouane et les années 1930 pour la concession Vermillon. Toutes les superficies avaient été calculées à l'aide d'un planimètre.

2.3.1.3 Historique des perturbations entre 1957 et 1996

Entre 1957 et 1996, les superficies des perturbations naturelles ont été évaluées selon les bases de données du MRNF de 1976 et 1996. Pour les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette,

nous nous sommes servis des données de 1996 pour obtenir un portrait de la superficie couverte par l'épidémie ayant eu cours entre 1976 et 1986.

Pour les coupes forestières, les données entre 1957 et 1976 ont été compilées à partir des rapports annuels de coupe présents dans les archives. Il s'est avéré qu'il y avait des différences entre la quantité de coupes associée à la base de données du MRNF de 1976 et celle compilée via les rapports annuels. À l'échelle de notre étude, il était difficile de définir d'où provenaient ces différences. Un premier élément de réponse pouvait être le fait que les rapports se concentraient principalement sur les coupes pour le bois à pâte (sapins, épinettes et pin gris). Quoique ces dernières constituaient les principales opérations sur le territoire, ce n'étaient pas les seules. Un deuxième pouvait être que les cartes de 1976 incluaient des coupes réalisées avant les années 60. Devant l'impossibilité de définir pour chaque paysage quelle source représentait le portrait le plus juste, nous avons opté pour utiliser exclusivement les données des rapports annuels pour éviter une superposition dans la compilation de certaines coupes. Une conséquence est cependant une possible sous-estimation de la quantité totale de coupes pour cette période.

Pour la période 1976-1996, nous avons utilisé la base de données du MRNF de 1996. L'historique de coupes présent dans cette base de données nous permettait de distinguer les coupes antérieures à 1976.

2.4 Analyse de l'influence des coupes sur l'évolution du couvert à l'échelle du paysage

2.4.1 Principe de l'analyse

Nous avons utilisé trois méthodes d'analyse et c'est sur la base de la concordance dans les conclusions de ces trois méthodes que nous avons bâti notre conclusion générale. C'est le principe de la triangulation, un principe d'analyse bien adapté aux études de cas (Yin 1989). Le détail des trois méthodes est présenté à la section 2.4.3.

Un objectif de l'analyse était d'être en mesure de qualifier une possible altération. Dans l'état actuel de nos connaissances, les qualifications suivantes étaient possibles. Tout d'abord, il est possible que les coupes aient créé une nouvelle trajectoire comme l'enfeuillage. Dans un cas extrême, nous parlerions de « processus-clé ». Marcucci (2000) parle de processus-clé (« keystone process ») en référence aux perturbations qui vont changer l'évolution d'un paysage

de façon durable. Par exemple, un enfeuillage durable du couvert forestier associé aux coupes nous amènerait donc à considérer ces dernières comme un processus-clé. Une autre qualification serait que les coupes forestières aient eu un effet additif aux perturbations naturelles sur l'évolution du couvert forestier à l'échelle du paysage (Weir et Johnson 1998; Boncina et al. 2003). Il n'y aurait pas création d'une nouvelle trajectoire, mais plutôt l'accentuation d'une tendance naturelle de cet écosystème forestier.

2.4.2 Qualification des paysages selon l'historique des perturbations

Chaque paysage ayant une combinaison d'historique de perturbations naturelles et de coupes forestières qui lui était propre, comme préalable aux différentes analyses il était nécessaire de qualifier l'abondance relative des coupes dans chaque paysage comparativement à la présence des perturbations naturelles. Trois qualifications d'abondance relative des coupes ont été retenues soit : présence des coupes « supérieure » à celle des perturbations naturelles, « équivalente » ou « inférieure ».

Cette qualification a été évaluée en combinant deux analyses liées à l'historique des perturbations. La première a consisté à établir un ratio en fonction de la superficie relative couverte par les coupes forestières versus celle par les perturbations naturelles. Dans ce cas nous nous sommes concentrés sur la période entre 1923 (feux) à 1996, car les données antérieures aux grands feux de 1923 étaient peu précises ou inexistantes en terme de superficie. Cela limitait donc la précision du ratio. La deuxième approche a consisté en une analyse de groupement basée sur l'historique chronologique des coupes et le total des perturbations naturelles. Dans ce cas, nous avons considéré les données antérieures aux feux de 1923, car nous souhaitons ici nous assurer de tenir compte des grandes phases de récolte. Pour compenser l'imprécision des données pour cette époque, nous avons établi des classes d'abondance de coupes à la fois basées sur les données disponibles et la cartographie des coupes (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960). La procédure PROC CLUSTER du logiciel SAS a été utilisée pour aider à discriminer les différents historiques (SAS Institute Inc 2008). Chaque méthode de fusion ayant ses particularités, nous en avons utilisé trois (« *Average* », « *Ward* » et « *Complete* ») afin de pouvoir établir des concordances (McGarigal et al. 2000).

Soulignons que la superficie de récolte associée au bois brûlé après les feux de 1923 n'a pas été considérée pour qualifier les attentes sur l'influence des coupes. Sirois (1995) a notamment démontré que l'essentiel du recrutement en épinettes noires (*Picea mariana* (Mill) BSP.) et pin gris, deux essences très présentes dans le paysage préindustriel après feu, se faisait surtout dans les deux années suivant la perturbation. Historiquement la récolte après les feux de 1923 ne s'était pas concentrée dans les deux premières années, mais s'était étalée sur les années 1920 (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960). De plus, les opérations de cette époque se faisaient principalement l'hiver avec des chevaux. Carleton et MacLellan (1994) ont mis en évidence le faible impact du débardage avec chevaux sur les semis. Il apparaissait donc peu probable que la récolte de bois brûlé suite aux feux de 1923 ait eu une influence sur l'évolution subséquente du couvert.

2.4.3 Méthodes d'analyse

2.4.3.1 Patrons d'évolution du couvert

Nous nous sommes ici attardés à l'analyse de l'évolution de six types forestiers sur les neuf retenus dans notre nomenclature commune. Les types forestiers retenus étaient associés aux deux hypothèses que nous avons pu établir quant à leur évolution suite à des coupes, soit : a) les types forestiers à dominance de feuillus intolérants devraient s'accroître; b) les types forestiers à dominance de résineux devraient diminuer. Pour la première hypothèse nous avons retenu les mélangés à dominance de feuillus intolérants (51 % -75 % de feuillus intolérants) et les feuillus intolérants. Pour la deuxième hypothèse, les types forestiers retenus furent les suivants : les pessières noires, les pinèdes grises, les types forestiers résineux sans claire dominance par une essence (dont *Abies balsamea* (L.) Mill.) et les types forestiers mélangés à dominance de résineux (51 % -75 % de résineux).

Les hypothèses ont été bâties à la fois sur la base d'une revue de littérature (White et Mladenoff 1994; Radeloff et al. 1999; Jackson et al. 2000; Boucher et al. 2006) et d'entrevues avec des forestiers retraités de la compagnie AbitibiBowater Inc. Ces forestiers, messieurs Alex Morris, John Conway et Adrien Dubé, ont travaillé l'essentiel de leur carrière dans notre aire d'étude. M. Morris est entré à la compagnie Consolidated Paper Corporation Ltd (ancienne appellation d'AbitibiBowater Inc.) à la fin des années 40 en tant qu'aide terrain et a pris sa retraite à la fin des années 80 en tant que chef divisionnaire. M. Conway a surtout travaillé dans différents

projets de recherches de la compagnie et particulièrement à l'installation d'un réseau de parcelles permanentes pour connaître la succession après coupe. Finalement, M. Dubé a principalement travaillé comme superviseur de coupes entre la fin des années 50 et le début des années 90.

À noter que les forestiers retraités ne percevaient pas d'augmentation à long terme concernant le phénomène d'enfeuillage. Nous avons retenu l'altération soulignée dans la littérature scientifique.

Pour l'analyse, nous avons observé le patron d'évolution de ces quatre types forestiers selon les qualifications d'abondance relative de coupes en parallèle à l'évolution du « grand paysage » (4 169 km²). Selon les principes d'écologie du paysage (Urban et al. 1987), les tendances observées à cette échelle devraient réagir plus lentement à l'influence des coupes qu'à l'échelle des paysages individuels et être conséquemment plus proches d'une tendance naturelle.

2.4.3.2 Respect de la variabilité préindustrielle

Cette méthode fut composée de deux volets et basée sur les résultats de la variabilité préindustrielle établie dans une précédente étude. Les paysages Central Vermillon, Kempt, Manouane Lake, Morialice, North Vermillon et Tikenne de 1946 et 1957 avaient été retenus pour établir les conditions préindustrielles. Tous les types de couverts (résineux, mélangés et feuillus) et types forestiers furent retenus pour cette méthode d'analyse.

Le premier volet de cette méthode fut une analyse non-paramétrique de Kruskal-Wallis pour déterminer s'il y avait une différence significative sur la proportion des différents types de couverts et types forestiers entre les valeurs préindustrielles et celles associées aux trois classes de qualification de l'abondance relative des coupes. L'analyse a été produite à l'aide de la procédure NPAR1WAY du logiciel SAS (SAS Institute Inc 2008).

Pour le second volet, les limites minimales et maximales de la variabilité préindustrielle (en superficie) des différents types forestiers et de couvert forestier (résineux, mélangés, feuillus) ont été comparées avec les données les plus récentes (1996).

Pour la comparaison des valeurs d'écart-type des types forestiers entre la période préindustrielle et 1996, il fallait tenir compte que les valeurs préindustrielles étaient le résultat de cinq paysages alors que nous en avons quatorze en 1996. Comme on pouvait s'attendre à moins de variabilité

dans ce dernier cas, pour obtenir une valeur d'écart-type comparable à des conditions préindustrielles, nous avons fait 25 scénarios aléatoires sur la base de $n=5$. C'est la valeur moyenne de ces scénarios qui fut retenue.

2.4.3.3 Analyses multivariées

Le postulat à la base de ces analyses était que les paysages ayant la même qualification d'abondance relative des coupes (supérieure, équivalente, inférieure) allaient se regrouper dans un espace multidimensionnel. Ce regroupement devrait de plus s'exprimer par biais d'une combinaison unique de type (s) forestier (s) x stade de développement.

Pour l'analyse nous avons combiné une analyse en composante principale (ACP) avec une analyse de groupement (Legendre et Legendre 1998; McGarigal et al. 2000). Les données de base étaient la combinaison de types forestiers et de stade de développement pour les dates 1957, 1976 et 1996. Les trois stades de développement retenus furent : en régénération (≤ 20 ans), jeune (21 à 60 ans) et mature (> 61 ans). Les types forestiers avec des feuillus tolérants, individuellement les moins présents, ont été regroupés par stade de développement pour limiter les « doubles-0 ».

Le fait que nous ayons retenu les stades de développement a eu pour conséquence que nous n'avons pas utilisé exactement les mêmes données que pour les deux autres méthodes. Dans les plans d'aménagement de la fin des années 50, les peuplements coupés gardaient la même appellation que le peuplement initial, mais avec la classe « 10 ans » (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960). Il n'y avait pas de classe « en régénération » sans appellation forestière (ex. : « *CT 1996* ») comme en 1976 et 1996. En conséquence, pour être concordants entre les trois périodes, tous les types forestiers des années 50 avec la classe d'âge de 10 ans ont été classés « en régénération ». Il est probable que nous ayons par ce fait surestimé la proportion de types forestiers effectivement « en régénération » dans les années 50, car des coupes partielles pouvaient être incluses dans l'appellation « 10 ans ». De plus, les paysages retenus pour la définition des limites préindustrielles perdaient de leur qualificatif, car, contrairement à l'analyse avec seulement le couvert forestier, les coupes qui avaient été réalisées dans les cinq à dix ans avant la production du plan ont été intégrées dans l'analyse (pour l'analyse du seul couvert, il était possible d'en faire « abstraction », car les appellations ne changeaient pas).

Pour les analyses multivariées, suivant une approche de Burel et Baudry (1990) et une recommandation de McGarigal et al. (2000), les résultats de l'ACP (« *principal component score* ») ont été utilisés comme valeurs de base pour les analyses de groupements. Cela a permis de créer des groupements et d'interpréter simultanément leurs différences à l'aide de l'ACP. L'analyse a été réalisée avec les procédures PROC PRINCOMP et PROC CLUSTER du logiciel SAS (SAS Institute Inc 2008). Pour l'ACP, nous avons utilisé une matrice de corrélation afin de donner un poids égal à toutes nos variables. Pour la représentation graphique des résultats, nous avons utilisé une macro pour le logiciel Excel[®] (Lipkovich et Smith 2002) car elle nous offrait plus de flexibilité que le logiciel SAS.

La matrice de ressemblance à la base de l'analyse de groupement fut la distance euclidienne. Plusieurs raisons ont justifié ce choix. Tout d'abord, elle facilite l'interprétation. Deuxièmement, nos données de base étaient à la même échelle. Finalement, il y avait peu de cas de doubles-0 et les quelques circonstances où elles pouvaient apparaître (absence de types forestiers avec des feuillus tolérants) avaient une signification potentielle (paysage fortement perturbé par le feu). Différentes techniques de fusion sont disponibles pour les analyses de groupement, chacune ayant ses avantages et ses inconvénients. Afin de limiter les biais qui auraient pu survenir du fait de n'utiliser qu'une technique, la stratégie d'analyse fut d'utiliser trois techniques et de se baser sur la concordance des résultats pour établir nos groupements (McGarigal et al. 2000). Les trois techniques d'analyse de groupements considérées furent « *Average* », « *Complete* » et « *Ward* ».

3. Résultats

3.1 Évolution du couvert forestier

3.1.1 Échelle « grand paysage » (4 169 km²)

À l'échelle où tous les paysages à l'étude étaient considérés comme faisant un tout (4 169 km²), entre 1923 et 1996 les perturbations naturelles avaient couvert plus de superficies que la récolte forestière (Tableau 1). Les coupes ont cependant été plus abondantes entre 1957 et 1996. À ces résultats, il faut spécifier que la superficie couverte par l'épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette de 1946-1956 fut certainement sous-estimée. Aussi, côté récolte, nous n'avons pas

considéré les années 1923-1929 où elle fut principalement axée sur la récupération du bois brûlé de 1923.

[Tableau 1]

À cette échelle de perception, le couvert mélangé fut dominant pour toutes les années retenues dans l'étude (Figure 2a). Le couvert feuillu était quant à lui le moins représenté quelle que soit la date considérée. Entre 1957 et 1996, soit une période où les coupes furent plus abondantes que les perturbations naturelles, seul le couvert mélangé a montré une croissance dans sa superficie. Sa proportion de 1996 était cependant inférieure à celle de 1946.

Pour les types forestiers associés à nos hypothèses (section 2.4.3.1), les deux plus abondants furent ceux avec une dominance de feuillus intolérants (Figure 2b). Leur évolution entre 1957 et 1996 fut cependant très distincte. Alors que les FiR (mélangé à dominance de feuillus intolérants) ont connu une croissance constante, les « feuillus intolérants » (Fi) étaient fortement en décroissance entre 1976 et 1996. Pour les types forestiers associés au couvert résineux, les pessières noires (EE) et les résineux sans dominance d'une essence (R) ont été en mesure de se maintenir entre 1957 à 1996 quoique leur évolution fut bien différente, ces derniers connaissant une forte décroissance entre 1957 et 1976. Les pinèdes grises (PgPg) ont quant à elles connu une constante décroissance entre 1957 et 1996.

[Figure 2]

3.1.2 Échelle des paysages individuels

3.1.2.1 Qualification de l'abondance relative des coupes

À l'échelle des paysages individuels (300 km² en moyenne), six des quatorze paysages étudiés furent classés comme ayant une abondance relative des coupes « inférieure » à celle des perturbations naturelles (Tableau 2, Figure 3). Seulement quatre paysages ont été classés comme ayant une abondance relative de coupes « supérieure », soit les paysages dans lesquels la récolte avait potentiellement eu le plus d'influence sur l'évolution du couvert forestier.

Les paysages Upper Rat River et Vermillon présentaient des particularités qui ont rendu leur classification plus difficile. Dans le cas du premier, malgré un ratio qui aurait dû nous amener à le

classer avec une abondance relative de coupes « équivalente », il fut placé dans la classe d'abondance « supérieure », car c'est un des paysages les plus coupés avant les feux de 1923 en plus d'avoir été à nouveau fortement coupé entre 1957 et 1976 (Figure 4d). C'était donc le seul paysage avec deux historiques de coupes importants. Pour Vermillon, si le ratio avait pu nous amener à le classer dans la catégorie « équivalente », il s'est avéré qu'il avait été influencé par plusieurs coupes dans les années 1990. Dans l'optique de cette étude qui visait à étudier l'influence sur l'évolution du couvert, il est apparu plus juste de l'associer à l'abondance relative « inférieure » considérant que la dynamique du couvert après ces dernières coupes n'était pas encore présente dans nos données.

[Tableau 2], [Figure 3]

3.1.2.2 Évolution du couvert forestier

L'observation de l'évolution des types de couvert dans le temps dans les différents paysages a fait ressortir que le couvert mélangé était toujours parmi les plus importants, mais qu'il n'était pas toujours dominant (Figures 4 à 6). De plus, la variabilité n'était pas liée aux paysages avec une abondance relative « supérieure ». En fait, si ce n'était du paysage Upper Rat River, les paysages associés à cette classe ont eu un patron d'évolution du couvert qui se rapprochait de la tendance du « grand paysage » telle que présentée à la Figure 2. À noter que dans le paysage Manouane Lake la forte proportion de types forestiers pour lesquels l'appellation était « non-définie » en 1976 semblait pour l'essentiel s'être convertie en couvert mélangé en 1996 (Figure 4a).

C'est pour les paysages Vermillon et Lake Blanc (abondance relative « inférieure ») que l'on retrouvait des situations où les feuillus pouvaient être les plus abondants dans le paysage (Figures 6a et 6f). Le couvert résineux fut dominant pour deux dates consécutives dans trois des quatre paysages avec une abondance relative « équivalente » (Figure 5). Dans le cas du paysage Upper Vermillon (Figure 4d), la dominance faisait suite à un épisode de coupe. Dans les deux autres cas, il y a eu tendance à la baisse suite aux coupes. C'est pour les paysages Upper Rat River (abondance relative « supérieure »), Lake Blanc et Vermillon (abondance relative « inférieure ») que l'on rencontrait les proportions de résineux les plus basses (Figures 4d, 6a et 6f). Si les deux premiers avaient été parmi les plus coupés avant les feux de 1923, il faut souligner que Populo et Wessonneau avaient aussi été très coupés (ce dernier en particulier), en plus d'avoir été fortement

brûlés, mais que cela n'avait pas empêché le couvert résineux de se maintenir en bonne proportion (Tableau 2, Figures 6b et 6f).

[Figures 4 à 6]

3.2 Influence des coupes sur l'évolution du couvert

3.2.1 Patrons d'évolution du couvert

D'un point de vue enfeuilletement, les tendances observées pour les types forestiers FiR et feuillus intolérants à l'échelle du « grand paysage » différaient nettement (Figure 2). Les FiR montraient une constante augmentation entre 1957 et 1996 alors que les feuillus intolérants étaient restés stables entre 1957 et 1976 pour diminuer entre 1976 et 1996.

À l'échelle des paysages individuels, qualifiés selon leur abondance relative de coupes, on pouvait noter que dans le cas des paysages avec une abondance relative « supérieure », les FiR diminuaient pour trois des quatre paysages concernés entre 1957 et 1976 (Figure 7); une tendance inverse à celle observée à l'échelle « grand paysage » et contraire à ce que nous aurions pu nous attendre en situation d'enfeuilletement. Seul le paysage Tikenne connut une augmentation pendant cette période. Cette augmentation était cependant comparable à celle du paysage Wessonneau associé à la classe d'abondance relative « inférieure ». Une claire distinction entre les paysages avec une abondance relative « supérieure » et « inférieure » apparut cependant entre 1976 et 1996 alors que les quatre paysages associés à cette première classe connurent une nette augmentation de leur proportion en FiR pendant cette période alors qu'elle restait généralement stable ou en diminution pour les paysages de la classe « inférieure ».

La proportion du type forestier « feuillus intolérants » associée aux paysages avec une abondance relative « supérieure » se distinguait généralement de la tendance observée à l'échelle « grand paysage » (Figure 8). Dans les paysages associés à la classe « inférieure », la proportion de ce type forestier suivait la tendance du « grand paysage » dans la grande majorité des cas.

Pour l'hypothèse voulant que les types forestiers à dominance de résineux diminuent suite à la récolte, on remarque tout d'abord que quelle que soit la qualification du paysage en terme d'abondance relative de coupes, les pinèdes grises ont régulièrement diminué entre 1957 et 1996 tout comme à l'échelle « grand paysage » (Figure 9). À l'échelle des paysages individuels, La

seule distinction liée à la qualification « supérieure » fut la très forte décroissance des pinèdes grises entre 1957 et 1976 pour les paysages Manouane Lake et Morialice.

Pour les pessières noires, dans les paysages associés à une abondance relative des coupes « équivalente » ou « inférieure », les patrons d'évolution ressemblaient beaucoup à celui du « grand paysage » (Figure 10). Les principales distinctions sont apparues pour les paysages associés à la qualification « supérieure ». À ce niveau il faut souligner que s'il y avait une tendance à la baisse pour tous les paysages entre 1957 et 1976, des hausses ont été observées pour Tikenne et Morialice entre 1976 et 1996. Des hausses qui allaient à l'encontre de la tendance pour le « grand paysage ».

Pour le type forestier résineux sans dominance d'une essence (R), on retrouvait le même patron d'évolution quelle que soit l'abondance relative des coupes; patron qui suivait celui du « grand paysage » (Figure 11). Toutefois, les baisses les plus importantes entre 1957 et 1976 étaient associées aux paysages avec une abondance relative « supérieure » ou « équivalente ».

Pour le type forestier mélangé à dominance de résineux (RFi), ici aussi on pouvait retrouver des patrons comparables quelle que soit l'abondance relative des coupes (Figure 12). Parmi les distinctions, soulignons tout d'abord que c'est seulement pour deux paysages (Populo et Vermillon) de la classe d'abondance « inférieure » qu'il y avait une croissance de ce type forestier entre 1957 et 1976. Aussi, Tikenne (classe d'abondance « supérieure ») était le seul paysage avec une décroissance constante de ce type forestier.

[Figures 7 à 12]

3.2.2 Respect de la variabilité préindustrielle

L'analyse statistique a fait ressortir que l'abondance relative des coupes avait amené des différences significatives dans la proportion du couvert forestier résineux et des types forestiers pinède grise et FiR (Tableau 3, Figure 13). Lorsque l'on comparait les proportions de 1996 avec les minimums et les maximums des conditions préindustrielles, on pouvait aussi noter que c'est le couvert résineux et particulièrement les deux mêmes types forestiers qui sortaient des balises préindustrielles (Tableau 4). Pour les FiR, c'étaient les quatorze paysages qui présentaient des proportions au-delà du maximum préindustriel.

Pour compléter l'analyse associée aux données préindustrielles, soulignons que la variabilité exprimée par l'écart-type a montré une tendance générale à la baisse entre les données préindustrielles et celles de 1996 tant pour les types de couverts que les types forestiers.

[Tableaux 3 et 4], [Figure 13]

3.2.3 Analyses multivariables

Selon l'analyse multivariante, il s'est avéré qu'aucune des combinaisons « type forestier x stade de développement », qui étaient nos variables de base, n'a été significative selon les critères proposés par McGarigal et al. (2000). Il n'y a donc eu aucun groupe regroupant en particulier les paysages associés à l'abondance relative des coupes « supérieure » qui se serait démarqué par le biais d'un type forestier à un stade de développement donné.

Toutefois, la représentation graphique de l'analyse multivariante (Figure 14) fait ressortir que les stades de développement ont certainement eu une influence sur la répartition des paysages dans l'espace multivariante. Sur l'axe 1 qui expliquait 43 % de la variabilité, on peut noter que la partie négative était associée à des variables au stade jeune (« _j ») alors que dans la partie positive on retrouvait des variables au stade mature (« _m »). La section négative de l'axe 2 était quant à elle associée à des paysages avec une forte composante « en régénération » (< 20 ans).

Par rapport aux objectifs de cette étude il faut mettre en évidence que le grand groupe dans la partie négative de l'axe 1, qui regroupait des paysages avec une forte proportion de couvert forestier jeune (70% en moyenne), avait des qualifications d'abondance relative de coupes diversifiées. C'est un stade de développement pour lequel nous aurions dû nous attendre à avoir des distinctions selon l'abondance relative des coupes, car la dynamique d'évolution du couvert après perturbation était bien enclenchée.

Une particularité qui est apparue dans l'analyse multivariante est le fait que 12 des 14 paysages de 1996 se retrouvaient dans la partie positive de l'axe 1. On pouvait aussi noter que les paysages les plus éloignés dans la section positive de l'axe 1 avaient été classés comme ayant une abondance relative des coupes « inférieure » ou avaient servi à définir les conditions préindustrielles. De même, les paysages pour lesquels l'abondance relative des coupes était « équivalente » avaient eu tendance à se regrouper quoique de façon non exclusive.

Finalement, Morialice et Upper Rat River, deux paysages classés comme ayant une abondance relative de coupes « supérieure » n'avaient pu être regroupés.

[Figure 14]

4. Discussion

4.1. Une forêt mélangée avec une dynamique naturelle très présente

Aux deux échelles de paysage étudiées, le couvert forestier mélangé dominait généralement notre territoire d'étude. Toutefois, à l'échelle des paysages individuels, la variabilité qui s'est dessinée n'était pas seulement le résultat de l'historique de récolte. Cela était dû au fait que, pour la période 1923-1996, les perturbations naturelles avaient touché une plus grande portion de la superficie du territoire étudié que les coupes. Une conséquence : seulement quatre des quatorze paysages retenus pour l'étude avaient eu entre 1923 et 1996 un historique de coupes nettement supérieur aux perturbations naturelles.

Les perturbations naturelles ont donc nécessairement joué un grand rôle dans l'évolution du couvert à l'échelle du paysage de notre aire d'étude. Il a d'ailleurs été documenté que les perturbations majeures pouvaient influencer très longtemps un paysage, non seulement au niveau de sa dynamique, mais aussi au niveau de ses réactions futures à d'autres perturbations (Turner et al. 1997; Foster et al. 1998; Veblen 2003). C'est certainement une des raisons pourquoi aucun « processus-clé » (Marcucci 2000) ne fut détecté; soit une dynamique clairement différente de celle initiée par les perturbations naturelles. Cela s'est exprimé de diverses façons dans cette étude dont le fait que l'historique des perturbations n'avait pas créé de claire distinction dans le couvert pour les paysages avec une majorité de types forestiers jeunes (Figure 14).

L'altération de la récolte forestière qui est apparue le plus nettement en fut une « d'additive » à la dynamique naturelle, un effet déjà documenté dans d'autres études (Weir et Johnson 1998; Boncina et al. 2003; Etheridge et al. 2005). Ce fut particulièrement le cas pour le phénomène d'enfeuillage par le biais des FiR. Dans ce cas la récolte forestière apparaît avoir eu comme influence celle d'une autre perturbation « naturelle ». La récolte n'a pas créé de nouvelle trajectoire, mais a certainement amplifié celle existant déjà suite aux feux de 1923 et/ou les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette. Rappelons que les feuillus intolérants sont

associés à la dynamique après feu en forêt boréale et mélangée (Bergeron et Dubuc 1989; Archambault et al. 1997; Bergeron 2000; DeGrandpré et al. 2000; Gauthier et al. 2000). De plus, les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette peuvent aussi favoriser la présence du bouleau blanc jusqu'à 200 ans après feu en forêt boréale (Bergeron et Dansereau 1993; Duchesne et Ouimet 2008).

Il semble aussi y avoir eu un enfeuillage par le biais du type forestier « feuillus intolérants » dans le cas de paysages avec une abondance relative des coupes « supérieure » (Figure 8a). C'est pour cette qualification que l'on retrouvait les deux seuls paysages (Manouane Lake et Tikenne) avec une tendance à l'augmentation entre 1957 et 1996. Considérant l'aspect limité de l'enfeuillage via ce type forestier, on ne peut cependant pas parler de « processus-clé ».

Les coupes forestières ont aussi altéré les pinèdes grises dans la même logique d'effet additif que les FiR. Il serait toutefois plus juste ici de parler d'une altération « aggravante », car elle se trouvait à diminuer la proportion des pinèdes grises. L'effet aggravant est venu du fait qu'en la quasi-absence de feux depuis 1923 dans le territoire étudié, soit une perturbation essentielle à la régénération du pin gris (Rudolph et Laidly 1990), il fallait s'attendre à ce que ce type forestier ait une tendance à diminuer, ce que semble démontrer la tendance à l'échelle « grand paysage ».

Tout comme pour type forestier « feuillus intolérants », la proportion des pessières noires a apparemment été négativement influencée par les coupes dans les paysages où leur abondance relative était « supérieure » (Figure 10a). Si cet effet avait été durable, ici aussi nous aurions pu parler de processus-clé. Les pessières noires ont montré une certaine résilience en s'accroissant entre 1976 et 1996 dans deux des quatre paysages avec cette qualification. Un accroissement qui allait d'ailleurs à contre-courant de la tendance du « grand paysage » qui était à la baisse. La résilience des pessières noires aux coupes a aussi été noté à l'échelle des types forestiers par Ruel et al. (1998) et Dubois (2004). Cette dernière recherche s'était essentiellement déroulée dans notre territoire d'étude.

Les deux autres types forestiers avec une dominance de résineux (R et RFi) n'ont pas montré une aussi nette influence des coupes sur l'évolution du couvert. Il est cependant raisonnable de considérer que les coupes ont eu un effet négatif dans certains paysages sur au moins une période de 20 ans.

Une autre altération à considérer est celle d'une possible homogénéisation du couvert exprimée par une variabilité moindre dans la proportion des différents types forestiers comparativement à des conditions préindustrielles. L'homogénéisation est reconnue comme une altération potentielle des coupes (Haeussler et Kneeshaw 2003) mais est difficile à détecter, car il est possible, comme potentiellement dans cette étude, que la dynamique de l'écosystème ait changé malgré que nous restions globalement dans des limites de variabilité préindustrielle. Foster et al. (1998) a documenté un cas d'homogénéisation en Nouvelle-Angleterre, mais dans une situation où il y avait eu une période d'agriculture, soit une perturbation plus sévère que les coupes, car cela implique une phase de déforestation. Quoique nous ne pouvions être totalement affirmatifs sur la qualification d'homogénéisation, car elle s'est exprimée pour la seule année 1996, tout comme pour la pessière noire, il conviendrait d'être prudent et de considérer dès maintenant cette possible altération dans les stratégies d'aménagement du territoire d'étude.

D'un point de vue recommandation d'aménagement, il faut avant tout considérer que les constats établis dans cette étude l'ont été dans un contexte où les perturbations naturelles avaient à l'évidence une grande influence sur l'évolution du couvert forestier. Ces conditions ne s'appliqueront peut-être pas à l'avenir, particulièrement dans un contexte où une diminution de la fréquence des feux est envisagée (Bergeron et al. 2001). Les efforts d'aménagement devraient alors être principalement axés sur les types forestiers pessière noire et pinèdes grises. Dans ce premier cas, par mesure préventive il faudrait aussi s'assurer que toutes les pessières noires coupées reviennent en pessières noires. Il faudrait aussi viser à ce que ce type forestier se maintienne entre 6-21 % de la superficie productive des paysages de l'ordre de 300 km² (Tableau 4). Pour les pinèdes grises, l'objectif de base serait ici de s'assurer qu'elles ne disparaissent pas du paysage par souci de préserver une diversité dans les types forestiers. Plus spécifiquement, il est recommandé d'éviter de descendre en bas de 6 % de la superficie productive des paysages de l'ordre de 300 km² (Tableau 4). Finalement, quoique la récolte ait créé un effet d'enfeuillement, il faut considérer que ce phénomène était associé à une dynamique naturelle avant d'envisager faire un contrôle des feuillus intolérants.

4.2 De l'intérêt d'étudier à différentes échelles de paysage

Cette étude a surtout visé à établir des constats plutôt que de fournir des explications sur la mécanique. Selon les principes de l'écologie du paysage associés à la théorie de la hiérarchie

(Urban et al. 1987), l'étude à une échelle plus basse nous aurait permis de mieux comprendre les mécanismes permettant d'expliquer nos résultats. Les données de base de cette étude ne nous permettaient cependant pas de nous rendre à ce niveau.

Le fait d'avoir étudié à au moins deux échelles nous a cependant permis de mettre en évidence que des tendances observées à grande échelle de perception (4 169 km² dans notre cas), pouvaient masquer des nuances ou une grande variabilité à une échelle inférieure (300 km² dans notre cas). C'est le cas par exemple pour l'influence des coupes sur les types forestiers « feuillus intolérants » et « pessière noire » dans le cas où l'abondance relative des coupes était « supérieure ». À l'inverse, dans un contexte de grande variabilité, avoir étudié seulement à l'échelle des paysages de 300 km² et avoir cherché à extrapoler aurait certainement pu nous amener à faire des erreurs. Meetemeyer (1989) précisait d'ailleurs qu'un phénomène qui apparaît ordonné à une échelle de perception pourrait apparaître aléatoire à une autre échelle et Wu (1999) spécifiait que les observations faites à une échelle de perception ne sont pertinentes qu'à cette échelle.

Dans une optique où nous souhaitons adapter nos aménagements à des phénomènes globaux comme les changements climatiques, il est aujourd'hui essentiel d'être en mesure de bâtir une compréhension des paysages en tant qu'un « tout ». Des outils existent pour nous permettre de développer une connaissance de la dynamique des paysages qui prennent en compte des données à différentes échelles (Allen et Starr 1982; O'Neill et al. 1986; Urban et al. 1987; O'Neill et al. 1989). Être en mesure de coupler ces outils à une bonne connaissance historique des paysages serait un très grand pas pour nous permettre de bien adapter nos stratégies d'aménagement aux problématiques spécifiques de chaque paysage.

5. Remerciements

Nous tenons à remercier pour le soutien financier le Réseau de gestion durable des forêts, le Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier (Volet I), le Fonds Québécois de la Recherche sur la Nature et la Technologie, le Centre d'Étude de la Forêt et le Fonds de soutien au doctorat de la Faculté de foresterie et géomatique de l'Université Laval. Aussi, nous souhaitons remercier le personnel d'AbitibiBowater Inc. (division Grand-Mère) pour leur grande collaboration, en particulier messieurs Luc Généreux, Jean Girard et madame Joane Painchaud. De même, nous remercions le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec pour sa collaboration pour la copie de données d'archives.

6. Bibliographie

Allen, T. F. H., Starr, T. B., 1982. Hierarchy: perspectives for ecological complexity. The University of Chicago Press, Chicago. 310 pp.

Archambault, L., Morissette, J., Bernier-Cardou, M., 1997. Succession forestière après feu dans la sapinière à bouleau jaune du Bas-Saint-Laurent, Québec. *The Forestry Chronicle* 73(6), 702-710.

Bergeron, Y., Dubuc, M., 1989. Succession in the southern part of the canadian boreal forest. *Vegetatio* 79(1-2), 51-63.

Bergeron, Y., 2000. Species and stand dynamics in the mixed woods of Quebec's southern boreal forest. *Ecology* 81(6), 1500-1516.

Bergeron, Y., Dansereau, P. R., 1993. Predicting the composition of Canadian southern boreal forest in different fire cycles. *Journal of Vegetation Science* 4, 827-832.

Bergeron, Y., Gauthier, S., Kafka, V., Lefort, P., Lesieur, D., 2001. Natural fire frequency for the eastern Canadian boreal forest: consequences for sustainable forestry. *Canadian Journal of Forest Research* 31, 384-391.

Blais, J. R., 1983. Trends in the frequency, extent, and severity of spruce budworm outbreaks in eastern Canada. *Canadian Journal of Forest Research* 13, 539-547.

Boncina, A., Gaspersic, F., Diacj, J., 2003. Long-term changes in tree species composition in the Dinaric mountain forests of Slovenia. *The Forestry Chronicle* 79(2), 227-232.

Boucher, Y., Arseneault, D., Sirois, L., 2006. Logging-induced change (1930-2002) of a preindustrial landscape at the northern range limit of northern hardwoods, eastern Canada. *Canadian Journal of Forest Research* 36(2), 505-517.

Burel, F., Baudry, J., 1990. Structural dynamic of a hedgerow network landscape in Brittany France. *Landscape Ecology* 4(4), 197-210.

Carleton, T. J., Maclellan, P., 1994. Woody vegetation responses to fire versus clear-cutting logging: a comparative survey in the central Canadian boreal forest. *Ecoscience* 1(2), 141-152.

Christensen, N. L., 1989. Landscape history and ecological change. *Journal of Forest History* July, 116-124.

Degrandpré, L., Morissette, J., Gauthier, S., 2000. Long-term post-fire changes in the northeastern boreal forest of Quebec. *Journal of Vegetation Science* 11, 791-800.

Duchesne, L., Ouimet, R., 2008. Population dynamics of tree species in southern Quebec, Canada: 1970-2005. *Forest Ecology and Management* 255(7), 3001-3012.

Dubois, J., 2004. Dynamique et estimation du rendement des strates de retour après coupe totale dans la sous-région écologique des collines de la rivière Vermillon. M.Sc. Thesis. Université Laval, Québec (Qc, Canada). 110 pp.

Etheridge, D., Maclean, D., Wagner, R. G., Wilson, J. S., 2005. Changes in landscape composition and stand structure from 1945-2002 on an industrial forest in New Brunswick, Canada. *Can J Forest Res* 35(8), 1965-1977. <http://dx.doi.org/10.1139/X05-110>

Foster, D. R., Motzkin, G., Slater, B., 1998. Land-use history as long-term broad-scale disturbance: regional forest dynamic in Central New England. *Ecosystems* 1, 96-119.

Gauthier, S., De Grandpré, L., Bergeron, Y., 2000. Differences in forest composition in two boreal forest ecoregions of Quebec. *Journal of Vegetation Science* 11, 781-790.

Gosselin, J., Grondin, P., Saucier, J.-P., 2000. Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'ouest. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la gestion des stocks forestiers. 163 pp.

Haeussler, S., Kneeshaw, D., 2003. Comparing forest amangement to natural processes. *In* Burton, P. J., Messier, C., Smith, D. W., Adamowicz, W. L. (eds). Chapitre 9. *In* Toward sustainable management of the boreal forest. Pages 307-368. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada.

Hardy, R., Séguin, N., 2004. Histoire de la Mauricie. Institut québécois de recherche sur la culture, Sainte-Foy. 1137 pp.

Hobbs, N., 2003. Challenges and opportunities in integrating ecological knowledge across scales. *Forest Ecology and Management* 181(1-2), 223-238.

Jackson, S. M., Pinto, F., Malcolm, J. R., Wilson, E. R., 2000. A comparison of pre-European settlement (1857) and current (1981-1995) forest composition in central Ontario. *Canadian Journal of Forest Research* 30, 605-612.

Legendre, P., Legendre, L., 1998. Numerical ecology. 2nd English ed. Elsevier, Amsterdam ; New York. 853 pp.

Lipkovich, I., Smith, E., 2002. Biplot and Singular Value Decomposition Macros for Excel©. *Journal of Statistical Software* 7(5), 1-15.
<http://131.95.113.139/courses/multivariate/biplot.pdf&oi=ggp>

Marcucci, D. J., 2000. Landscape history as a planning tool. *Landscape and urban Planning* 49, 67-81.

McGarigal, K., Cushman, S., Stafford, S. G., 2000. Multivariate statistics for wildlife and ecology research. Springer, New York. 283 pp.

McRae, D. J., Dushesne, L. C., Feedman, B., Lynham, T. J., Woodley, S., 2001. Comparisons between wildfire and forest harvesting and their implications in forest management. *Environ. Rev.* 9, 223-260. doi: 10.1139/er-9-4-223

Meentemeyer, V., 1989. Geographical perspectives of space, time, and scale. *Landscape Ecology* 3(3/4), 163-173.

O'Neill, R. V., DeAngelis, D. L., Waide, J. B., Allen, T. F. H., 1986. A hierarchical concept of ecosystems. Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 253 pp.

O'Neill, R. V., Johnson, A. R., King, A. W., 1989. A hierarchical framework for the analysis of scale. *Landscape ecology* 3(3/4), 193-205.

Radeloff, V. C., Mladenoff, D. J., He, H. S., Boyce, M. S., 1999. Forest landscape change in the northwestern Wisconsin Pine Barrens from pre-European settlement to the present. *Canadian Journal of Forest Research* 29, 1649-1659.

Royer, R., Grondin, M., 1958. Management plan report for the Manouane management unit: Books I and III. Consolidated Paper Corporation Ltd. *Source*: AbitibiBowater Inc. Grand-Mere, Quebec, Canada. 200 pp.

Royer, R., Grondin, M., 1960. Management plan report for the Vermillon management unit: Books I and III. Consolidated Paper Corporation Ltd. *Source*: AbitibiBowater Inc. Grand-Mere, Quebec, Canada. 210 pp.

Rudolph, T. D., Laidly, P. R., 1990. Jack Pine (*Pinus banksiana* Lamb.). Agriculture Handbook 654. Forest Service. United States Department of Agriculture. Washington DC. http://www.na.fs.fed.us/Spfo/pubs/silvics_manual/Volume_1/pinus/banksiana.htm [14 janvier 2009]

Ruel, J. C., Ouellet, F., Plusquellec, R., Ung, C.-H., 1998. Évolution de la régénération de peuplements résineux et mélangés au cours des 30 années après coupe à blanc mécanisée. *The Forestry Chronicle* 74(3), 428-443.

SAS Institute Inc, 2008. Documentation for SAS®9 Products. <http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/index.html> 16 octobre 2008

Sirois, L., 1995. Initial phase of postfire forest regeneration in two lichen woodlands of northern Québec. *Ecoscience* 2, 177-183.

Turner, M., Dale, V. H., Everham, E., 1997. Fires, hurricanes, and volcanoes: Comparing large disturbances. *Bioscience* 47(11), 758-768.

Urban, D. L., O'Neill, R. V., Shuggart Jr, H. H., 1987. Landscape ecology: a hierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns. *Bioscience* 37(2), 119-127.

Veblen, T. T., 2003. Historic range of variability of mountain forest ecosystems: concepts and applications. *The Forestry Chronicle* 79(2), 223-226.

Weir, J. M. H., Johnson, E. A., 1998. Effects of escaped settlement fires and logging of forest composition in the mixedwood boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research* 28(3), 459-467.

White, M. A., Mladenoff, D. J., 1994. Old-growth forest landscape transitions from pre-European settlement to present. *Landscape ecology* 9(3), 191-205.

Wu, J., 1999. Hierarchy and scaling: extrapolating information along a scaling ladder. *Canadian Journal of Remote Sensing* 25(4), 367-380.

Yemshanov, D., Perera, A. H., 2003. Synthesizing published knowledge of boreal forest cover change for large-scale landscape dynamics modelling. *The Forestry Chronicle* 79(1), 132-146.

Yin, R. K., 1989. *Case study research: design and methods*. SAGE Publications inc, Newbury Park, California. 157 pp.

Tableau 1. Proportions (%) de la superficie productive couvertes par la récolte ou les perturbations naturelles entre 1923 et 1996 à l'échelle « grand paysage » (4 169 km²).

	1923-1957	1958-1996	Total 1923-1996
Récolte	17	27	43
Naturelle	47	13	59
Ratio	0,4	2,1	0,7

Tableau 2. Historique des perturbations naturelles et de la récolte forestière des quatorze paysages analysés sur la base de la proportion de la superficie productive couverte. Paysages classés selon les trois classes d'abondance relative des coupes retenues.

Abondance relative des coupes ^a	Type perturbation	1870-1921	1923-29 ^b	1930-96
Supérieure				
Upper Rat River (308 km ²)	Coupes	34-50	0	67
	Naturelles	3	44	>18
Manouane Lake (396 km ²)	Coupes	0	1-15	70
	Naturelles	54	15	>12
Morialice (108 km ²)	Coupes	0	0	46
	Naturelles	42	0	>17
Tikenne (273 km ²)	Coupes	0	1-15	55
	Naturelles	12	11	>8
Équivalente				
Central Vermillon (269 km ²)	Coupes	0	1-15	45
	Naturelles	52	20	>10
North Vermillon (350 km ²)	Coupes	0	1-15	52 ^e
	Naturelles	28	15	>26
South Vermillon (302 km ²)	Coupes	0	15-33	65 ^e
	Naturelles	2	32	>19

Upper Vermillon	Coupes	1-15	15-33	61 ^e
(428 km ²)	Naturelles	3	40	>20
Inférieure				
Vermillon	Coupes	15-33	15-33	35
(275 km ²)	Naturelles	12	34	>23
Populo	Coupes	15-33	50-65	35
(265 km ²)	Naturelles	1	69	>13
Kempt	Coupes	0	50-65	21
(215 km ²)	Naturelles	nd ^c	73	>8
Wessonneau	Coupes	51-65	1-15	20
(532 km ²)	Naturelles	nd ^c	69	>8
Flamand	Coupes	40 ^d	33-50	13
(199 km ²)	Naturelles	22	63	>8
Lake Blanc	Coupes	46 ^d	50-65	1
(249 km ²)	Naturelles	8	61	>31

^a Voir Figure 3.

^b 1923 : feux; 1923-29 : récolte de bois brûlé.

^c Non-définis car les feux de 1923 ont été tellement importants qu'ils ont masqué la possible présence de feux antérieurs.

^d Approximation basée sur le volume coupé.

^e Proportion entre 1930-36 approximée; NV : 13 %, UV : 2 %, SV: 18 %.

Tableau 3. Analyse statistique selon le test de Kruskal-Wallis comparant les proportions préindustrielles des différents types de couvert et types forestiers avec leurs proportions dans les quatorze paysages à l'étude classés selon leur abondance relative de coupes. Présentation des valeurs moyennes. Voir Figure 13.

		Abondance relative des coupes			p=
Préindustrielle ^a		Inférieure (n=6)	Équivalente (n=4)	Supérieure (n=4)	
Types de couverts					
Résineux	35	25	28	22	0,043
Mélangés	52	50	50	59	0,205
Feuillus	13	21	16	19	0,471
Types forestiers					
Pessières noires	16	9	11	9	0,295
Pinèdes grises	15	5	5	1	0,004
Résineux ^b	11	10	11	9	0,809
FiR ^b	17	27	33	35	0,002
RFi ^b	18	11	11	11	0,366
MFt ^b	6	9	6	8	0,619
Fi ^b	15	17	11	13	0,699

Ft ^b	3	4	4	6	0,735
-----------------	---	---	---	---	-------

^a Pour les types de couvert, n=11. Pour les types forestiers, n=5

^b Résineux : pas d'essence dominante; FiR : mélangé à dominance de feuillus intolérants (R=25-50%); RFi : mélangé à dominance de résineux (R=50%-75%); MFt : mélangé avec feuillus tolérants (FtR et RFt furent regroupés, car leurs valeurs individuelles étaient très faibles); Fi : feuillus intolérants; Ft : feuillus tolérants.

Tableau 4. Comparaison des proportions (superficie productive) des différents types forestiers entre des conditions préindustrielles et 1996.

Types forestiers	Minimum – Maximum préindustriel	Nombre paysages/14 sous minimum en 1996	Nombre paysages/14 au-dessus max. en 1996	Écart-type	
				Préindustriel	1996
Pessières noires	6-21	3	0	6	5
Pinèdes grises	6-21	11	0	6	3
Résineux- autres	6-22	2	0	6	3
FiR ^a	10-23	0	14	5	4
RFi ^a	9-27	2	0	7	3
MFt ^a	0-25	0 ^b	0	10	4
Fi ^a	2-27	0	1	10	5
Ft ^a	0-6	0 ^b	3	3	3

^a FiR : mélange à dominance de feuillus intolérants; RFi : mélange à dominance de résineux; MFt : mélange avec feuillus tolérants (FtR et RFt furent regroupés, car leurs valeurs individuelles étaient très faibles); Fi : feuillus intolérants; Ft : feuillus tolérants.

^b Aucun paysage ne pouvait avoir une valeur inférieure au minimum préindustriel.

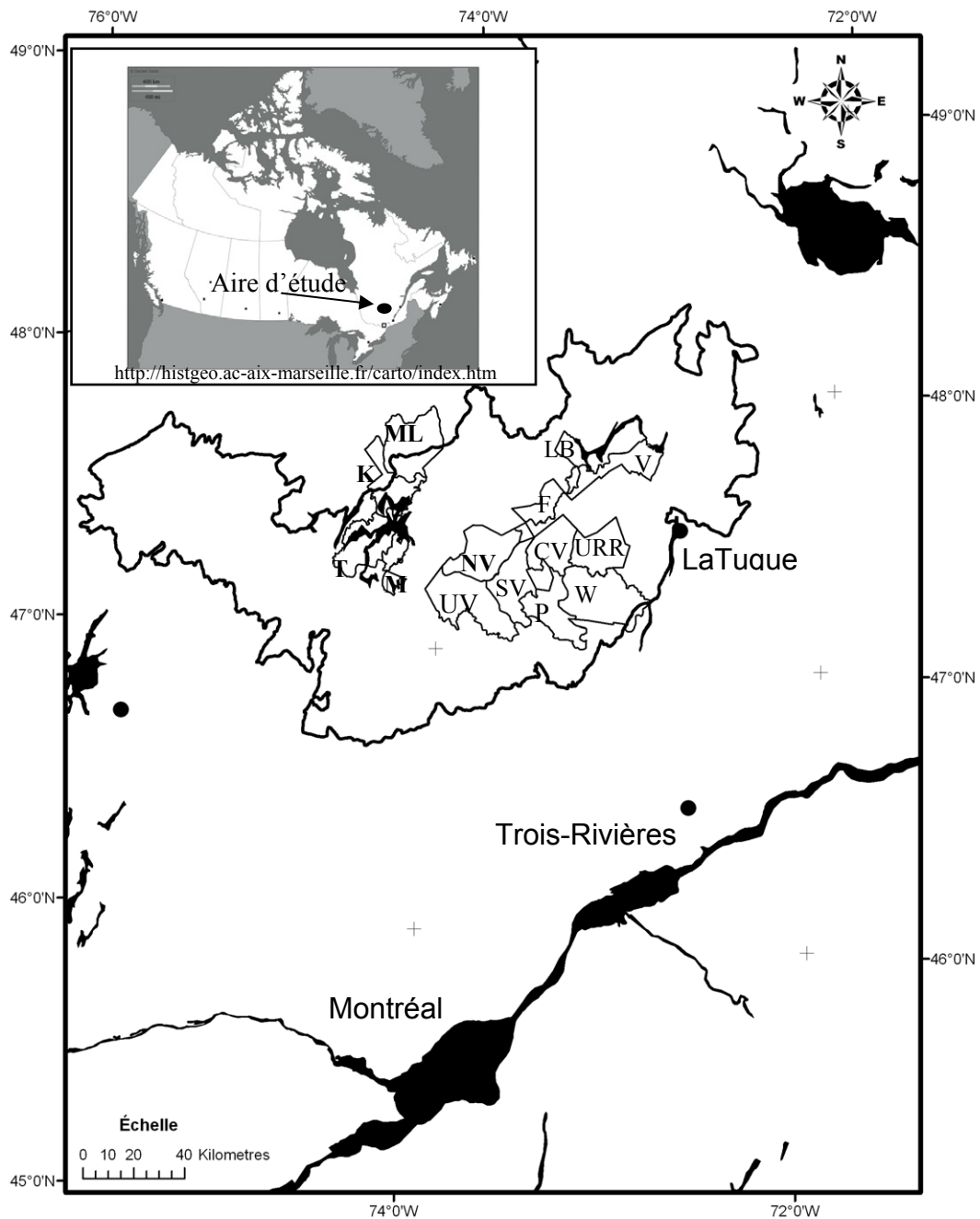
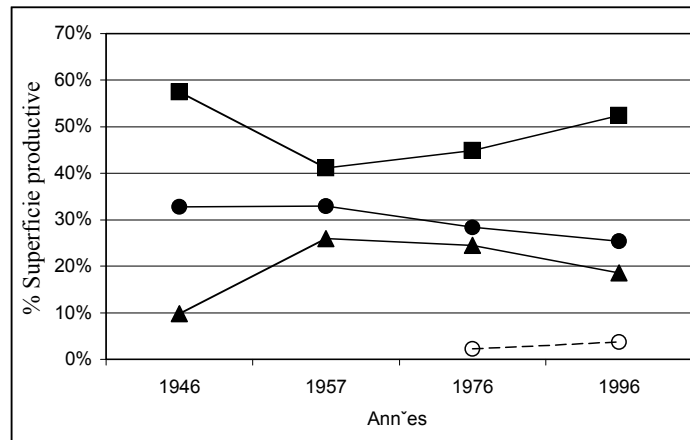
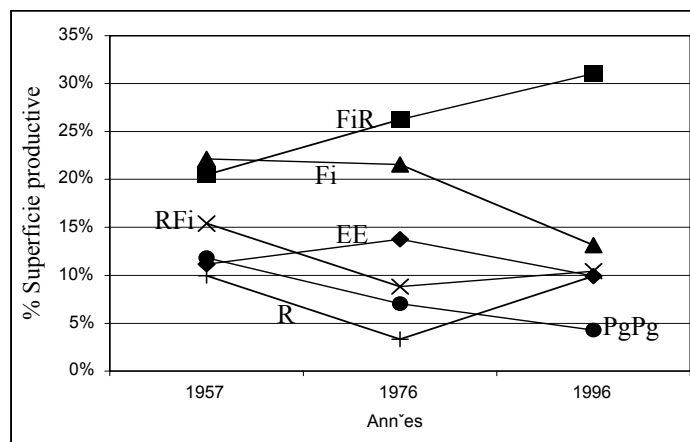


Figure 1. Localisation de l'aire d'étude. CV : Central Vermillon, F : Flamand, K : Kempt, LB : Lake Blanc, ML : Manouane Lake, M : Morialice, NV : North Vermillon, P : Populo, SV : South Vermillon, T : Tikenne, URR : Upper Rat River, UV : Upper Vermillon, V : Vermillon, W : Wessonneau.



a) Types de couvert



b) Types forestiers

Figure 2. Évolution a) des types de couvert forestier (■ : Mélangés, ● : Résineux, ● : Feuillus, ⊙ : non-définis) et b) de six types forestiers à l'échelle « grand paysage (4 169 km²) (EE : Pessières noires; PgPg : Pinèdes grises; R : Résineux sans dominance d'une essence; RFi : Mélangés avec résineux dominants, R=50%-75%; FiR : Mélangés avec feuillus intolérants dominants; R=25%-50%, Fi : Feuillus intolérants) .

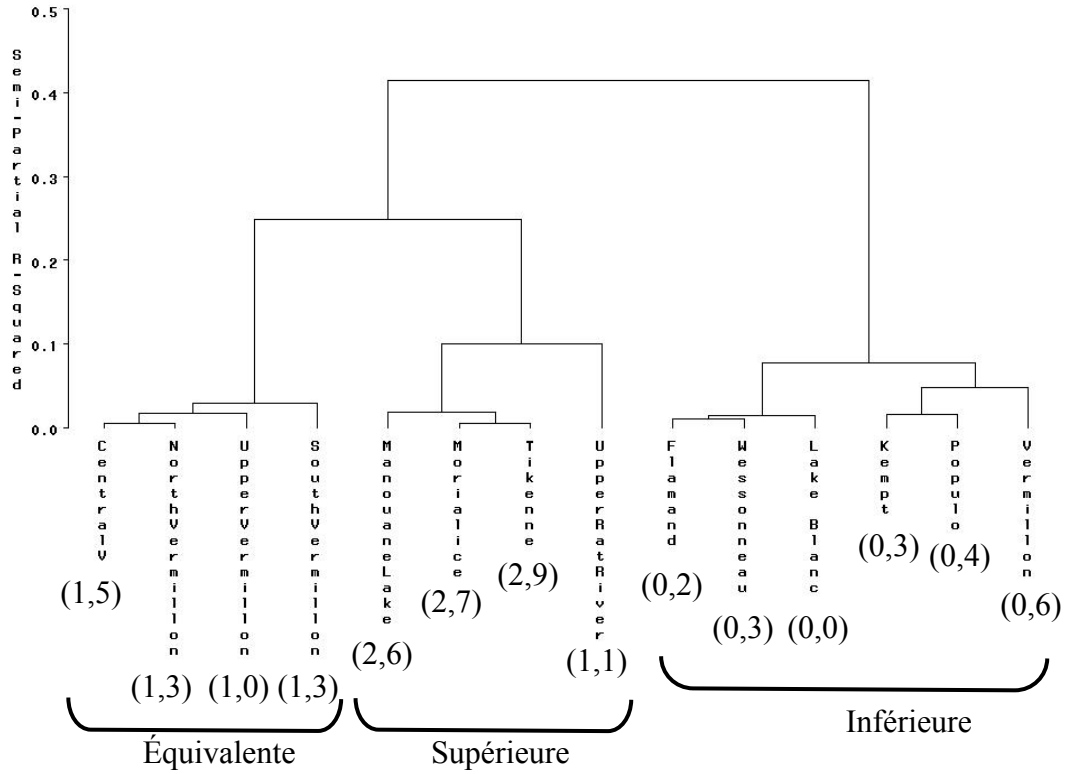
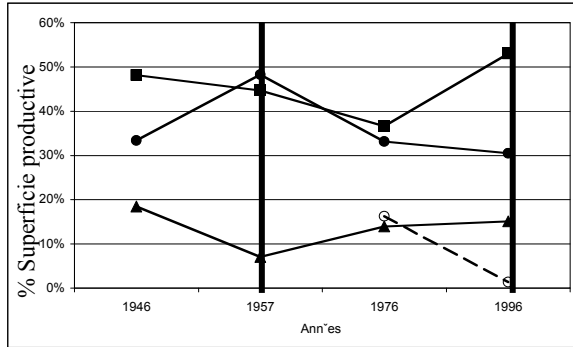
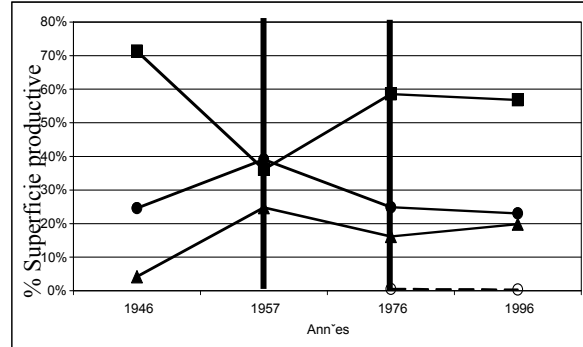


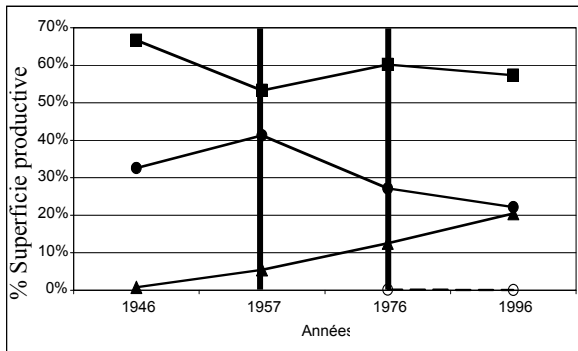
Figure 3. Représentation graphique de la qualification des paysages étudiés selon l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996. Entre parenthèses : ratio coupes/perturbations naturelles pour la période 1923-1996. Représentation graphique selon un dendrogramme de Ward.



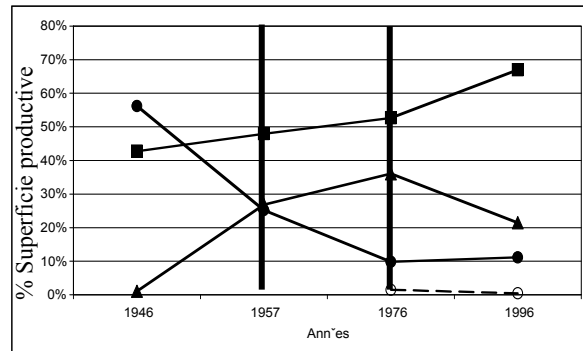
a) Manouane Lake



b) Morialice

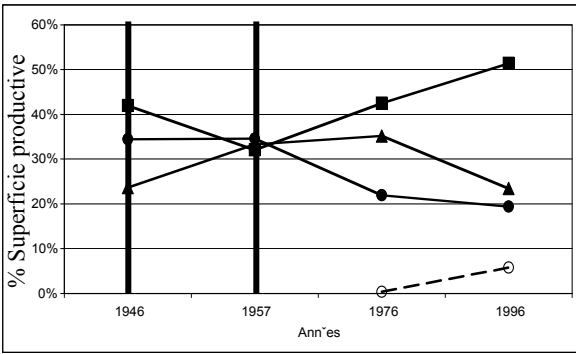


c) Tikenne

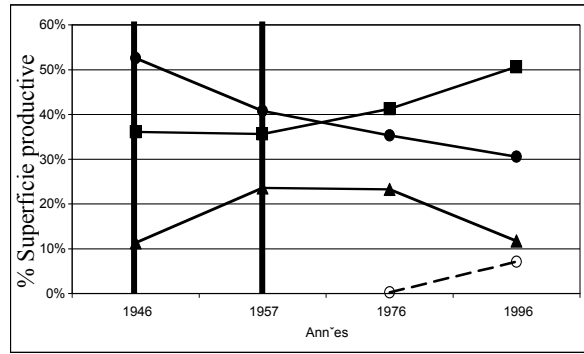


d) Upper Rat River

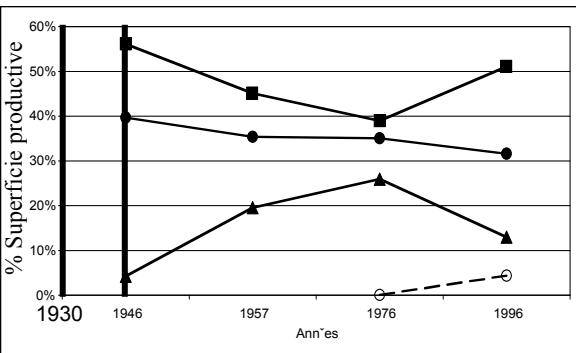
Figure 4. Évolution des types de couvert forestier (■ : Mélangés, ● : Résineux, ▲ : Feuillus, o : non défini) à l'échelle des paysages individuels pour lesquels la qualification de l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996 fut "supérieure". Les lignes verticales délimitent les principales périodes de coupe.



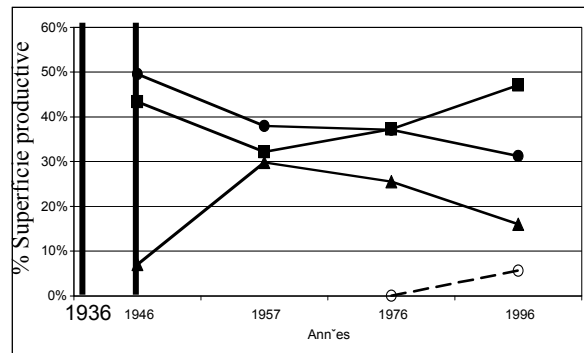
a) Central Vermillon



b) North Vermillon

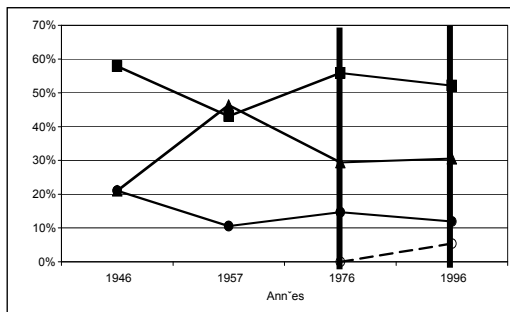


c) South Vermillon

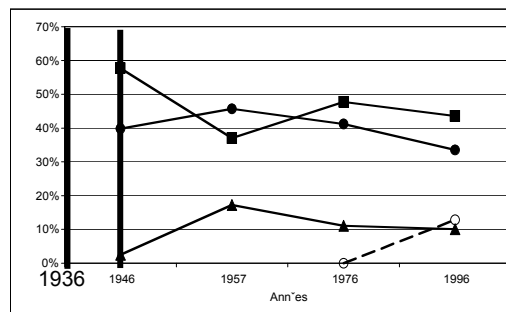


d) Upper Vermillon

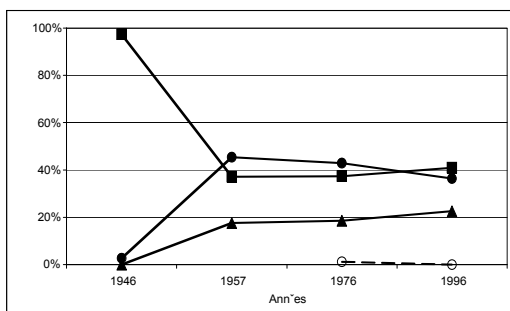
Figure 5. Évolution des types de couvert forestier (■ : Mélangés, ● : Résineux, ▲ : Feuillus, ○ : non défini) à l'échelle des paysages individuels pour lesquels la qualification de l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996 fut "équivalente". Les lignes verticales délimitent les principales périodes de coupe.



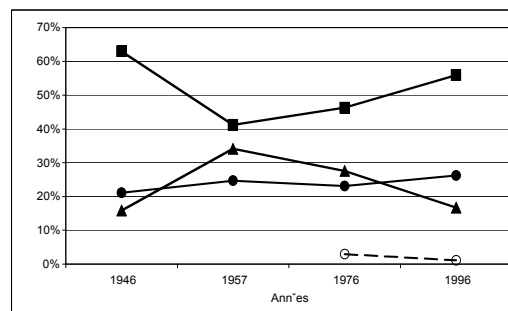
a) Vermillon



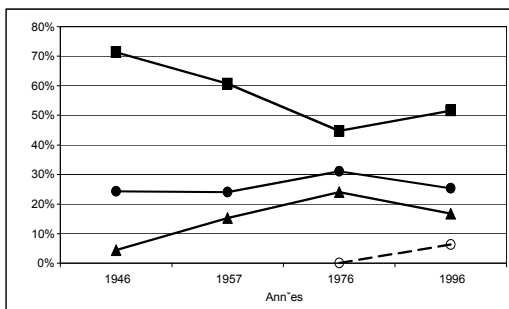
b) Populo



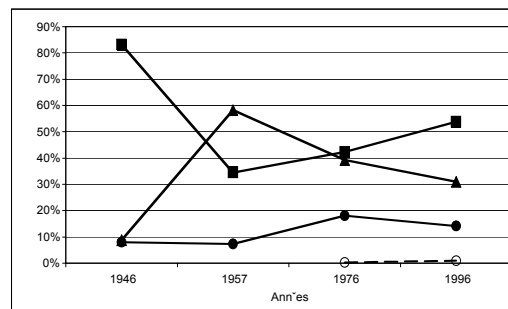
c) Kempt



d) Wessonneau

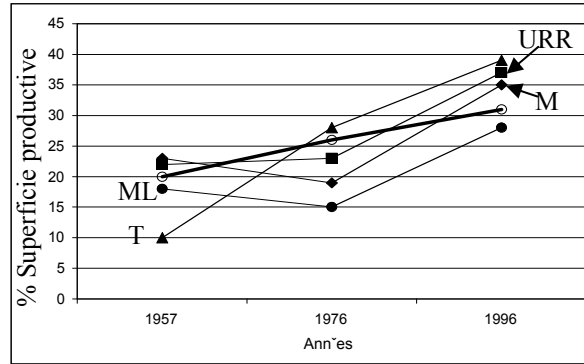


e) Flamand

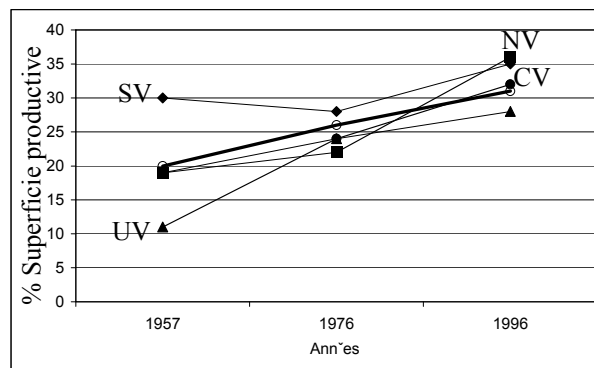


f) Lake Blanc

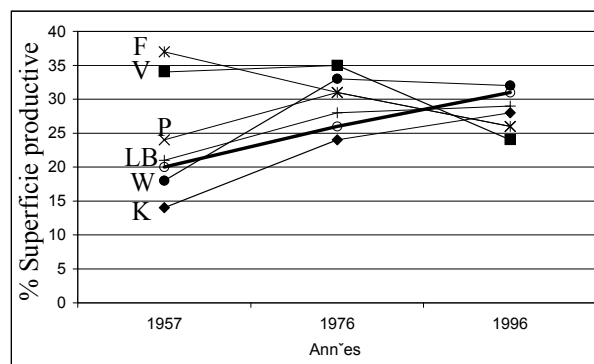
Figure 6. Évolution des types de couvert forestier (■ : Mélangés, ● : Résineux, ▲ : Feuillus, o : non défini) à l'échelle des paysages individuels pour lesquels la qualification de l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996 fut "inférieure". Les lignes verticales délimitent les principales périodes de coupe.



a) Abondance relative des coupes "supérieure"

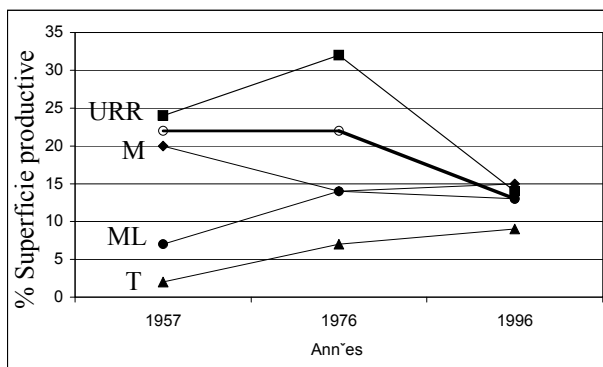


b) Abondance relative des coupes "équivalente"

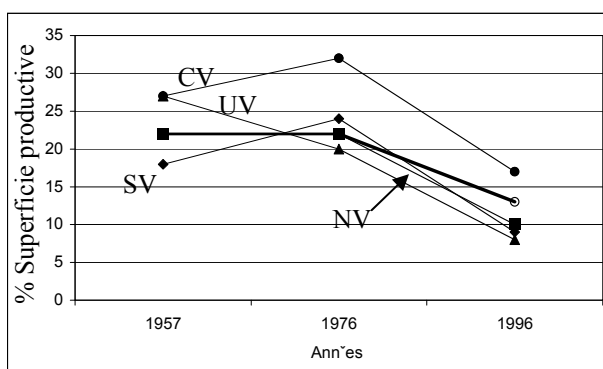


c) Abondance relative des coupes "inférieure"

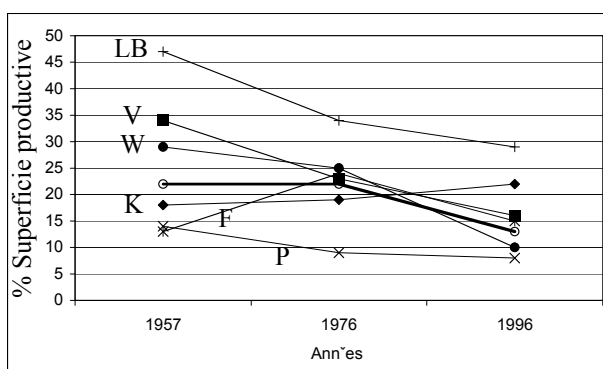
Figure 7. Évolution du type forestier Mélangé à dominance de feuillus intolérants (FiR) entre 1957 et 1996 par paysages regroupés selon leur qualification de l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996. ○—○ = "grand paysage" (4 169 km²). Voir Figure 1 pour la correspondance des codes de paysage.



a) Abondance relative des coupes "supérieure"

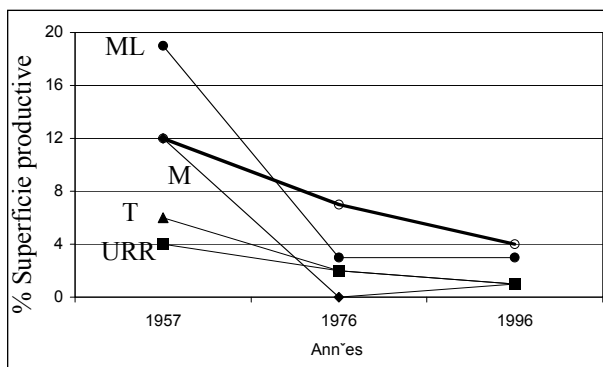


b) Abondance relative des coupes "équivalente"

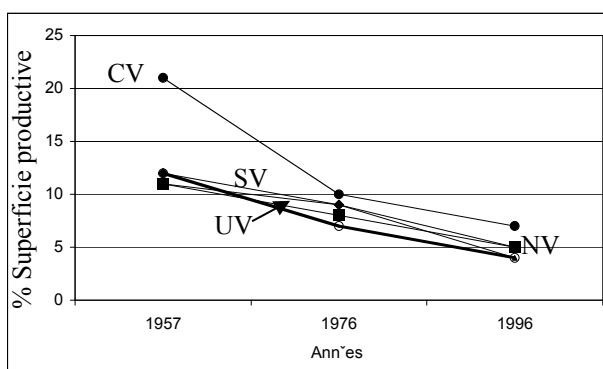


c) Abondance relative des coupes "inférieure"

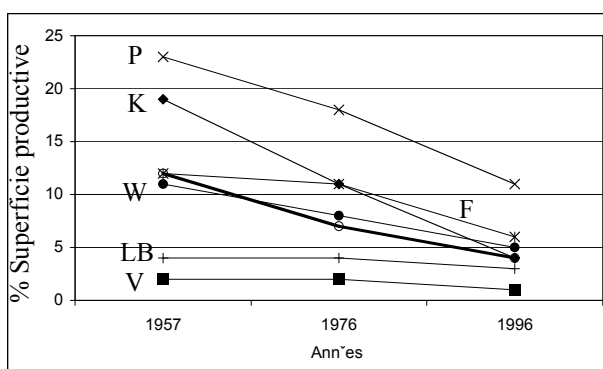
Figure 8. Évolution du type forestier Feuillus intolérants (Fi) entre 1957 et 1996 par paysages regroupés selon leur qualification de l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996. $\text{O} \text{---} \text{O}$ = "grand paysage" (4 169 km²). Voir Figure 1 pour la correspondance des codes de paysage.



a) Abondance relative des coupes "supérieure"

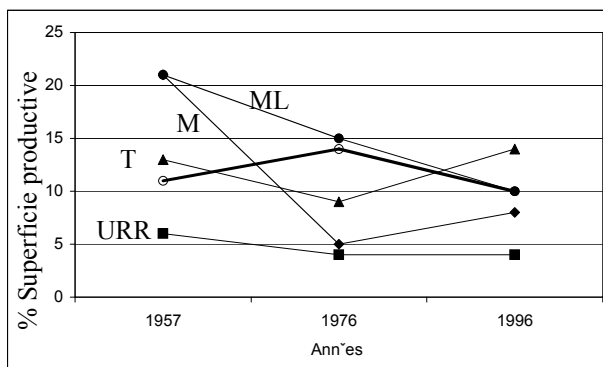


b) Abondance relative des coupes "équivalente"

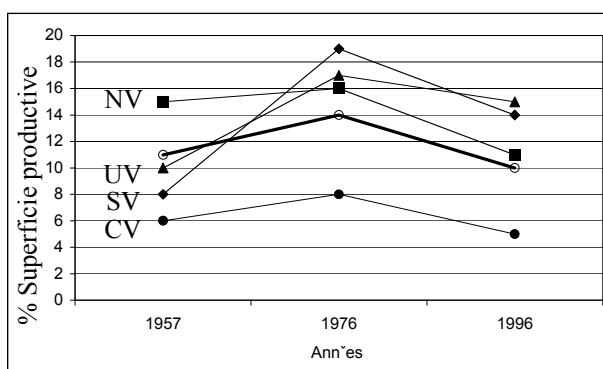


c) Abondance relative des coupes "inférieure"

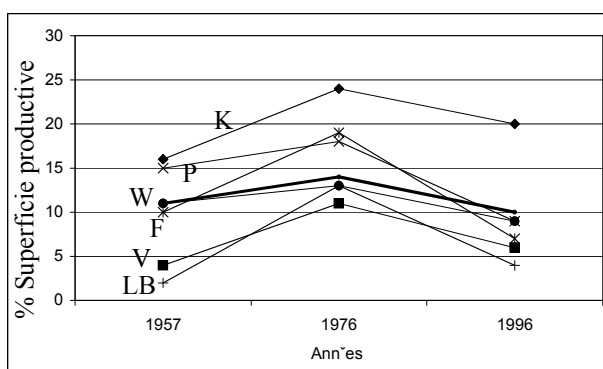
Figure 9. Évolution du type forestier Pinède grise (PgPg) entre 1957 et 1996 par paysages regroupés selon leur qualification de l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996. $\text{O} \text{---} \text{O}$ = "grand paysage" (4 169 km²). Voir Figure 1 pour la correspondance des codes de paysage.



a) Abondance relative des coupes "supérieure"

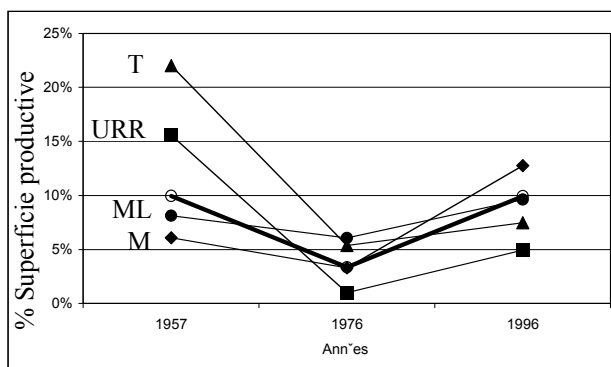


b) Abondance relative des coupes "équivalente"

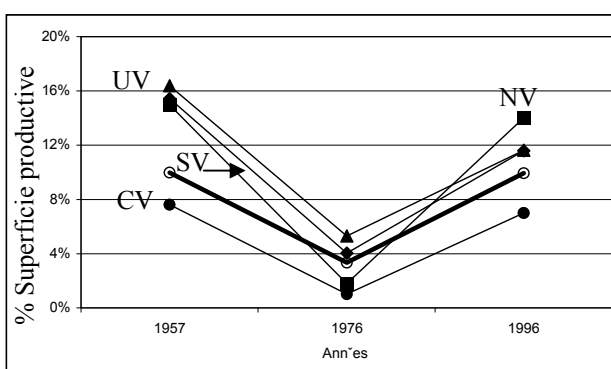


c) Abondance relative des coupes "inférieure"

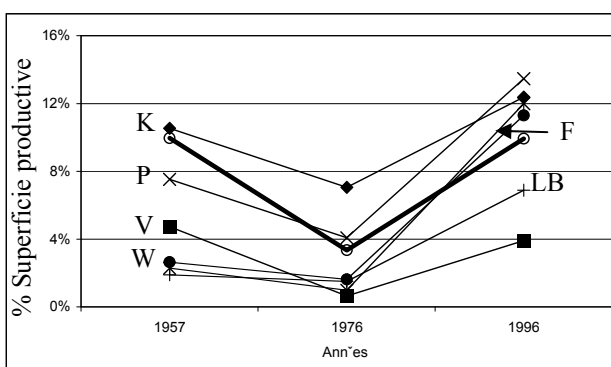
Figure 10. Évolution du type forestier Pessière noire (EE) entre 1957 et 1996 par paysages regroupés selon leur qualification de l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996. O—O = "grand paysage" (4 169 km²). Voir Figure 1 pour la correspondance des codes de paysage.



a) Abondance relative des coupes "supérieure"

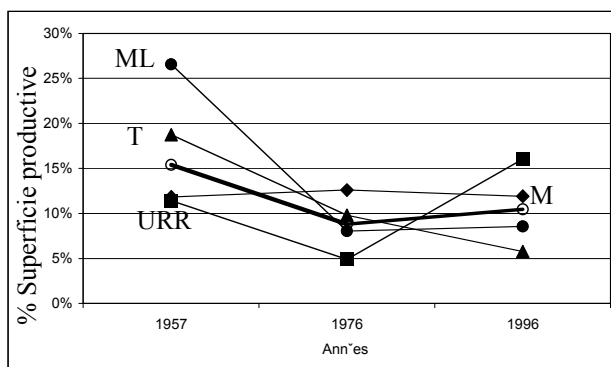


b) Abondance relative des coupes "équivalente"

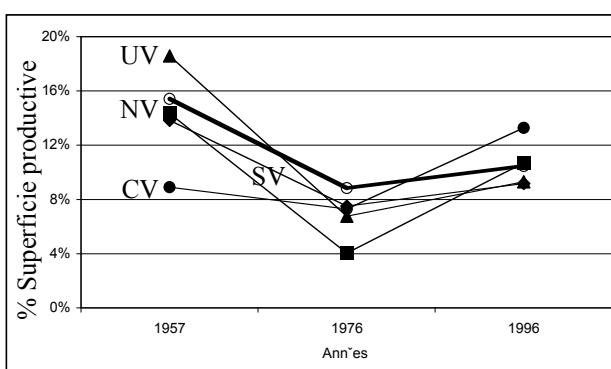


c) Abondance relative des coupes "inférieure"

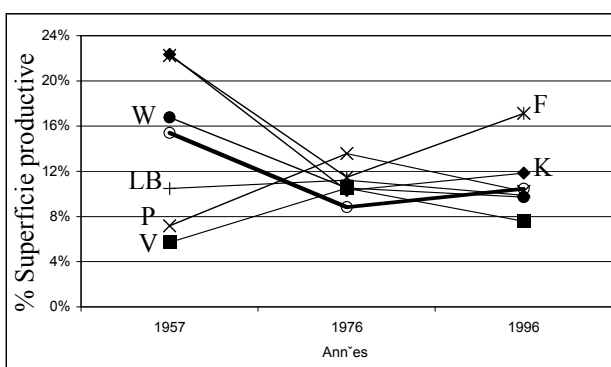
Figure 11. Évolution du type forestier Résineux sans dominance d'une essence (R) entre 1957 et 1996 par paysages regroupés selon leur qualification de l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996. \bigcirc — \bigcirc = "grand paysage" (4 169 km²). Voir Figure 1 pour la correspondance des codes de paysage.



a) Abondance relative des coupes "supérieure"

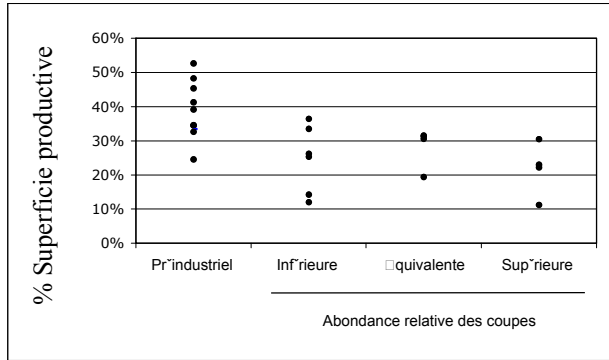


b) Abondance relative des coupes "équivalente"

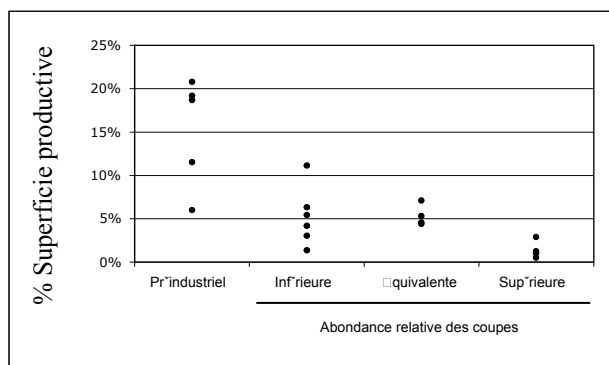


c) Abondance relative des coupes "inférieure"

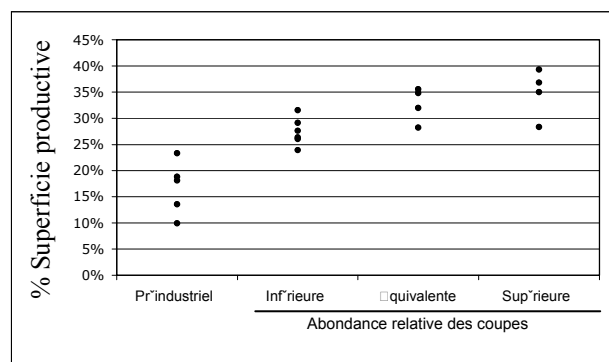
Figure 12. Évolution du type forestier Mélangé à dominance de résineux (RFi) entre 1957 et 1996 par paysages regroupés selon leur qualification de l'abondance relative des coupes entre 1923 et 1996. \bigcirc — \bigcirc = "grand paysage" (4 169 km²). Voir Figure 1 pour la correspondance des codes de paysage.



a) Type de couvert résineux



b) Type forestier pinèdes grises



c) Type forestier mélangés avec dominance de feuillus intolérants (FiR)

Figure 13. Représentation graphique de la proportion (superficie) des types forestiers avec les valeurs de “p” de Kruskal-Wallis les plus significatives (Tableau 3) a) le type de couvert résineux, b) le type forestier pinèdes grises c) le type forestier mélangés à dominance de feuillus intolérants.

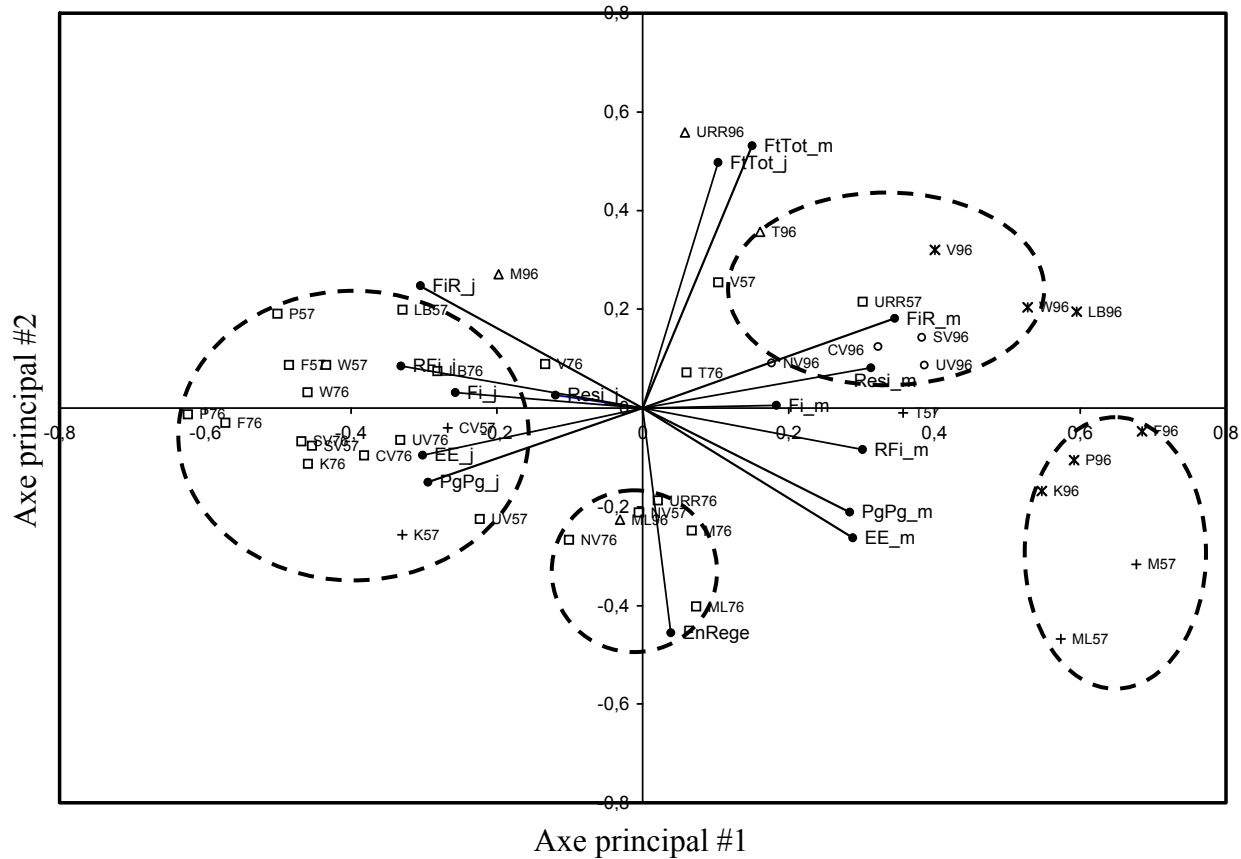


Figure 14. Représentation graphique des quatre groupes délimités par les analyses de groupement sur les résultats de l'analyse en composante principale. Voir le Tableau 3 pour la liste des types forestiers. Stades : “_j” = jeune; “_m” = “mature”. Paysages : CV : Central Vermillon, F : Flamand, K : Kempt, LB : Lake Blanc, ML : Manouane Lake, M : Morialice, NV : North Vermillon, P : Populo, SV : South Vermillon, T : Tikenne, URR : Upper Rat River, UV : Upper Vermillon, V : Vermillon, W : Wessonneau.

Chapitre 3. Reconstitution historique de l'évolution de la récolte dans le territoire d'une ancienne concession forestière de la Mauricie (Québec).

(Article soumis à la revue Forestry Chronicle)

Eric Alvarez⁹, Louis Bélanger¹⁰, Frédéric Raulier¹¹ et Louis Archambault¹²

⁹ Doctorant, Faculté de foresterie et géomatique, Centre d'Etude de la Forêt, 2405 Rue de la Terrasse Université Laval, G1V 0A6, Québec, Canada. Tél.: 418-656-2131 (8335), Télécopieur : 418-656-3551. eric.alvarez.1@ulaval.ca

¹⁰ Professeur, Faculté de foresterie et géomatique, Centre d'Etude de la Forêt, 2405 Rue de la Terrasse Université Laval, G1V 0A6, Québec, Canada. Tél. : 418-656-2131 (2233), Télécopieur : 418-656-5262. louis.belanger@sbf.ulaval.ca

¹¹ Professeur, Faculté de foresterie et géomatique, Centre d'Etude de la Forêt, 2405 Rue de la Terrasse Université Laval, G1V 0A6, Québec, Canada. Tél. : 418-656-2131 (6742), Télécopieur : 418-656-5262. frederic.raulier@sbf.ulaval.ca

¹² Chercheur scientifique, Ressources naturelles Canada, Service canadien des Forêts, Centre de foresterie des Laurentides, 1055 rue du P.E.P.S, C.P. 10380, succ. Sainte-Foy, Québec (Québec), Canada G1V 4C7, Tél.: 418-648-7230; Télécopieur: 418-648-5849. Louis.Archambault@RNCan.gc.ca

Résumé

En 1986, le gouvernement du Québec établissait une nouvelle politique forestière qui eut pour conséquence de révoquer les dernières concessions forestières, le principal mode d'attribution des bois en forêt publique québécoise depuis 1826. Le principal objectif de cette nouvelle politique était de maximiser les retombées économiques de la forêt pour la société québécoise. Malgré l'intégration du concept de rendement soutenu à la politique de 1986, un constat de surexploitation de la ressource bois fut établi en 2004. Un constat en contraste avec celui émis au début des années 1970 par le gouvernement du Québec quant au fait que les concessionnaires sous-utilisaient la ressource bois. Dans une optique d'établir une stratégie d'aménagement durable, il y a un intérêt de la part des aménagistes d'avoir une appréciation de l'impact historique de l'industrie forestière. C'est pourquoi l'objectif de cette étude était de réaliser une reconstitution historique de l'évolution de la récolte forestière dans une ancienne concession forestière de la région de la Mauricie (région du Québec); une région qui fut pour un temps la « Capitale mondiale » des pâtes et papiers. Les implications de ces changements sur la pérennité de la ressource bois dans ce territoire ont aussi été discutées. Les limites de la concession Vermillon furent retenues comme territoire de référence et l'analyse fut basée sur le suivi de différents indicateurs d'aménagement entre 1932 et 2002. Ces derniers font état d'une augmentation de la récolte forestière suite à la révocation, mais il est difficile de juger si cela s'est fait au détriment de la pérennité de la ressource bois. Cependant, dans une optique de rendement soutenu, notre marge de sécurité a certainement diminué depuis l'application de la politique de 1986. D'un point de vue pérennité de la ressource bois, des leçons pourraient être tirées du modèle des concessions. En particulier, nous gagnerions à réintroduire un principe de précaution dans l'aménagement de la ressource bois.

Mots-clés : Concessions forestières, CAAFs, Histoire, Mauricie, Vermillon, Rendement soutenu, Surexploitation, Pérennité.

Abstract

In 1986 the government of Quebec established a new forest policy which revoked forest concessions. Since 1826, forest concessions had been the main strategy to allocate public forest wood. The main objective of the new policy was to maximize economic spillover for Quebec communities. Although sustainable yield was integrated to the new forest policy, overexploitation was noticed in 2004. This observation was in contrast with a governmental analysis done at the beginning of the 1970s that had concluded to an under-exploitation in forest concessions. To ensure sustainable development, forest managers would like to measure the historical impact of harvesting. For this reason the objective of the study was to realize an historical reconstruction of wood harvest in a forest concession in Mauricie (Quebec region); a region that was once the “World Capital” of the pulp and paper industry. We discussed effects of the changes on wood production sustainability in this territory. The Vermillon concession was selected as our reference territory. The analysis involved monitoring forest management indicators between 1932 and 2002. Results showed an increase in wood harvesting after the revocation of forest concessions but we were unable to conclude that the new policy was a threat to wood durability. However, on a sustainable yield basis, our security margin has surely diminished since the introduction of the policy of 1986. For wood production sustainability, lessons could be learned from the forest concessions. Particularly, we should reintroduce a precautionary principle for wood resource management.

Key words: Forest concession, CAAFs, History, Mauricie, Vermillon, Sustainable yield, Overexploitation, Durability.

1. Introduction

En 1986, le gouvernement du Québec établissait une nouvelle politique forestière qui modifiait de façon majeure l'attribution de la ressource bois au Québec (Paillé et Deffrasnes 1988). Le Québec passait alors de l'ère des concessions forestières à celle des CAAFs (Contrats d'Approvisionnement et d'Aménagement Forestier) et des aires communes.

Depuis 1826, les concessions forestières étaient la stratégie privilégiée par le gouvernement du Québec pour attribuer les bois en forêt publique (Ministère des Terres et Forêts du Québec 1965; Hardy et Séguin 1984). Si les modalités avaient évolué au fil des années depuis cette date, le principe des concessions était resté le même. Lorsqu'un industriel se voyait octroyer une concession, il devenait propriétaire des arbres dans ce territoire, mais le fond de terre restait public. C'est avec cet industriel que les autres compagnies devaient négocier si elles voulaient avoir accès à la ressource ligneuse.

En 1971, le gouvernement du Québec déposa un Livre Vert sur la forêt (tome II en 1972) (Ministère des Terres et Forêts du Québec 1971; Ministère des Terres et Forêts du Québec 1972). Dans le contexte de l'époque, il était attendu que la demande mondiale en produits de première nécessité (papiers, bois de construction) augmentait. Cet accroissement de la demande devait aussi se manifester aux États-Unis, le premier marché de l'industrie forestière du Québec. Le gouvernement souhaitait profiter de cette opportunité et faire en sorte de maximiser les retombées économiques de la forêt à la société québécoise. Or, comme le gouvernement considérait que les concessionnaires ne coupaient que 65 % de la possibilité forestière (Ministère des Terres et Forêts du Québec 1971), les concessions forestières apparurent alors comme un mode d'allocation de la ressource bois incompatible avec l'objectif de maximisation des retombées économiques.

La réforme qui s'amorça en 1971, pour se compléter en 1986 avec la révocation des dernières concessions, fit en sorte que le gouvernement reprit les droits sur l'attribution des bois en forêt publique et obligea les industriels à collaborer en concédant différents CAAFs sur une même aire commune (unités à rendement soutenu) (Paillé et Deffrasnes 1988). Malgré le fait que l'aménagement de la ressource ligneuse devait se faire sur la base du rendement soutenu, un

constat de surexploitation de la ressource bois en forêt publique fut établi par la Commission Coulombe en 2004 (Coulombe et al. 2004), particulièrement concernant les essences associées au produit pâte et papiers (SEPM : sapin, épinette, pin gris, mélèze).

Que s'est-il passé dans la récolte de la ressource bois entre l'époque des concessions forestières et les CAAFs pour être passés d'une situation où il semblait y avoir sous-utilisation de la ressource ligneuse à une surexploitation? Il y a relativement peu d'informations sur l'aménagement au temps des concessions forestières et aucun suivi n'a été fait pour mesurer les impacts de la révocation sur la récolte de la ressource bois. Conséquemment, nous manquons de perspective historique sur la dynamique de l'aménagement forestier qui s'est installée suite à la révocation des concessions; un regard historique qui pourrait servir de référence pour appréhender de futurs changements. D'autant plus que, dans une optique d'établir une stratégie d'aménagement durable, il y a un intérêt de la part des aménagistes d'avoir une appréciation de l'impact historique de l'industrie forestière.

L'objectif de cette étude était de réaliser une reconstitution historique de l'évolution de la récolte forestière dans une ancienne concession forestière de la région de la Mauricie, une région du Québec avec un long historique de récolte forestière. Nous discutons des implications des changements de philosophie apportés dans l'aménagement des forêts publiques sur la pérennité de la ressource bois dans le territoire d'étude.

Le développement de l'industrie forestière dans la région de la Mauricie a commencé au milieu du 19^e siècle avec l'industrie du sciage qui était concentrée sur la récolte des grands pins blancs (*Pinus strobus* L.), pins rouges (*Pinus resinosa* Soland.) et épinettes blanches (*Picea glauca* (Moench) Voss) (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960; Hardy et Séguin 1984). L'industrie du sciage périssant à la fin du 19^e siècle, l'industrie des pâtes et papiers commença à s'implanter par le biais de la Laurentides Company. Au cours du 20^e siècle, le développement de l'industrie des pâtes et papiers dans la Mauricie a contribué à faire pendant un temps de Trois-Rivières le premier centre papetier au Québec et se voir décerner le titre de « Capitale mondiale » des pâtes et papiers (Hardy et Séguin 2004).

2. Aire d'étude

2.1 Sélection et écologie

Notre référence territoriale de base de l'étude fut la concession Vermillon (Fig. 1). Créée dans les années 1930, elle fut aménagée par la Consolidated Paper Corporation Ltd, une ancêtre de l'actuelle compagnie AbitibiBowater Inc. La sélection de la concession Vermillon s'est faite selon une approche par étude de cas dans laquelle on choisit les unités expérimentales non pas au hasard, mais en fonction de certains critères et attentes (Yin 1989). La concession Vermillon fut retenue, car elle se retrouvait presque en totalité dans le sous-domaine écologique de la sapinière à bouleau jaune de l'ouest en Mauricie. En plus de nous donner un élément d'uniformité écologique pour notre analyse, peu d'études ont été réalisées dans ce sous-domaine ce qui constituait un intérêt de recherche. Suite à sa révocation en 1986, nous nous sommes aussi référés aux quatre aires communes (41-01, 43-02, 43-03 et 43-04) dans lesquelles elle fut subdivisée.

La sapinière à bouleau jaune de l'ouest a une superficie approximative de 55 600 km² et est localisée principalement entre le 47^e et 48^e parallèle (Gosselin et al. 2000). Ce sous-domaine est à vocation forestière à plus de 95 %. Il est lui-même subdivisé en régions écologiques. L'aire d'étude se retrouve dans la sous-région écologique des Collines du Moyen St-Maurice (4c-T, Fig. 1) qui représente 42 % du sous-domaine. La région écologique 4c est caractérisée par des précipitations annuelles variant entre 900 – 1 000 mm selon l'altitude et l'exposition des versants. La température moyenne annuelle varie de 0 °C à 2,5 °C (gradient nord-sud). La sapinière à bouleau jaune de l'ouest est caractérisée par la présence constante de la bétulaie jaune à sapin (*Betula alleghaniensis* Britton – *Abies balsamea* (L.) Mill.) sur les sites mésiques.

[Figure 1]

2.2 Historique de l'aménagement et des perturbations naturelles

Suite à l'ère de l'industrie du sciage basée sur la récolte des grands pins et des épinettes, la Laurentides Company fut la première à réaliser des opérations pour l'industrie des pâtes et papiers dans la concession Vermillon au cours de la saison 1903-1904 (Royer et Grondin 1960). Avant la création de la Consolidated Paper Corporation Ltd en 1932 qui créa la concession Vermillon, quatre autres compagnies en plus de la Laurentide avaient eu des opérations dans les limites de la concession. La plus importante fut la Wayagamak Pulp and Paper Company Ltd qui

détenait 62 % de la superficie des limites de la future concession Vermillon. Entre 1922 et la fin des années 20, la récolte de cette dernière compagnie s'était concentrée dans les secteurs qui avaient été brûlés au cours des années 1922 et 1923.

Quoique la Consolidated Paper Corporation fut créée en 1932, les premières limites officielles de la concession Vermillon en tant qu'unité à rendement soutenu auraient été établies dans la deuxième moitié des années 1930. En 1938, la Consolidated Paper Corporation Ltd produisit un plan (« *St-Maurice working plan* ») couvrant tous ses territoires de la Mauricie dont le territoire de la concession Vermillon (Royer et Grondin 1958). Nous n'avons pu retracer ce plan.

Le premier plan général d'aménagement pour cette concession fut produit en 1960 à la demande du ministère des Terres et Forêts (MTF) et la superficie totale était alors de 3 328 km² (Royer et Grondin 1958). Avant ce plan, la compagnie produisit à partir de la saison de coupe 1936-1937 des plans de coupe de 10 ans spécifiques à la concession Vermillon qui incluaient un calcul de possibilité forestière sur la base du rendement soutenu^{13,14,15,16}. Une description plus détaillée des sources historiques est présentée au tableau 1. Soulignons que les documents d'archives ont été retracés à la compagnie AbitibiBowater Inc. (Grand-Mère, Québec).

Entre sa création et 1986, les limites de la concession ont évolué. Dans les années 1940, il y eut un échange de territoires avec une concession voisine (Manouane). Avant la saison de coupe de 1969-1970, elle fut fusionnée avec la concession Lower Mattawin, plus au sud.

Les coupes ne furent pas la seule perturbation dans les limites de cette concession. Les perturbations naturelles ont aussi été très présentes. Plusieurs feux ont été signalés entre 1875 et 1922/1923 (Royer et Grondin 1960). Les années 1922 et 1923 ont été particulièrement sévères en

¹³ Consolidated Paper Corporation Ltd. 1939. Proposed ten year cutting plan Vermillon District Forest District II-B. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater inc. Grand-Mère, Québec, Canada. 91 pp.

¹⁴ Consolidated Paper Corporation Ltd. 1958. Ten year pulpwood cutting plan for Vermillon Forest Management Unit No.3 - Period 1956-57 to 1965-66. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater inc. Grand-Mère, Québec, Canada. 10 pp.

¹⁵ Consolidated Paper Corporation Ltd. 1961. Ten year pulpwood cutting plan for Vermillon Forest Management Unit No.3 - Period 1958-59 to 1967-68. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater inc. Grand-Mère, Québec, Canada. 11 pp.

¹⁶ Consolidated Paper Corporation Ltd. 1962. Vermillon ten year working plan - Period 1958-59 to 1967-68. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater inc. (inclus dans le plan d'aménagement de Vermillon de 1960). Grand-Mère, Québec, Canada. 11 pp.

terme d'incendies alors que les deux plus grands feux répertoriés brûlèrent à eux seuls 30 % de la concession.

En plus des feux, plusieurs épidémies d'insectes ont été recensées. Les plus dommageables furent les trois épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) (*Choristoneura fumiferana* [Clem.]) dans les années 1900 (1910-20, 1946-56, 1976-86) (Royer et Grondin 1960; Blais 1983). Pour l'épidémie de 1946-56, les pertes en sapins dans la concession Vermillon ont été estimées à approximativement 1,6 million de m³ (Royer et Grondin 1960). Hatcher souligna que même les peuplements jeunes furent durement touchés (Hatcher 1964). Blais classifia comme « sévères » les trois épidémies de TBE ayant touché ce territoire (Blais 1983).

2.3 Évolution du couvert forestier et des classes d'âge

Lors de la production du premier plan général d'aménagement en 1960, la majorité (59 %) des peuplements étaient jeunes (< 60 ans) (Fig. 2). C'était donc une unité de rendement soutenu anormale par insuffisance. Dans le cadre des travaux de la Commission Coulombe (2004), il a été établi que la majorité des unités à rendement soutenu (aires communes) étaient anormales par surabondance, c'est-à-dire qu'il y avait surabondance de peuplements matures. En 1960, l'étude de cas représentait donc un cas minoritaire de la situation contemporaine.

Le couvert forestier à l'intérieur des limites de la concession Vermillon est resté à dominance mélangée entre 1958 et 2000 (Fig. 2); il y a même eu une augmentation des peuplements mélangés dans cette période au détriment à la fois des peuplements résineux et feuillus (notons que si le plan d'aménagement de la concession est daté de 1960, les données d'inventaires étaient considérées à jour pour 1958, d'où la distinction dans les dates). En 2000, il y avait cependant 9 % du territoire classé comme « non défini », car les coupes étaient trop récentes.

Tout comme pour la superficie, les peuplements mélangés étaient les plus importants en terme de volume sur pied que ce soit en 1958 ou 2000 (Fig. 3). En 1958, les essences feuillues représentaient la majorité du volume, mais ce sont les essences résineuses qui ont pris la dominance en 2000. Toutes essences confondues, le bouleau blanc était l'essence avec le volume le plus important en 1958 et 2000. Chez les résineux, c'est le pin gris qui représentait la majorité du volume en 1958 et l'épinette noire en 2000.

[Figures 2 et 3]

3. Méthodologie

3.1 Principe de l'analyse

L'analyse a été basée sur le suivi de différents indicateurs d'aménagement entre 1932 et 2002 dans les limites de la concession Vermillon et, après sa révocation, dans les quatre aires communes dans lesquelles elle fut dispersée. La majorité des indicateurs ont été regroupés sous deux grandes catégories, soit les indicateurs de récolte en essences SEPM et les indicateurs liés à la possibilité forestière en essences SEPM. Ils seront décrits plus en détail à la section suivante. En plus de nous permettre de faire un suivi de l'impact de la révocation des concessions sur la récolte de la ressource bois, les indicateurs avaient en commun d'être des indicateurs potentiels de la pérennité de cette ressource. Insistons sur le fait qu'aucun indicateur ne représente à lui seul une claire indication de pérennité. C'est l'accumulation d'indices dans une direction donnée qui nous guidera dans notre discussion sur ce thème. Précisons qu'en plus des indicateurs nous avons aussi analysé certaines variables contextuelles afin d'appuyer l'analyse via les indicateurs.

Quoique cette analyse fut basée sur une seule étude de cas qui en terme de répartition des classes d'âge représentait un cas minoritaire de la situation actuelle, elle cherchait avant tout à mettre en parallèle deux philosophies d'aménagement. Celle des CAAFs telle qu'établie depuis 1986 et celle des concessions forestières telle que représentée par la Consolidated Paper Corporation Ltd. À ce niveau, il faut mettre en contexte que la concession Vermillon faisait partie d'un plus grand réseau. En 1960, lors de la production du premier plan général de cette concession, la Consolidated Paper Corporation Ltd possédait seize concessions et était le deuxième plus gros concessionnaire forestier après la Canadian International Paper (CIP) (Ministère des Terres et Forêts 1957). Selon ce qu'il nous a été permis de constater dans les archives de la compagnie, les plans généraux produits à cette époque l'ont tous été selon le même modèle, la même philosophie d'aménagement. De ce point de vue, la concession Vermillon peut donc être vue comme représentante d'une philosophie d'aménagement plutôt que simplement une étude de cas isolée.

3.2 Les indicateurs de pérennité : sources et analyse

3.2.1 Indicateurs de récolte des essences pour le produit pâte

3.2.1.1 Évolution du volume récolté

Une augmentation du volume récolté dans le temps est un symptôme potentiel d'une pression accrue sur la ressource bois et conséquemment sur sa pérennité. Cependant, cet indicateur doit être mis en relation avec d'autres indicateurs comme l'évolution de la possibilité forestière pour être bien interprété.

Pour suivre l'évolution du niveau de récolte de bois résineux récolté pour le produit « pâte » (SEPM), nous nous sommes basés sur une compilation des volumes coupés pour le produit pâte versus la possibilité forestière pour toutes les concessions de la compagnie Consolidated Paper Corporation Ltd entre 1936 et 1982¹⁷ (Tableau 1).

Deux autres sources de données étaient disponibles. La première était le plan d'aménagement de 1960 (Royer et Grondin 1960) qui couvrait la période 1932-1958. La deuxième était les « Register for logging contract & sales of timber »¹⁸ (Tableau 1). De cette dernière source, nous avons considéré la période 1959-1982 en complément aux données dans le plan d'aménagement.

Des différences sont apparues dans les sources. Celle retenue donnait des valeurs supérieures pour certaines périodes, soit au début des années 1940 et dans les années 1970. Ces deux périodes correspondent à des changements dans les limites de la concession, soit un échange de territoires avec la concession Manouane dans les années 1940 et la fusion avec la concession Lower Mattawin à partir de la saison 1969-70. Pour les différences associées aux années 1940, il est probable que la source retenue représentait mieux la réalité de Vermillon à cette époque. Pour les années 1970, il était difficile de juger, car il y avait un élément d'imprécision associé à la nécessité de pondérer les résultats en fonction de la superficie de Vermillon du plan de 1960. Dans le doute, nous nous en sommes tenus à la valeur la plus élevée qui représentait un volume maximal.

¹⁷ Consolidated Paper Corporation Ltd. Comparison of quantities on softwood-pulpwood species cut with allowable annual cut 1936-1988. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater inc. Grand-Mère, Québec, Canada.

¹⁸ Consolidated Paper Corporation Ltd. Register for logging contract & sales of timber 1959-1982. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater inc. Grand-Mère, Québec, Canada.

[Tableau 1]

3.2.1.2 Évolution de la superficie récoltée

Cet indicateur représentait la mesure la plus visible sur le terrain de l'effort de récolte. Son accroissement est un indicateur d'une pression accrue sur la ressource bois et l'écosystème forestier dans son ensemble. Pour appuyer une conclusion à l'effet d'une diminution de la pérennité de la ressource bois, cet indicateur doit être analysé en conjonction avec le volume récolté à l'hectare (sous-section suivante).

Pour la période 1936-1976, les données ont été tirées du plan d'aménagement de la concession Vermillon (Royer et Grondin 1960) ainsi que les rapports annuels de coupe¹⁹ (Tableau 1). Un suivi dans les limites de Vermillon jusqu'à l'année 2002 a été fait à l'aide de la carte numérique du 3^e décennal du ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF). C'est la même base qui a servi pour le suivi des superficies coupées dans les aires communes.

3.2.1.3 Évolution de volume de bois à pâte coupé/hectare

En théorie, une tendance à la baisse de cette valeur pourrait être un symptôme d'une possible diminution de la pérennité de la ressource bois, surtout si elle est accompagnée d'une hausse dans la superficie récoltée. Ce serait un possible indicateur que les meilleurs peuplements ont été récoltés et qu'il est nécessaire de couper plus pour un même volume. Dans notre étude, considérant l'état de la forêt à la fin des années 1960 (strate mature dégradée, strate jeune surstockée), l'apport de cet indicateur pourrait être limité.

Les données entre 1936 et 1958 ont été tirées directement du plan d'aménagement de la concession Vermillon (Royer et Grondin 1960). De 1959 à 1976, nous avons compilé les rapports annuels de coupe de la Consolidated Paper Corporation Ltd²⁰ (Tableau 1). Ces rapports incluaient le volume de bois et la superficie coupée par secteur de coupe. Les données pour la période des concessions ont pu seulement être compilées jusqu'à 1976, car il y a eu des changements dans la méthode de compilation à partir de cette année-là.

¹⁹ Consolidated Paper Corporation Ltd. Annual cut-over report 1959-1976. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater inc. Grand-Mère, Québec, Canada.

²⁰ Idem

Ces données historiques ont été mises en relation avec les données de la période 1990 et 2002 pour les quatre aires communes dans lesquelles a été dispersée la concession Vermillon. Les données, fournies par le MRNF, couvraient l'ensemble des aires communes et il n'y avait pas de lien entre le volume et la superficie coupée. Nous avons donc compilé d'un côté tous les volumes associés aux essences sapins, épinettes et pin gris (SEPM). Ces volumes ont par la suite été divisés par la compilation de toutes les superficies liées à des techniques sylvicoles associées à de la récolte pour les bois à « pâte » (principalement les coupes totales et les coupes avec protection de la régénération et des sols — CPRS). Nous avons fait une moyenne pour les quatre aires communes.

3.2.2 Évolution de la possibilité forestière pour les essences associées au produit pâte

L'intérêt de cet indicateur vient du fait qu'une diminution de la possibilité forestière dans le temps serait potentiellement indicatrice d'une diminution de la pérennité de la ressource bois. Il faut cependant tenir compte de l'évolution dans l'état de santé de la ressource bois, sa productivité, et de l'impact des perturbations naturelles. De plus, l'utilisation d'approches de calcul de la possibilité différentes amène intrinsèquement des différences.

Trois principales sources donnaient des références sur le calcul de la possibilité forestière de la concession Vermillon : le plan d'aménagement de 1960, les plans de coupe de 10 ans, un numéro du magazine *Le Papetier* (Royer 1965) ainsi qu'une compilation globale de toutes les concessions de la compagnie Consolidated Paper Corporation Ltd²¹ (Tableau 1). La plus ancienne valeur couvrait la période 1936-46. Des différences sont apparues entre ces sources pour la période 1956-66. Les trois premières sources faisaient état de changements d'abord à la hausse puis à la baisse. La compilation globale gardait la valeur constante. À des fins de clarté de présentation, nous nous en sommes tenus à représenter la constante. Toutefois, les ajustements qui ont eu lieu dans cette période serviront à l'interprétation des résultats.

Pour la période post-concessions forestières, nous avons fait un suivi de la possibilité dans les quatre aires communes dans lesquelles la concession Vermillon fut dispersée (Fig. 1). Les

²¹ Consolidated Paper Corporation Ltd. Comparison of quantities on softwood-pulpwood species cut with allowable annual cut 1936-1988. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater inc. Grand-Mère, Québec, Canada.

données couvraient la période 1990 et 2005 et ont été pondérées pour correspondre à la superficie productive de Vermillon; ces données ont été fournies par le MRNF. Tout comme pour la concession Vermillon, les aires communes étaient aménagées sur la base du rendement soutenu.

3.2.3 Évolution du volume de bois sur pied entre 1958 et 2000

Le volume de bois sur pied en 1958 (plan d'aménagement de 1960) fut comparé à celui de 2000. Considérant qu'en 1958 la majorité de la concession n'était pas mature, il était attendu que de façon générale le volume de bois sur pied s'accroisse. Une évaluation théorique du volume de bois sur pied que nous pouvions nous attendre en 2000 à partir des données de 1958 a été extraite des simulations via le logiciel Woodstock.

Les données de 1958 ont été tirées du plan d'aménagement de 1960 (Royer et Grondin 1960). Les données de 2000 sont tirées des tables de stock et de peuplement du 3^e décennal (les plus récentes) produites par le MRNF. Les liens entre la carte numérique et les bases de données ont été réalisés par la compagnie AbitibiBowater Inc.

3.2.4 Proportion coupée pour les produits autres que la pâte

La compagnie Consolidated Paper Corporation Ltd se concentrait à récolter du sapin, des épinettes et du pin gris. Ils pouvaient cependant vendre à d'autres industriels la récolte d'autres essences. Une des motivations pour abolir le régime des concessions fut que cette politique diminuait l'accès à la ressource ligneuse pour les industriels qui n'étaient pas concessionnaires (Ministère des Terres et Forêts du Québec 1971). Cet indicateur permet donc d'avoir un regard plus large sur l'utilisation du capital ligneux, pas juste pour le produit « pâte ». Il était attendu que l'essentiel de la récolte se fasse pour des essences associées aux pâtes et papiers.

Les données pour la concession Vermillon ont été compilées à partir des « *Register for logging contract & sales of timber* » de 1932 jusqu'en 1982²² (Tableau 1). Rappelons qu'à partir de 1970 la concession Vermillon avait été fusionnée avec Lower Mattawin, juste au sud de cette première. Il est donc possible que cela ait augmenté la proportion de feuillus. Les données de 1990 à 2002 ont été fournies par le MRNF et nous avons calculé la moyenne des quatre aires communes dans lesquelles a été dispersée la concession Vermillon.

²² Consolidated Paper Corporation Ltd. Register for logging contract & sales of timber 1959-1982. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater inc. Grand-Mère, Québec, Canada.

3.3 Variables contextuelles

3.3.1 Influence des changements dans la méthode de calcul de la possibilité forestière

À l'époque des concessions, les méthodes de calcul de la possibilité consistaient en des formules « par contenance » ou « par contenu ». La Consolidated Paper Corporation Ltd, utilisait pour sa part une formule qu'ils classifiaient de méthode « aire — volume », soit :

$$\left(\frac{\text{Superficie productive totale}}{\text{Révolution}} \right) \times \text{rendement des strates matures}$$

Dans les faits, c'était une formule « par contenance » (basée sur la superficie), mais traduite en volume.

Dans le plan d'aménagement de 1960, la révolution avait initialement été établie à 70 ans sur la base du résultat dans une concession voisine (Manouane) et sur le fait que le sapin baumier et le pin gris, deux essences avec une relative faible longévité, étaient très présentes dans les peuplements jeunes (Royer et Grondin 1958; Royer et Grondin 1960). Les aménagistes de la concession Vermillon avaient dû se baser sur les résultats d'une autre concession, car la valeur calculée pour Vermillon s'était établie à 37 ans. C'est à cet âge que se croisaient les courbes d'accroissement annuel moyen et courant.. Cela était dû au fait que les jeunes peuplements équiennes issus des feux de 1922/23 dominaient en superficie (Fig. 2) et avaient un volume à l'hectare supérieur à ce quoi les aménagistes s'attendaient. À l'inverse, les peuplements matures étaient sous-stockés dus aux coupes partielles passées et la plus récente épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette. Finalement, la révolution retenue fut de 75 ans pour être plus prudent à cause du débalancement dans les classes d'âge (Royer et Grondin 1960).

Depuis la période post-concession, les calculs de possibilité forestière « projettent » la forêt dans le futur sur la base de différentes hypothèses et à l'aide de courbes de rendement. Ces dernières représentent la productivité attendue de différentes strates (combinaison de peuplements cartographiés) selon l'âge.

Afin de mesurer les effets de la méthode de calcul sur la possibilité, nous avons tout d'abord refait un calcul de la possibilité forestière du plan d'aménagement de la concession Vermillon de 1960 sur la base des méthodes contemporaines. Pour cela nous avons utilisé le logiciel Woodstock (Remsoft inc 2007) qui a été choisi pour remplacer Sylva II pour le calcul de la possibilité forestière au Québec. À la base de la simulation, nous avons utilisé les trois courbes de rendement présentes dans le plan d'aménagement de 1960 de la concession Vermillon, soit une par type de couvert (résineux, mélangés et feuillus) (Royer et Grondin 1960). Elles représentaient spécifiquement le volume « pâte » que nous pouvions espérer retrouver selon l'âge dans chacun de ces types de couvert. Les courbes de rendement s'arrêtant à la classe d'âge 120 ans (> 100 ans), pour être en mesure de les prolonger nous avons tout d'abord retracé l'équation associée à chaque courbe via une régression des moindres carrés produite par le logiciel Excel ($R^2 > 0,99$). Ce sont les valeurs de la courbe tracée par l'équation que nous avons utilisées. Ces courbes ont ensuite été ajustées pour tenir compte de la sénescence sur la base des travaux de Pothier et Savard (Pothier et Savard 1998).

La simulation s'est faite sur la base de périodes de 20 ans, car les classes d'âge n'étaient pas plus précises. Que ce soit pour les simulations à partir des données à jour en 1958 ou en 2000, nous n'avons fait aucune réduction à la superficie forestière productive.

La durée des simulations fut de huit périodes (160 ans). Les paramètres retenus dans les différentes simulations sont présentés au tableau 2. Pour l'objectif d'optimiser la récolte, nous avons utilisé le logiciel MOSEK (MOSEK ApS 2007). Les transitions faisaient référence à l'évolution des types de couvert suite à une coupe. Pour chaque simulation, on retrouvait une combinaison d'une des option associée à chaque type de couvert. Les contraintes étaient associées aux types de couverts qui pouvaient être récoltés. Les contraintes faisaient référence à la proportion de chaque type de couvert qui pouvait être récolté. Les cartes forestières du plan de 1960 n'étant pas numérisées, les simulations n'ont pas été spatialisées.

Il est clair qu'une des grandes limites de cette approche méthodologique est que les aménagistes de l'époque auraient fait des inventaires et compilations différents s'ils avaient eu l'intention d'utiliser un logiciel comme Woodstock. Les données disponibles correspondaient aux besoins de l'époque. C'est pourquoi plutôt que d'établir une valeur de possibilité forestière, nous avons présenté les valeurs minimales et maximales rencontrées suite aux différents scénarios possibles.

Le travail technique concernant la programmation de Woodstock a été validé par le Centre d'Enseignement et de Recherche en Foresterie (CERFO) associé au CEGEP de Sainte-Foy (Québec).

[Tableau 2]

3.3.2 Influence de l'évolution des classes d'âge et de la productivité de la forêt

Pour établir l'effet de la structure d'âge sur le calcul de la possibilité dans les limites de la concession Vermillon, nous avons utilisé Woodstock pour refaire un calcul de possibilité à partir des courbes de rendement du plan de 1960, mais avec la structure d'âge de 2000.

Pour illustrer l'évolution de la productivité de la forêt sur la possibilité forestière, nous avons comparé les courbes de rendement produites pour le plan d'aménagement de la concession Vermillon en 1960 avec les courbes les plus récentes. Ces dernières correspondaient aux hypothèses des courbes « actuelles » (il y a aussi des courbes pour les strates « de retour », soit après coupes, mais nous nous en sommes tenus aux « actuelles ») et ont été fournies par le Bureau du forestier en chef du Québec. Elles étaient adaptées à l'unité d'aménagement forestier (UAF) 43-52 qui englobe la moitié des limites de l'ancienne concession Vermillon (Fig. 4) et se localise principalement dans la sapinière à bouleau jaune de l'ouest, tout comme Vermillon. Nous n'avons retenu dans les courbes que le volume associé à la production du produit « pâte » ou SEPM (sapins, épinettes, pin gris et mélèze).

Dans les courbes « actuelles », 465 courbes étaient associées aux strates résineuses et 778 aux mélangées (nous n'avons pas considéré les strates feuillues pour la comparaison). Nous avons sélectionné au hasard 30 courbes pour chaque type de strate que nous avons comparées avec les courbes du plan de 1960. Rappelons que dans le plan d'aménagement de la concession Vermillon de 1960 nous retrouvions seulement trois courbes associées aux types de couverts résineux, mélangés et feuillus.

Finalement, afin de quantifier comment se transposent les changements dans la productivité de la forêt sur le calcul de la possibilité forestière, nous avons refait un calcul dans les limites de la concession Vermillon selon les classes d'âge et la productivité de 2000, mais à l'aide de la formule utilisée dans le plan d'aménagement de 1960.

3.3.3 Proportion de la possibilité forestière coupée

Dans une optique de mettre en évidence des différences de philosophie dans l'aménagement des concessions de la Consolidated Paper Corporation Ltd et dans les aires communes, nous avons comparé la proportion de la possibilité forestière historique coupée. Pour les concessions, la source utilisée fut la compilation des volumes coupés dans toutes les concessions²³ alors que pour les aires communes les données nous ont été directement fournies par le Bureau du forestier en chef du Québec.

3.3.4 Évolution du volume coupé entre 1923-2007 en forêt publique québécoise

Afin de donner une perspective plus large de l'évolution de la récolte de bois en forêt publique dans notre aire d'étude, nous avons retracé la récolte pour l'ensemble du Québec pour la période 1923-2007. Pour la période 1923-1979, les données ont été tirées des Rapports annuels du ministère des Terres et Forêts du Québec (MTF) (Tableau 1). Pour celle de 1980 à 2007, nous nous sommes basés sur un rapport du MRNF (2008).

[Figure 4]

4. Résultats

4.1 Indicateurs de récolte des essences pour le produit pâte

Depuis la révocation des concessions forestières, il s'est récolté en moyenne plus de bois dans les quatre aires communes dans lesquelles la concession Vermillon a été dispersée que dans cette dernière (Fig. 5). Entre 1936 (date du premier plan de coupes de 10 ans) et 1982 (dernière donnée disponible dans les archives), il s'est récolté en moyenne 173 000 m³/an dans la concession Vermillon. Si on s'en tient à la période 1936-1969, soit avant que Vermillon ne soit fusionnée avec Lower Mattawin et qu'il ait été nécessaire de pondérer les données, la récolte fut de 167 000 m³/an. Entre 1990 et 2002 la récolte moyenne (pondérée à la superficie de Vermillon) des quatre aires communes dans lesquelles la concession Vermillon a été dispersée s'est établie à

²³ Consolidated Paper Corporation Ltd. Comparison of quantities on softwood-pulpwood species cut with allowable annual cut 1936-1988. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater inc. Grand-Mère, Québec, Canada.

289000 m³, soit 67 % de plus que la période 1936-81 et 73 % de plus que pour la période 1936-69. Une compilation de la récolte à l'aide d'une moyenne courante par période de 5 ans permet de mieux visualiser les différences entre les deux périodes étudiées en atténuant la variabilité (Fig. 6).

À l'exception des quatre premières années pour lesquelles nous n'avons pas retracé de calcul de possibilité forestière, le pic de récolte dans la concession Vermillon a eu lieu dans la deuxième moitié des années 1950, au sortir de l'épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette. C'est dans cette période qu'il y a des indications que la possibilité forestière avait été accrue de 170000 m³/an à 210 000 m³/an. Toutefois, il était entendu que, à cause de l'épidémie qui venait de sévir, cette augmentation était trop élevée et une baisse était prévue une fois un secteur de la concession « nettoyé » (« *clean out* ») des effets de l'épidémie²⁴.

[Figures 5 et 6]

En terme de superficie pour la récolte d'essences SEPM, le patron rencontré pour la période post-concession se rapprochait de celui de la période du milieu des années 1950 au milieu des années 1960 (Fig. 7). Sur la base de la moyenne courante sur une période de 5 ans, la valeur la plus élevée se rencontrait dans la période des concessions. En moyenne cependant, il s'est coupé annuellement 2 389 ha dans la concession Vermillon dans la période 1936-1975 alors que la moyenne (pondérée à la superficie de Vermillon) dans les aires communes a varié de 2 658 ha (aire commune 43-03) à 2 839 ha (aire commune 43-04), soit 11 % à 19 % de plus.

Le volume/ha récolté pour les essences associées au produit « pâte » fut plus faible dans la concession Vermillon que dans les quatre aires communes dans lesquelles elle fut subdivisée (Fig. 8). Entre 1936 et 1975, le volume/hectare récolté dans la concession Vermillon fut en moyenne de 66 m³/ha. Pour la période 1990-2002, la moyenne s'était accrue à 105 m³/ha.

En mettant en relation les figures 7 et 8 on peut constater que les sommets en superficie récoltée dans la concession Vermillon (Fig. 7) correspondaient à un creux en terme de volume/ha récolté (Fig. 8). Cela était dû à une intensification de la récolte afin de récupérer du bois tué par la

²⁴ Consolidated Paper Corporation Ltd. 1958. Ten year pulpwood cutting plan for Vermillon Forest Management Unit No.3 - Period 1956-57 to 1965-66. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater inc. Grand-Mère, Québec, Canada. 10 pp.

tordeuse des bourgeons de l'épinette lors de l'épidémie de 1946-56²⁵. Pour la période post-concession l'accroissement en superficie récoltée était liée à un plateau en terme de volume/ha. récolté.

[Figures 7 et 8]

4.2 Évolution de la possibilité forestière pour les essences associées au produit pâte

L'augmentation du volume récolté dans la période post-concessions forestières était liée à une augmentation de la possibilité forestière. On peut de fait noter de grands changements entre la possibilité forestière calculée pour la concession Vermillon et celles obtenues dans les quatre aires communes dans lesquelles elle fut dispersée après la réforme de 1986 (Fig. 5). Entre 1936 et 1988, la possibilité de la concession fut établie à 170 000 m³/an (voir la méthodologie concernant les divergences dans les sources à ce niveau). Dans les années 1990, en se basant sur les valeurs de possibilité forestière pondérées à la superficie de Vermillon, la possibilité forestière dans les aires communes dans lesquelles fut dispersée Vermillon a varié entre 246 000 m³/an pour l'aire commune 43-04 (période 2005-2010) à 405 000 m³/an pour l'aire commune 41-01 (période 2000-2005). Considérant la moyenne des quatre aires communes, la valeur maximale de la possibilité s'est établie à 354 000 m³/an (période 2000-2005), soit plus du double (108 %) que la valeur qui fut attribuée à la concession Vermillon pendant une soixantaine d'années.

4.3 Évolution du volume de bois sur pied entre 1958 et 2000

Le volume de bois sur pied total dans les limites définies par la concession Vermillon a augmenté de 77 % entre 1958 et 2000 (Fig. 3). Pratiquement toutes les essences et produits ont connu une augmentation. En particulier, le volume de bois sur pied total pour les essences destinées au produit pâte (SEPM) a augmenté de 100 %, passant de 8,6 millions de m³ à 17,2 millions de m³.

Considérant le fait que lors du plan de 1960 la forêt était majoritairement jeune, il était théoriquement attendu que le volume de bois sur pied total pour les essences destinées au produit pâte (SEPM) augmente. Selon les simulations réalisées via Woodstock le volume de bois sur pied

²⁵ Consolidated Paper Corporation Ltd. 1953. Report on spruce budworm infestation - Vermillon forest management unit. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater inc. Grand-Mère, Québec, Canada. 3 pp.

total en 1998 (simulation à partir de 1958 par période de 20 ans) des essences destinées au produit pâte aurait dû théoriquement varier entre 8,5 et 8,8 millions de m³. Dans un contexte où nous simulions une situation sans coupes, le volume théorique estimé pour 1998 s'établissait à un maximum de 10,5 millions de m³. C'est dire que quel que soit le scénario retenu, la valeur théorique de volume de bois sur pied en 1998 s'est toujours avérée largement inférieure à la valeur réelle en 2000.

4.4 Proportion coupée pour les produits autres que la pâte

Comme anticipée, la proportion des produits récoltés pour les résineux pour d'autres usages que la pâte (ex. : sciage) et les feuillus a été relativement basse pour une très longue période de temps (Fig. 9). Entre 1937 et le début des années soixante, ces produits ne représentaient pas plus de 10 % de la récolte totale dans la concession Vermillon. Toutefois, à partir de la fin des années 1950 et jusqu'en 1968-69 (avant la fusion Vermillon-Lower Mattawin), leur proportion s'est constamment accrue pour atteindre 25 % de la récolte certaines années. Après la fusion, leur proportion s'est accrue jusqu'à 36 % (1978-79).

Pour la période post-concessions, on remarque particulièrement un accroissement de la récolte en essences feuillues. Quoique la proportion du volume récolté pour les essences SEPM était relativement constante entre les dernières années des concessions et la période 1990-2002, cette dernière incluait à la fois le produit sciage et pâte.

[Figure 9]

4.5 Variables contextuelles

4.5.1 Influence des changements dans la méthode de calcul de la possibilité forestière

L'utilisation du logiciel Woodstock pour calculer la possibilité forestière à partir des données du plan d'aménagement de 1960 a donné des résultats inférieurs à ceux calculés à l'époque. Dans le meilleur des cas, soit alors qu'il n'y avait aucune contrainte au niveau du type de couvert à récolter (Tableau 2), la possibilité forestière via Woodstock fut de 156 000 m³/an (versus 170 000 m³/an, soit — 8 %) (Fig. 5). Dans les cas où on incorporait des éléments de contrainte dans la

récolte, la possibilité forestière pouvait diminuer jusqu'à 68 000 m³/an (— 60 %). Les transitions après coupes associées aux types de couvert n'ont pas eu d'influence sur les résultats.

Si le calcul de possibilité forestière avec Woodstock a donné des valeurs inférieures à celles calculées dans le plan d'aménagement de 1960, la récolte s'est cependant située dans les marges établies via le logiciel (Fig. 5). Précisons que c'était une période où il y a une indication que la possibilité forestière a pu diminuer pour une deuxième fois (de 170 000 m³/an à 155 000 m³/an; 1^{re} fois de 212 000 m³/an à 170 000 m³/an) pour tenir compte de l'effet de l'épidémie de tordeuse (Royer 1965).

Notons que dans un cas idéal d'un point de vue rendement soutenu, soit une situation de forêt normale, la possibilité forestière de 1960 aurait été de 172 000 m³/an, soit seulement 1 % de plus que la valeur calculée par les forestiers de l'époque. Il faut préciser ici que nous n'avons normalisé que les classes d'âge, pas les rendements. Idéalement les deux doivent être considérés dans une forêt normale (Chapman 1950; Davis et al. 1987).

4.5.2 Influence de l'évolution des classes d'âge et de la productivité de la forêt

En appliquant les courbes de rendement du plan de 1960 aux superficies de l'an 2000, la valeur maximale de la possibilité forestière fut de 170 000 m³/an (+9 % par rapport à la valeur de Woodstock en 1960). Mentionnons cependant que lors de ces calculs, la période critique, soit celle qui définit le niveau de possibilité présentant la valeur la plus basse, était toujours vers la fin de la période de simulation de 160 ans. Nous nous en sommes tenus à cette approche stricte par souci d'être constants avec l'approche utilisée pour les calculs simulés sur la base des données du plan de 1960.

De grandes différences ont été notées entre les courbes de rendement de la concession Vermillon et celles de l'UAF 43-52 (Fig. 10). Les strates jeunes de la concession Vermillon présentaient un volume/ha plus élevé que la grande majorité des courbes associées à l'UAF 43-52. Toutefois, à maturité c'est l'inverse qui se produisait. En moyenne, pour les strates résineuses les courbes associées à l'UAF avaient un maximum de 120,5 m³/ha en SEPM versus 91,6 m³/ha pour la concession, soit une augmentation de 32 %. Pour les strates mélangées l'augmentation fut de 112 % alors que l'on est passé d'une valeur maximale de 35,4 m³/ha en SEPM dans la concession Vermillon à 75,0 m³/ha dans l'UAF.

En utilisant la méthode de calcul de la possibilité forestière du plan de 1960 dans les conditions forestières de l'an 2000, cet accroissement de l'amélioration de la productivité forestière s'est traduit par un accroissement de la possibilité forestière de 170 000 m³/an à 312 000 m³/an ou 334000 m³/an (selon une révolution de 75 ou 70 ans respectivement; soit la révolution retenue par souci de prudence dans le plan et celle d'abord considérée). Malgré le fait que ces derniers calculs aient été faits sans réductions (bandes riveraines, ...) à la superficie productive, il faut souligner que dans les cas d'une révolution de 75 ans, les valeurs de possibilité calculées avec Woodstock étaient généralement supérieures à celles de la méthode de 1960, sauf suite à la diminution législative de 20 % (Tableau 3). Ce résultat s'accorde avec celui de la Commission Coulombe qui avait comparé sur différentes aires communes les résultats de Sylva II avec une méthode conventionnelle (Coulombe et al. 2004). Le fait d'avoir retenu une révolution de 75 ans se voulait toutefois une approche prudente. Si on utilisait la révolution de 70 ans, la possibilité forestière avec Woodstock s'avérait généralement inférieure à la méthode historique.

[Figure 10]

[Tableau 3]

4.5.3 Proportion de la possibilité forestière coupée

En concordance avec les reproches faits aux concessionnaires forestiers à l'effet qu'ils se gardaient trop de réserve de bois (Ministère des Terres et Forêts du Québec 1971), pour la période 1936-1946, la compagnie Consolidated Paper Corporation Ltd n'avait coupé que 59 % de la possibilité totale de ses concessions²⁶ (Tableau 4a). Pour la période 1946-1956, cette valeur était de 81 % et de 72 % entre 1956-66. Suite à la mise en place de la réforme en 1987, la récolte fut beaucoup plus proche du maximum de la possibilité forestière (Tableau 4b). Précisons que pour une concession donnée, la récolte pouvait excéder la possibilité. Toutefois, la compagnie s'assurait que globalement elle ait toujours une marge de manœuvre.

[Tableau 4]

²⁶ Consolidated Paper Corporation Ltd. Comparison of quantities on softwood-pulpwood species cut with allowable annual cut 1936-1988. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater inc. Grand-Mère, Québec, Canada.

4.5.4 Évolution du volume coupé entre 1923-2007 en forêt publique québécoise

Pour approximativement les 20 premières années du suivi, la récolte totale en forêt publique a coïncidé avec la récolte dans les concessions (Fig. 11). Il y eut par la suite un accroissement dans la récolte totale en forêt publique par le biais d'autres formes de tenure, en particulier les forêts domaniales. Ces dernières étaient des réserves forestières pour pourvoir aux besoins de l'industrie forestière (Ministère des Terres et Forêts du Québec 1965). Cet accroissement de la récolte en forêt publique a pris de l'ampleur au début des années 1970 suite à la décision de révoquer les concessions forestières. C'est dans ces années que l'on a régulièrement dépassé les 20 millions de m³ récoltés annuellement. Le niveau des 25 millions de m³ fut dépassé dans les années 1980 suite à la Loi sur les forêts de 1986 décrétant la fin des concessions et le niveau des 30 millions fut atteint dans les années 1990 avec un maximum à 33,7 millions de m³ en 1999-2000 (MRNF 2008). Entre 1994 et 2006 (plateau dans la récolte en forêt publique), il s'est récolté en moyenne 31,4 millions de m³/an en forêt publique. En comparaison, entre 1945 et 1972 (plateau dans la récolte dans les concessions) il s'était coupé en moyenne 13,8 millions de m³ dans les concessions. Le maximum n'avait jamais dépassé 17,4 millions de m³/an (1966-67) (Ministère des Terres et Forêts 1967).

Les informations pour le produit pâte (SEPM) n'étaient pas disponibles pour toutes les années. Les plus anciennes informations disponibles (1936-40) faisaient état d'une proportion récoltée pour le produit pâte (SEPM) qui était de 79% en moyenne. Entre 2004 et 2007, la proportion pâte (SEPM) fut en moyenne de 81%. Entre 1946 et les années 1970 cette proportion s'est maintenue autour des 75% avec une tendance à la baisse alors que l'utilisation en copeaux se faisait de plus en plus présente dans l'approvisionnement pour la pâte. La classification quant à la destination des produits a pu alors en être influencée.

[Figure 11]

5. Discussion

Dans les limites de l'ancienne concession Vermillon, il y a peu d'indices que l'aménagement de la Consolidated Paper Corporation Ltd. ait nuit à l'amélioration prévisible des conditions forestières associées au produit pâte malgré le fait que la concession était à proximité d'usines de

transformation. Dû aux feux de 1923, la concession Vermillon était majoritairement jeune en 1960 et un accroissement de la récolte et du volume de bois sur pied étaient prévisibles.

Le seul élément que nous puissions soulever contre ce constat est le fait que la possibilité forestière du plan de 1960 était peut-être trop élevée selon une approche par rendement soutenu comparée à notre calcul via Woodstock (Fig. 5). Par contre, toujours selon une évaluation via Woodstock, la possibilité de 1960 était très légèrement inférieure à des conditions de forêt normale, soit des conditions théoriquement optimales d'un point de vue rendement soutenu. Il est alors peu probable que la possibilité du plan de 1960 ait pu être grandement surestimée. Il faut ajouter à cela que dans les faits la récolte dans les années qui avaient suivi était nettement en dessous de la valeur calculée par les forestiers de l'époque. Aussi, le volume de bois sur pied a montré une grande tendance à l'augmentation en 1960 et 2000 dans les limites de Vermillon. Une augmentation qui s'est faite dans un contexte où, malgré sa révocation le 1^{er} avril 1987, dans les limites de l'ancienne concession Vermillon il y a eu dans la période 1990-2000, pour 2 275 hectares/an en moyenne en coupes totales ou CPRS (Fig. 7). Ces valeurs se rapprochent de celles des quatre aires communes dans lesquelles Vermillon a été subdivisée, soit entre 2 695 et 2 955 ha/an (valeur pondérée sur la base de la superficie de Vermillon) au cours de la période 1990-2002. Finalement, en plus de cet historique de coupe, il y a eu une épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette entre 1976 et 1986 qui a touché le territoire d'étude (Blais 1983).

D'un point de vue pérennité de la ressource bois, la question qui se pose est surtout de déterminer dans quelle mesure le niveau de récolte postconcession aurait pu nuire à cette pérennité. À ce sujet, le fait que la possibilité forestière dans les aires communes ait connu une grande croissance comparativement à celle dans la concession Vermillon est apparu comme la principale source de préoccupation concernant la pérennité de la ressource bois pour la période postconcession. Toutefois, un calcul de la possibilité dans les limites de Vermillon dans les conditions de l'an 2000, mais avec la méthode de 1960 a démontré que cette augmentation était en bonne partie justifiée (Fig. 5, Tableau 3). Le changement dans la structure des classes d'âge entre le plan de 1960 et l'an 2000 dans les limites de la concession Vermillon est une raison qui expliquait cette augmentation, mais elle n'expliquait au mieux que 9 % de l'augmentation de la possibilité (Fig. 5). L'amélioration des conditions forestières associées au produit pâte (SEPM) exprimée par les courbes de rendement (Fig. 10) fut certainement la variable la plus déterminante considérant les

augmentations dans les maximums de 32 % à 75 % (respectivement pour les strates résineuses et mélangées).

Considérant la technique de calcul de la possibilité forestière d'aujourd'hui, d'un point de vue pérennité de la ressource bois les courbes de rendement représentent une faiblesse. Le fait est qu'à la base du calcul on projette dans le temps les courbes de rendement. Or, ces dernières représentent une image dans le temps issue de différentes histoires. Rien ne garantit par exemple que les strates jeunes des courbes de 2000 suivent la courbe pour atteindre les mêmes maximums que les actuelles strates matures. L'histoire représentée par les courbes du plan de 1960 pourrait se répéter. Aujourd'hui un grand risque pour la pérennité de la ressource bois est donc de projeter une histoire qui ne se répètera pas.

5.1 Influence du changement de la politique forestière sur l'aménagement

5.1.1 Fiabilité des intrants

La production des courbes de rendement illustre une des grandes différences qui sont survenues dans le territoire d'étude entre la période des concessions et suite à leur révocation.

Pour produire le plan d'aménagement de 1960 de la concession Vermillon, l'effort d'inventaire fut de 2,5 parcelles de 800 m²/km² de superficie productive (Royer et Grondin 1960). Des tarifs de cubage avaient été bâtis spécifiquement pour la concession. Pour les derniers calculs de possibilité forestière touchant la région de la Mauricie, l'effort fut de 1,1 parcelle de 400 m²/km² de superficie productive dont 57 % recrutées (Bureau du Forestier en chef 2007). La Commission Coulombe (2004) a établi comme constat que les parcelles recrutées constituaient potentiellement un biais important dans l'estimation des volumes. Le tarif de cubage de base fut celui établi pour l'ensemble du Québec par Perron dans les années 80 (Perron 1985). Donc, non seulement les courbes de rendement de la concession Vermillon avaient bénéficié d'un échantillonnage plus intensif, mais elles étaient aussi beaucoup plus liées à l'histoire du territoire que les courbes les plus récentes.

Le fait que les intrants de la période post-concession étaient probablement moins précis que leur contrepartie de la période des concessions nous amène aussi à être prudents dans la comparaison des volumes de bois sur pied entre ces deux périodes. Rappelons que pour les essences associées au produit pâte, le volume de bois sur pied a doublé entre 1960 et 2000 (Fig. 4). Une augmentation au-delà de ce que nous avons pu simuler à partir de 1960 quoique nous n'avions pas inclus d'amélioration dans les courbes. De plus, entre le plan d'aménagement de 1960 et 2000, la proportion (en superficie) des peuplements mélangés a augmenté et celle des peuplements résineux a diminué (Fig. 2). Quoique le maximum en volume des essences SEPM dans les strates mélangées se soit accru de 112 % entre le plan de 1960 et 2000, les essences SEPM restent principalement associées aux peuplements résineux. À cela, il faut ajouter que 9 % des peuplements étaient classés comme « non définis » et donc n'ont pas eu de volume associé.

5.1.2 Évolution de la récolte à l'échelle du Québec : un changement de paradigme

Considérant le constat du Livre Vert de 1971 (Ministère des Terres et Forêts du Québec 1971) à l'effet que les concessionnaires se gardaient des réserves de bois ainsi que les résultats de cette étude, il appert que la compagnie Consolidated Paper Corporation Ltd aménageait ses concessions avec un grand souci de se préserver du bois pour l'avenir. Mentionnons qu'en 1968 (données les plus proches du Livre Vert de 1971) la Consolidated Paper Corporation Ltd était le deuxième plus important concessionnaire forestier du Québec alors qu'elle possédait 16 % des superficies sous concession (Ministère des Terres et Forêts 1968). Elle était donc un représentant des grands concessionnaires touchés directement par la réforme entreprise en 1971.

La réforme de 1986 a changé le paradigme de se « réserver » du bois qui apparaissait comme une base de l'aménagement des grands concessionnaires. L'augmentation de la récolte pour les essences SEPM à l'échelle du Québec qui s'est particulièrement fait sentir à partir des années 1970 pour atteindre des sommets dans les années 1990 était en partie issue des « réserves » des concessions. De plus, on a ouvert des territoires à la récolte forestière de telle façon que la superficie productive sous aménagement au Québec est passée de 227 869 km² par les concessionnaires en 1966-1967 (année de récolte record dans les concessions) (Ministère des Terres et Forêts 1967) à 298 918 km² en 2000 (MRNF 2008), soit une augmentation de 31 %.

Le fait que les méthodes de calcul de la possibilité aient beaucoup évolué a aussi influencé la récolte. La réforme a intégré pleinement les modèles dans le calcul de la possibilité. De fait, dans la politique adoptée en 1986 le rendement soutenu était appliqué de façon à bénéficier de l'effet maximal de possibilité considérant l'application de travaux sylvicoles et le fait que 73 % du volume accessible était dans des peuplements matures (Paillé et Deffrasnes 1988). Cette politique fit passer la possibilité annuelle de 18 à 26 millions de mètres cubes. Cette approche d'anticiper des rendements futurs est une différence majeure avec l'aménagement des concessions forestières de la Consolidated Paper Corporation Ltd où on se basait essentiellement sur l'état présent de la forêt.

[Figure 11]

6. Conclusion

Il ressort assez clairement que dans le territoire d'étude, la politique de révocation des concessions forestières a atteint son objectif qui était de maximiser la récolte de bois en vue de maximiser les retombées économiques. Cependant, dans une optique de rendement soutenu, notre marge de sécurité a certainement diminué depuis l'application de cette politique. Dans les conditions de notre territoire d'étude, il est toutefois difficile de juger si cette maximisation s'est fait au détriment de la pérennité de la ressource bois, car nous sommes passés d'une forêt qui en 1960 était jeune avec des peuplements matures dégradés, à une forêt mature bien stockée en 2000. Ces conditions favorisaient un accroissement de la possibilité forestière et de la récolte. L'aménagement de la concession Vermillon par la Consolidated Paper Corporation Ltd répondait à l'évidence à d'autres impératifs que la maximisation des retombées économiques, car, malgré le fait que cette concession était proche des usines de transformation, il apparaît que l'aménagement de sa ressource ligneuse pour le produit pâte fut prudent. Considérant l'inquiétude de la population du Québec face à l'avenir des forêts du Québec qui a résulté de l'application de la politique de maximisation des retombées économiques, des leçons pourraient être tirées du modèle des concessions. D'un point de vue pérennité de la ressource bois et tel qu'illustré par la Consolidated Paper Corporation Ltd, nous gagnerions à réintroduire un principe de précaution dans l'aménagement de la ressource bois.

De plus, il faudrait toujours garder la mémoire de nos activités d'aménagement. Le Québec a une longue et riche histoire forestière, mais la réforme de 1986 semble en avoir oublié l'essentiel. Cela bloque les aménagistes d'aujourd'hui d'avoir toute la perspective historique qu'ils pourraient avoir. Cette étude a été rendue possible grâce à la présence d'un grand fonds d'archives à la Compagnie AbitibiBowater Inc. et nous espérons qu'elle serve d'exemple de la valeur de ce qu'il est possible d'avoir comme information en valorisant de garder notre mémoire forestière vivante. Cela serait d'autant plus facile que les données de cette étude ont été recueillies dans le cadre des opérations régulières de la compagnie forestière. L'effort ici n'est donc pas dans le fait de collecter de nouvelles données que de ne pas oublier celles qui sont obligatoirement prises.

8. Remerciements

Cette étude a pu être possible grâce au support financier du Fonds Québécois de la Nature et des Technologies du Québec (FQRNT). Nous tenons aussi à remercier pour leur grande collaboration la compagnie AbitibiBowater Inc., en particulier messieurs Luc Généreux et Luc Moreau, ainsi que le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (MRNF) et le Bureau du forestier en chef du Québec.

9. Bibliographie

Blais, J. R. 1983. Trends in the frequency, extent, and severity of spruce budworm outbreaks in eastern Canada. *Canadian Journal of Forest Research* 13: 539-547.

Bureau du Forestier en chef. 2006. Possibilité forestière 2008-2013. Résultats pour le région Mauricie-Centre-du-Québec / Région 04. Des gestes concrets vers un aménagement forestier durable. 15 pp. <http://www.forestierenchef.gouv.qc.ca/FR/UAF/index.html> [Dernier accès: 11 décembre 2008]

Bureau du Forestier en chef. 2007. Données d'inventaire utilisées - Région 04. Fiche Thématique. Roberval, Québec, Canada. 10 pp. <http://www.forestierenchef.gouv.qc.ca/FR/UAF/index.html> [Dernier accès: 15 août 2008]

Chapman, H. H. 1950. *Forest management*. Hildreth Press, Bristol, Connecticut. 582 pp.

Coulombe, G., J. Huot, J. Arsenault, E. Bauce, J.-T. Bernard, A. Bouchard, M. A. Liboiron, et G. Szaraz. 2004. Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise. 307 pp. <http://www.commission-foret.qc.ca/>

Davis, L. S., K. N. Johnson, et K. P. Davis. 1987. *Forest management*. 3rd ed. McGraw-Hill, New York. 790 pp.

Gosselin, J., P. Grondin, et J.-P. Saucier. 2000. Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'ouest. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la gestion des stocks forestiers. 163 pp.

Hardy, R., et N. Séguin. 1984. Forêt et société en Mauricie: La formation de la région de Trois-Rivières 1830-1930. Boréal Express, Montréal. 222 pp.

Hardy, R., et N. Séguin. 2004. Histoire de la Mauricie. Institut québécois de recherche sur la culture, Sainte-Foy. 1137 pp.

Hatcher, R. J. 1964. Spruce budworm damage to balsam fir in immature stands, Quebec. *Forestry chronicle* 40(3) : 372-383.

Ministère des Terres et Forêts du Québec. 1965. Exposé sur l'administration et la gestion des terres et forêts du Québec. Québec. 116 pp.

Ministère des Terres et Forêts du Québec. 1971. Exposé sur la politique forestière: prospective et problématique (tome 1): Prospective et problématique. Gouvernement du Québec. Québec. 279 pp.

Ministère des Terres et Forêts du Québec. 1972. Exposé sur la politique forestière: prospective et problématique (tome 2): Réforme et programme d'action. Gouvernement du Québec. Québec. 191 pp.

Ministère des Terres et Forêts. 1957. Rapport du Ministre des Terres et Forêts de la Province du Québec pour l'année finissant le 31 mars 1957. Ministère des Terres et Forêts du Québec. Québec, Canada. 165 pp.

Ministère des Terres et Forêts. 1967. Rapport du Ministre des Terres et Forêt du Québec 1966/67. Ministère des Terres et Forêts du Québec. Québec, Canada. 109 pp.

Ministère des Terres et Forêts. 1968. Rapport du Ministre des Terres et Forêt du Québec 1967/68. Ministère des Terres et Forêts. 147 pp.

MOSEK ApS. 2007. The MOSEK optimization tools version 4. <http://www.mosek.com/> [Dernier accès: 11 décembre 2008]

MRNF. 2008. Ressources et industries forestières: Portrait statistique (édition 2008). Ministère des Ressources naturelles et de la faune. Québec, Québec, Canada. 513 pp. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/connaissances/connaissances-statistiques-complete.jsp> [Dernier accès: 11 décembre 2008]

Paillé, G., et R. Deffrasnes. 1988. Le nouveau régime forestier du Québec. The Forestry Chronicle 64(1) : 3-8.

Perron, J.-Y. 1985. Tarif de cubage général: volume marchand brut. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Québec. 55 pp.

Pothier, D., et F. Savard. 1998. Actualisation des tables de production pour les principales espèces forestières du Québec. Ministère des ressources naturelles, Forêt Québec, Québec. 183 pp.

Remsoft inc. 2007. Woodstock Forest Modelling System Version 2007.4.0. Remsoft inc. Frédéricton, Nouveau Brunswick, Canada. <http://www.remsoft.com/remsoft.php> [Dernier accès: 11 décembre 2008]

Royer, R., et M. Grondin. 1958. Management plan report for the Manouane management unit: Books I and III. Consolidated Paper Corporation Ltd. *Source*: AbitibiBowater Inc. Grand-Mere, Quebec, Canada. 200 pp.

Royer, R., et M. Grondin. 1960. Management plan report for the Vermillon management unit: Books I and III. Consolidated Paper Corporation Ltd. *Source*: AbitibiBowater Inc. Grand-Mere, Quebec, Canada. 210 pp.

Royer, R. 1965. L'aménagement forestier chez Consolidated Paper Corp Ltd. *Le Papetier* 2(5) : 4-23.

Yin, R. K. 1989. Case study research: design and methods. SAGE Publications inc, Newbury Park, California. 157 pp.

Tableau 1. Liste et description des sources d'archives utilisées. Elles ont été retracées à la compagnie AbitibiBowater Inc. (Grand-Mère, Québec, Canada).

Auteurs, Source (date ou périodes de disponibilité des informations)	Titre	Description
Consolidated Paper Corporation Ltd. (de 1920 à 1982)	<p>“<i>Register for logging contract & sales of timber</i>”</p> <p>« <i>Ten year pulpwood cutting plan for Vermillon Forest Management Unit No.3</i> »</p>	<p>Compilations des volumes coupés par type de produit et pour toutes les concessions de la compagnie du début des années 1920 à 1982.</p> <p>Compilation fréquemment en cunits (= 100 pi³ solides = 2,83 m³ solides).</p> <p>Conversions fournies par Luc Généreux (AbitibiBowater Inc.).</p>
Consolidated Paper Corporation Ltd. (1939, 1950, 1958, 1961, 1962)	<p>« <i>Ten year pulpwood cutting plan for Vermillon Forest Management Unit No.3</i> »</p> <p>« <i>Annual cut-over report</i> »</p>	<p>Principales statistiques concernant Vermillon, résultat du calcul de possibilité forestière et sélection des secteurs où couper dans les dix prochaines années.</p> <p>Rapports annuels présentant les volumes par essence coupés ainsi que les superficies. La précision des données a varié dans le temps.</p>
Consolidated Paper Corporation Ltd. (1944-1976)	« <i>Report on spruce budworm infestation – Vermillon forest management unit</i> »	Suivi des inventaires et survols réalisés concernant l'évolution de l'épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette dans la concession.

Consolidated Paper Corporation Ltd (1958, 1966, 1976, 1983)	« <i>Comparison of quantities on softwood-pulpwood species cut with allowable annual cut</i> »	Récapitulatif annuel des volumes coupés et de la possibilité forestière pour les concessions de la Consolidated Paper Corporation Ltd, de 1936 à 1988.
Ministère des Terres et Forêts (saisons 1932-33 à 1978-79)	Rapports du Ministre des Terres et Forêts du Québec	Statistiques de l'année concernant entre autres le volume de bois coupé au Québec, sur terres publiques et privées. Le Rapport de la saison 1932-33 présentait une compilation remontant à la saison de coupe 1923-1924.
Royer et Grondin (1960). Consolidated Paper Corporation Ltd.	« <i>Management plan report for the Vermillon management unit: Books I and III</i> »	Premier plan général d'aménagement de la concession Vermillon comprenant un historique de coupes et de perturbations naturelles (Book III : cartes), les résultats d'inventaires les plus récents, plan de coupe de 10 ans avec le calcul de la possibilité forestière.

Tableau 2. Paramètres utilisés pour le calcul de la possibilité forestière (CPF) avec Woodstock. Chaque scénario de simulation comprenait un élément de chaque paramètre. Dans le cas des transitions, ce sont des combinaisons des différentes options pour chaque type de couvert (résineux/mélangés/feuillus) qui ont été utilisées.

Paramètres	Définition
Objectifs	
1	Nouveau calcul de possibilité (CPF) optimisé avec Mosek
2	Estimer le volume de bois sur pied futur en utilisant comme base le CPF du plan de 1960
Transitions après coupe	
des Résineux	option #1 : 90%R, 10%M; option #2 : 50%R, 50%M
des Mélangés	option #1 : 15%R,65%M,20%F; option #2 : 100%M
des Feuillus	option #1 : 0%R, 50%M, 50%F; option #2 : 0%R, 80%M, 20%F
Contraintes	
Pas de contraintes	Tous les peuplements pouvaient être récoltés
Priorité mélangés	$\leq 25\%R, \geq 75\%M$
Priorité résineux	$\geq 60\%R, \leq 40\%M$
Durée simulation	160 ans (8 périodes de 20 ans)
Tolérance volume récolté	1%

Tableau 3. Écarts (%) entre la possibilité forestière dans les aires communes dans lesquelles la concession Vermillon a été dispersée et la possibilité forestière calculée dans les limites de la concession Vermillon selon les classes d'âge de 2000 et la méthode du plan de 1960 : a) révolution de 75 ans (312 000 m³/an); b) révolution de 70 ans (334 000 m³/an).

a) 75 ans

Aires communes					
Années	41-01	43-02	43-03	43-04	Moyenne
1990 -1995	5	-10	7	3	2
1995-2000	8	-12	9	14	6
2000-2005	23	10	12	-1	12
2005-2010 ^a	4	-12	-10	-27	-10

b) 70 ans

Aires communes					
Années	41-01	43-02	43-03	43-04	Moyenne
1990 -1995	-2	-18	0,2	-4	-5
1995-2000	2	-20	3	8	-1
2000-2005	18	4	6	-9	6
2005-2010 ^a	-3	-20	-18	-36	-18

^a Diminution législative de 20% suite à la Commission Coulombe.

Tableau 4. Proportion (%) de la possibilité forestière coupée a) dans toutes les concessions de la Consolidated Paper Corporation Ltd et b) les aires communes dans lesquelles la concession Vermillon fut dispersée.

a) Concessions de la Consolidated Paper Corporation Ltd

Période	Proportion coupée (%)
1936-1946	59
1946-1956	81
1956-1966	72

b) Aires communes

Aires communes	1990-1995	1995-2000	2000-2003
41-01	87	96	97
43-02	66	84	74
43-03	75	97	92
43-04	82	98	97

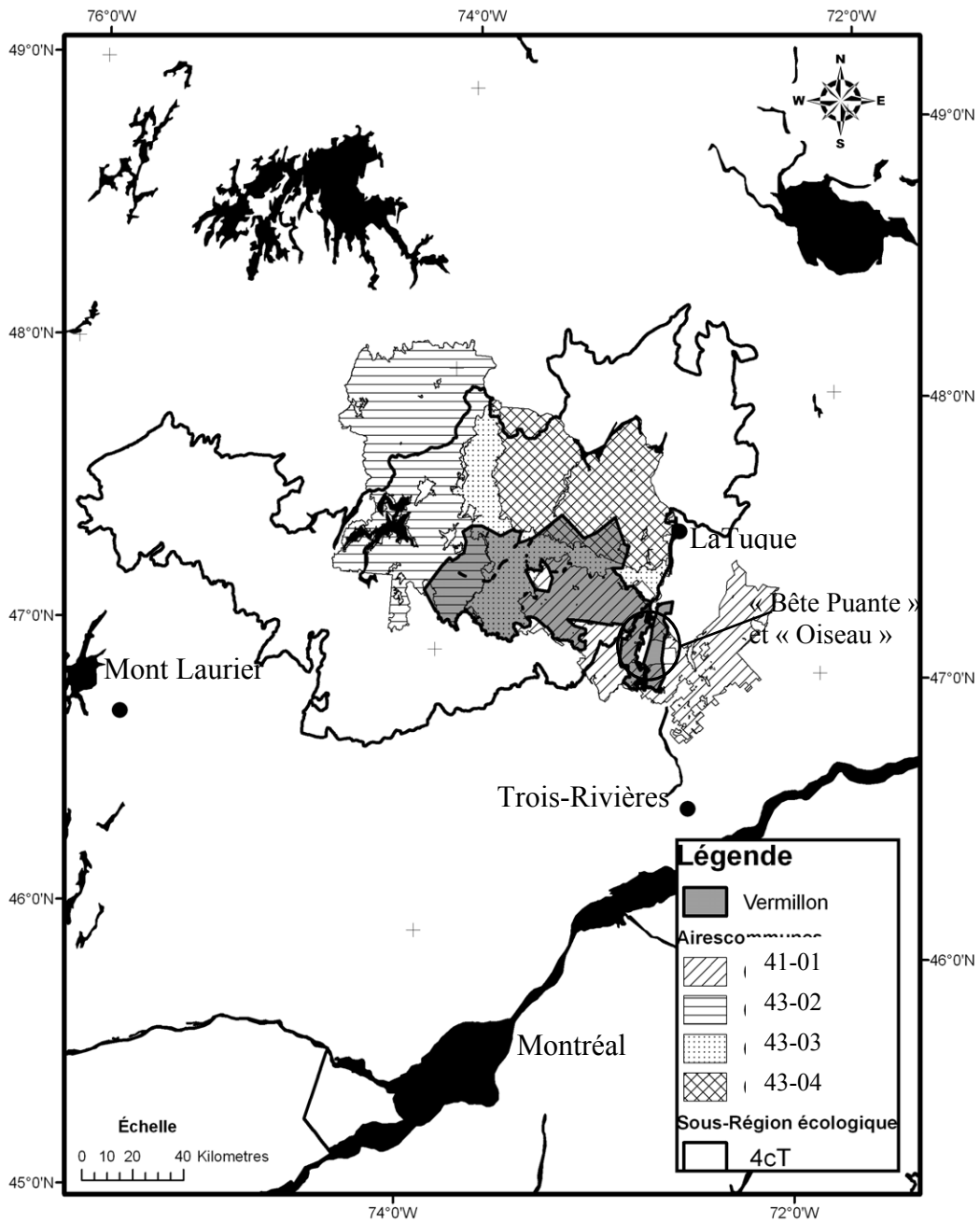
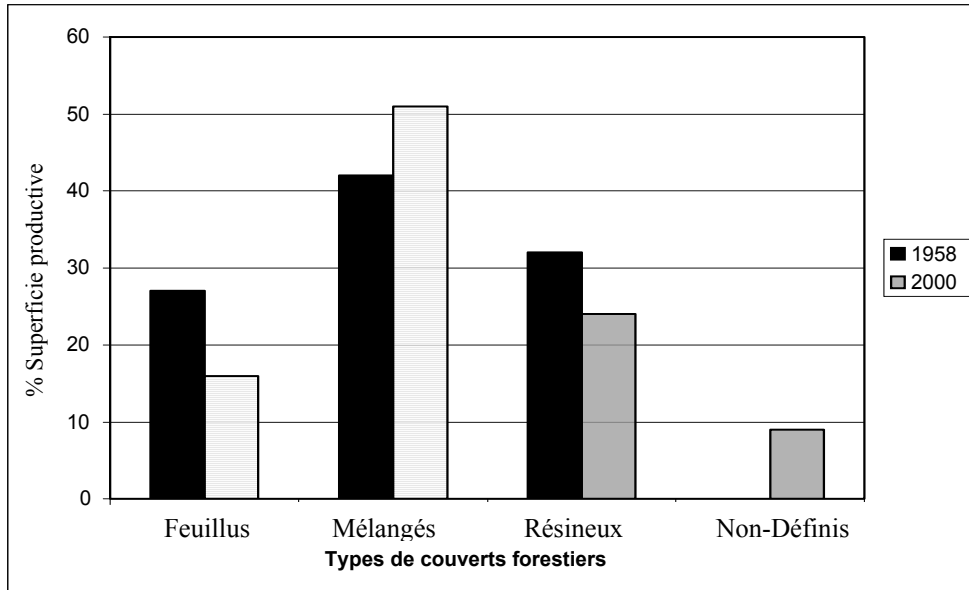
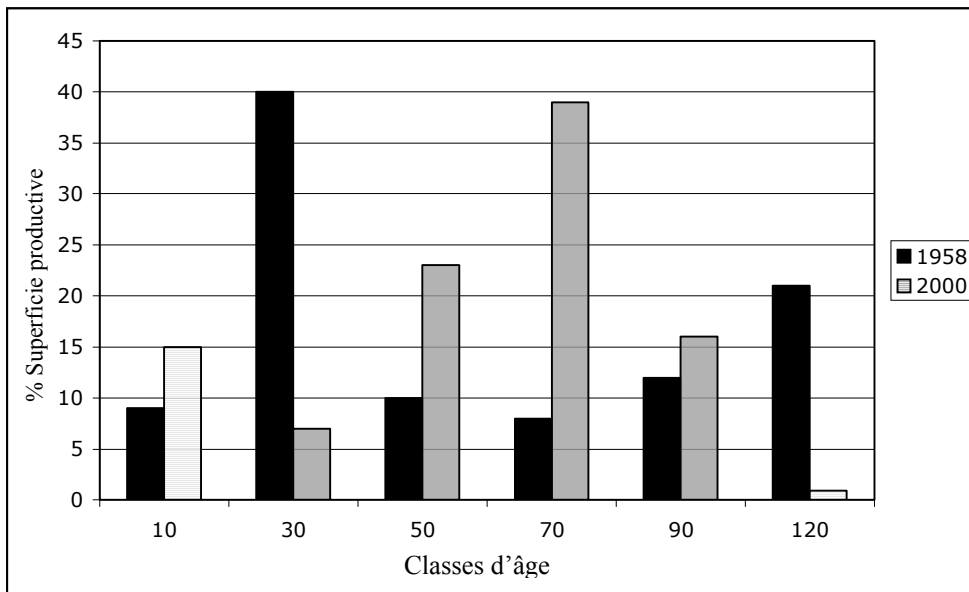


Figure 1. Localisation des limites de la concession Vermillon et des aires communes dans lesquelles elle fut dispersée.

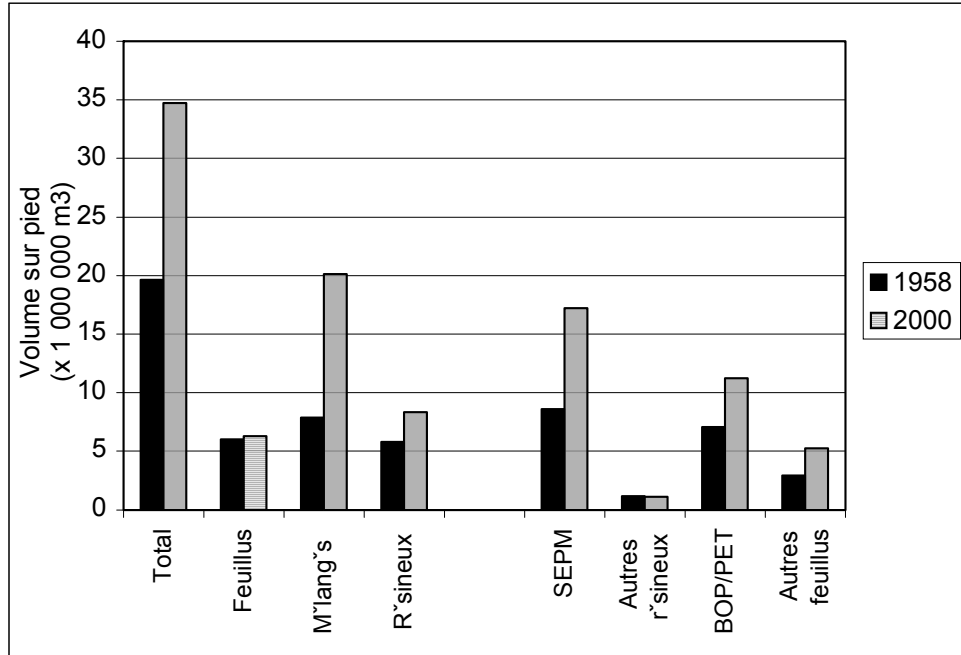


a) Types de couverts forestiers

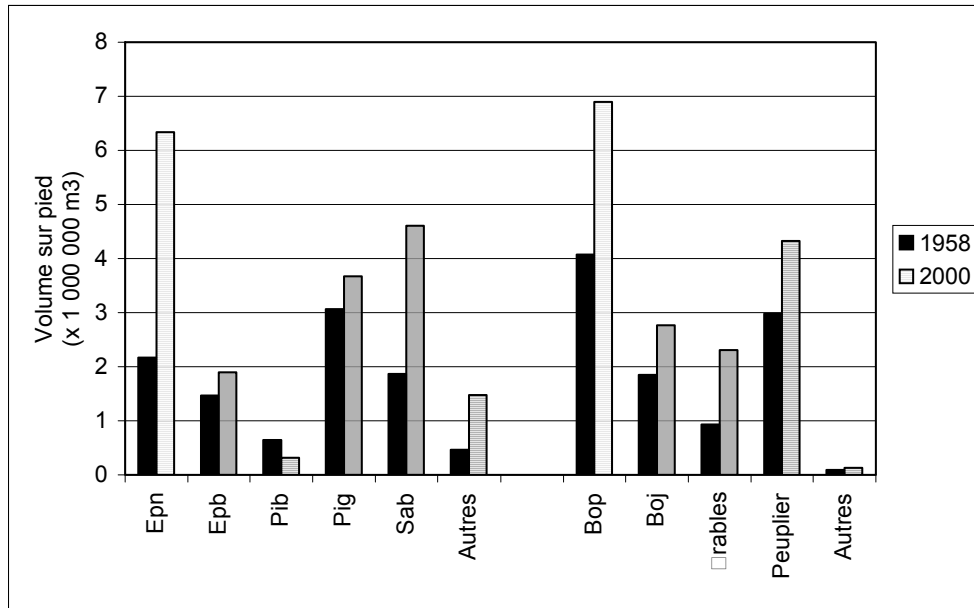


b) Classes d'âges

Figure 2. Proportions comparatives de la superficie productive a) des grands groupements forestiers et b) des classes d'âge en 1958 et 2000.



a) Types de couvert et produits



b) Essences forestières

Figure 3. Volume de bois sur pied (x million m³) en 1958 et 2000 selon a) les types de couverts et de produits et b) les essences forestières.

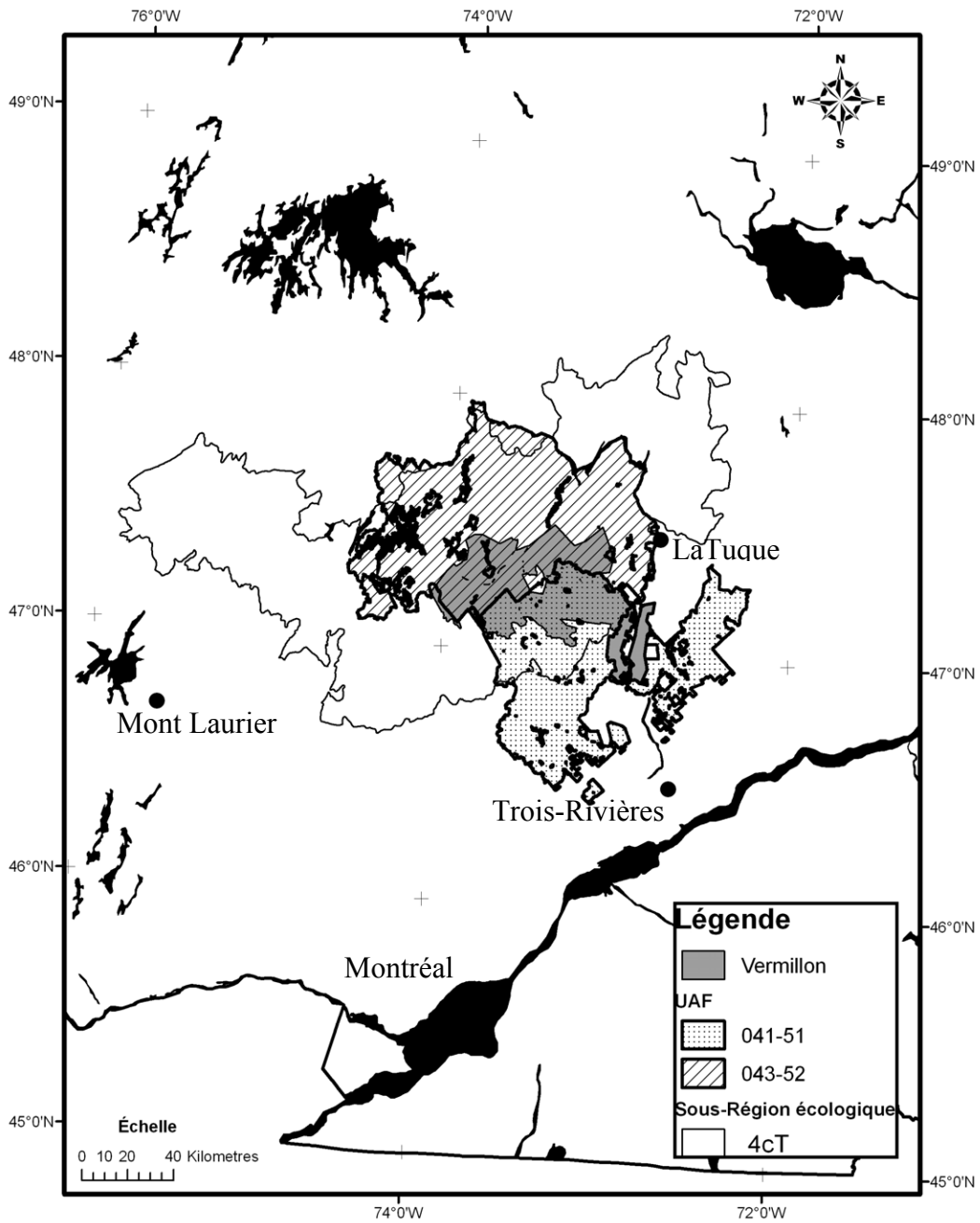
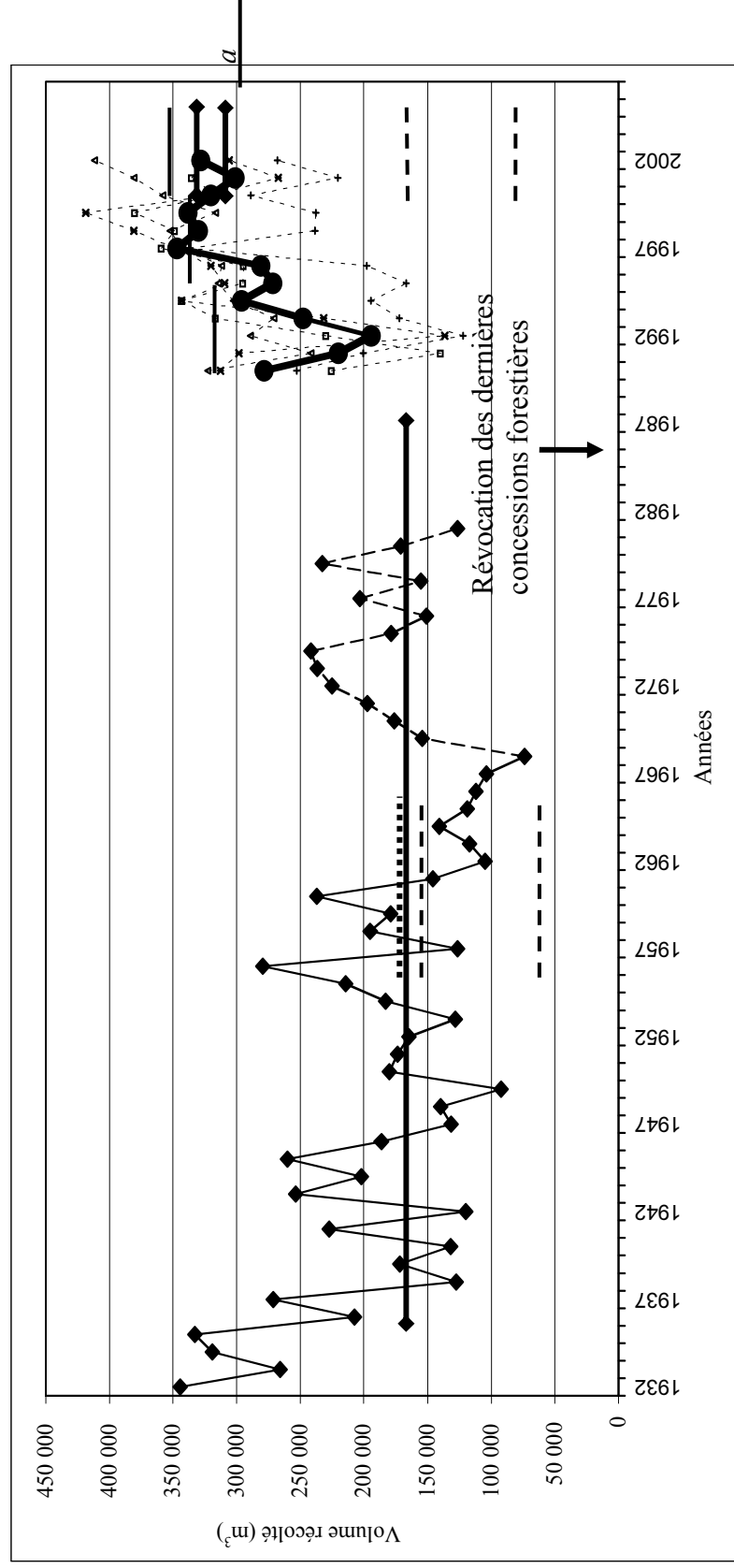


Figure 4. Localisation des limites de la concession Vermillon et des deux unités d'aménagement forestier établies en date du 1^{er} avril 2008.



^a Période 2008-2013 : diminution moyenne de 16% en Mauricie pour les essences associées au produit SEPM (Bureau du Forestier en chef 2006).

Figure 5. Volume (m³) de bois à pâte (sapins, épinettes, pin gris) récolté dans les limites de la concession Vermillion entre 1932 et 1969 et moyenne des volumes coupés entre 1990 et 2002 dans quatre aires communes incorporant des sections de la concession Vermillion. ◆-◆ : fusion Vermillion-Lower Mattawin; valeurs pondérées à l'échelle de Vermillion ◆-◆ : Possibilité forestière établie selon la méthode du plan d'aménagement de 1960. - - - : Fourchette des niveaux de possibilité forestière calculée via Woodstock; ····· : Possibilité forestière si la forêt avait eu une structure d'âge « normale ». — : Possibilité forestière moyenne des aires communes. Les valeurs associées aux aires communes ont toutes été pondérées à la superficie productive de Vermillion en 1960.

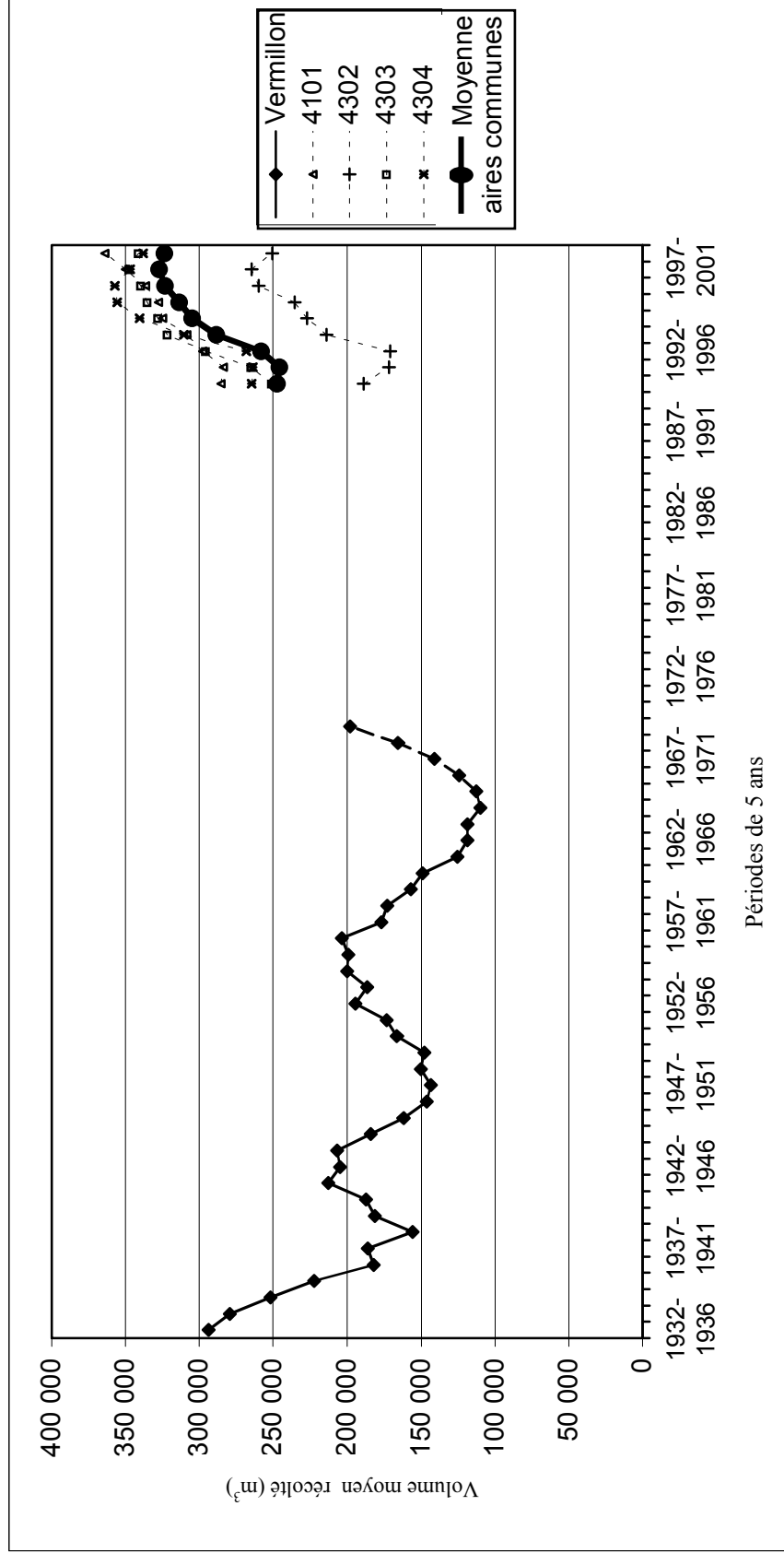
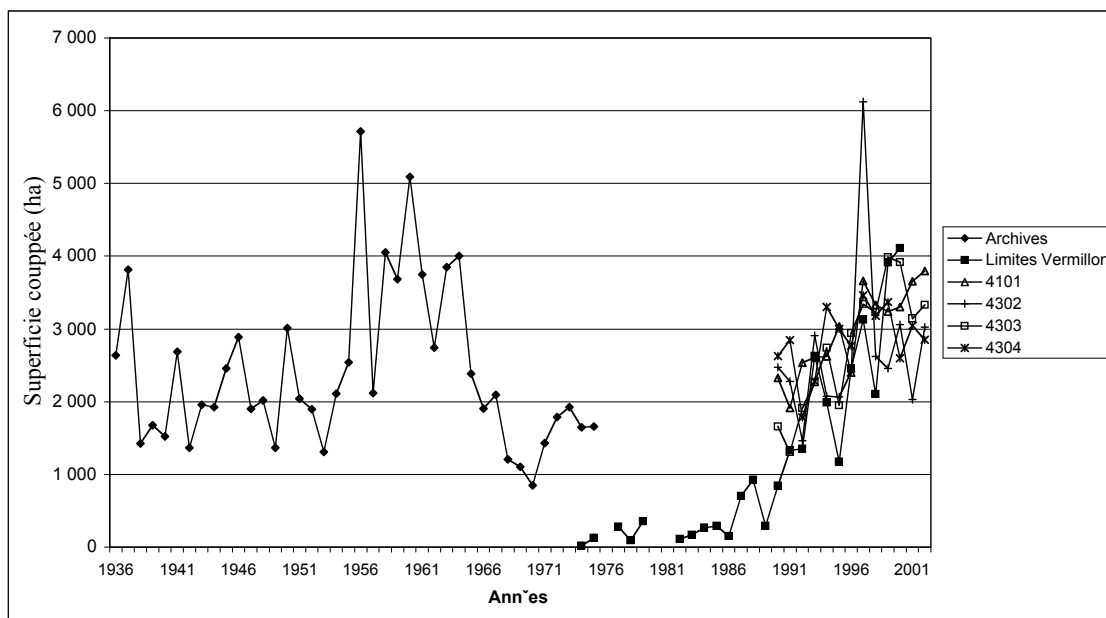
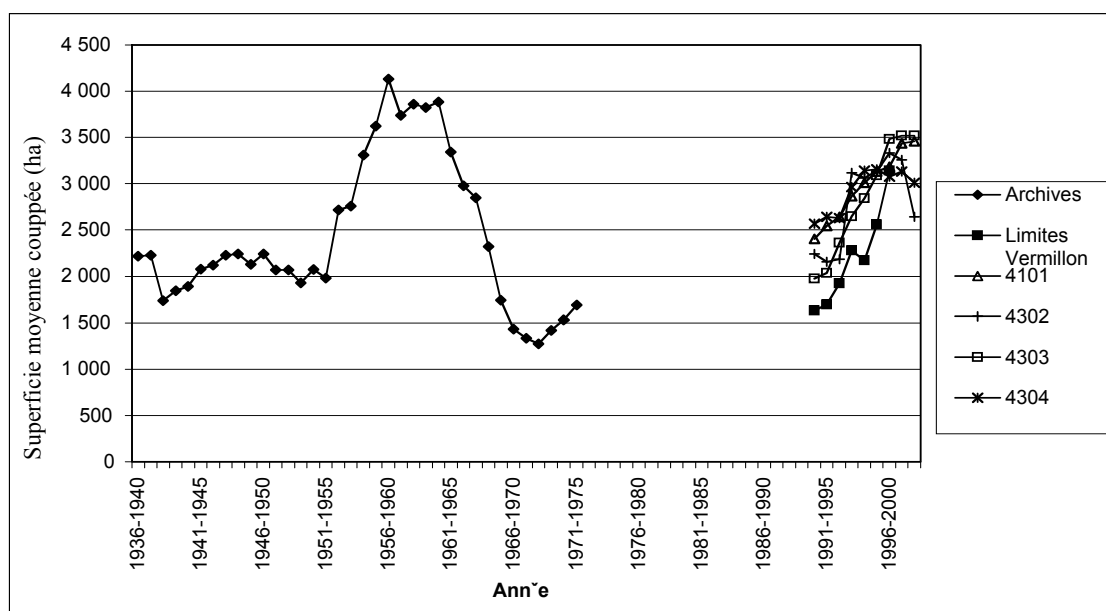


Figure 6. Volume (m³) moyen de bois à pâte (sapins, épinettes, pin gris) récolté selon une moyenne courante de 5 ans dans la concession Vermillon et pour la période 1990-2002 dans les quatre aires communes dans lesquelles elle fut subdivisée en 1986. Les valeurs associées aux aires communes ont été pondérées à la superficie productive de Vermillon en 1960.



a) Compilation annuelle



b) Moyenne courante par période de 5 ans.

Figure 7. Superficies (hectares) coupées dans les limites de la concession Vermillon et les quatre aires communes dans lesquelles elle a été subdivisée entre 1936 et 2002. a) Compilation annuelle
 b) Moyenne courante par période de 5 ans. Les valeurs associées aux aires communes ont été pondérées à la superficie productive de Vermillon en 1960.

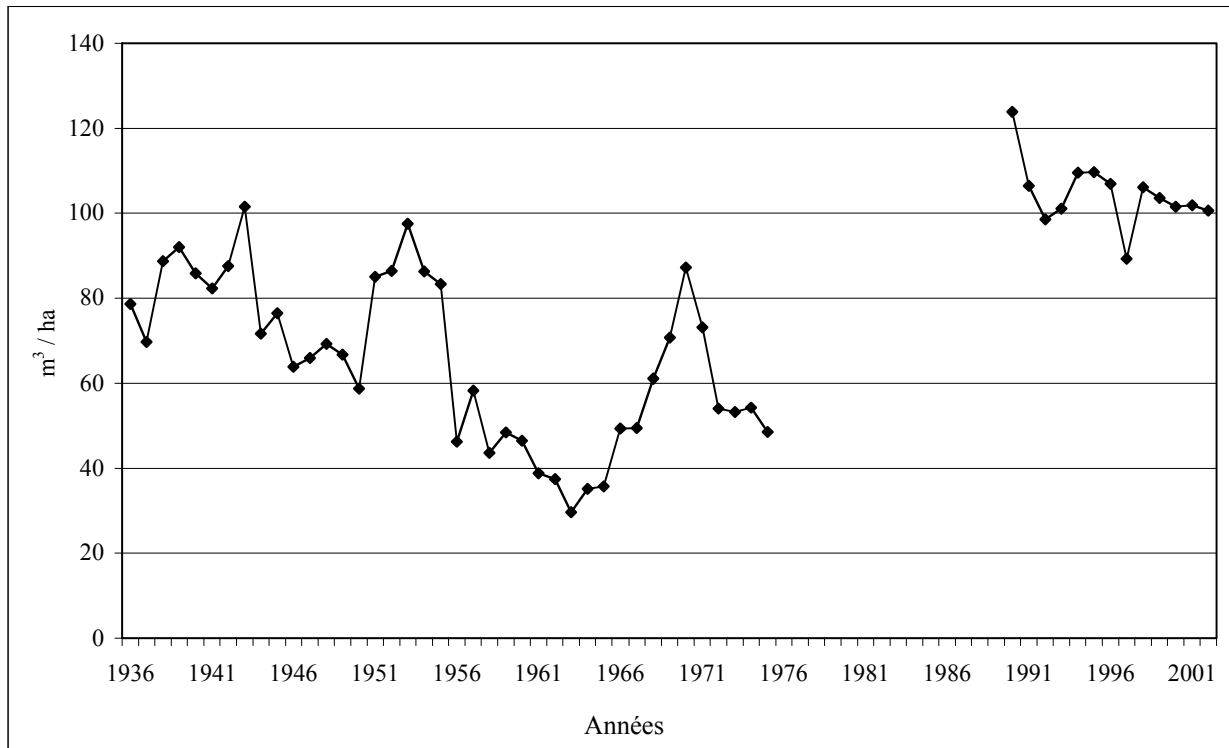


Figure 8. Volume (m³) de bois à pâte (sapins, épinettes, pin gris) récolté/hectare dans les limites de la concession Vermillon entre 1936 et 1976 et en moyenne entre 1990 et 2002 dans quatre aires communes incorporant des sections de la concession Vermillon.

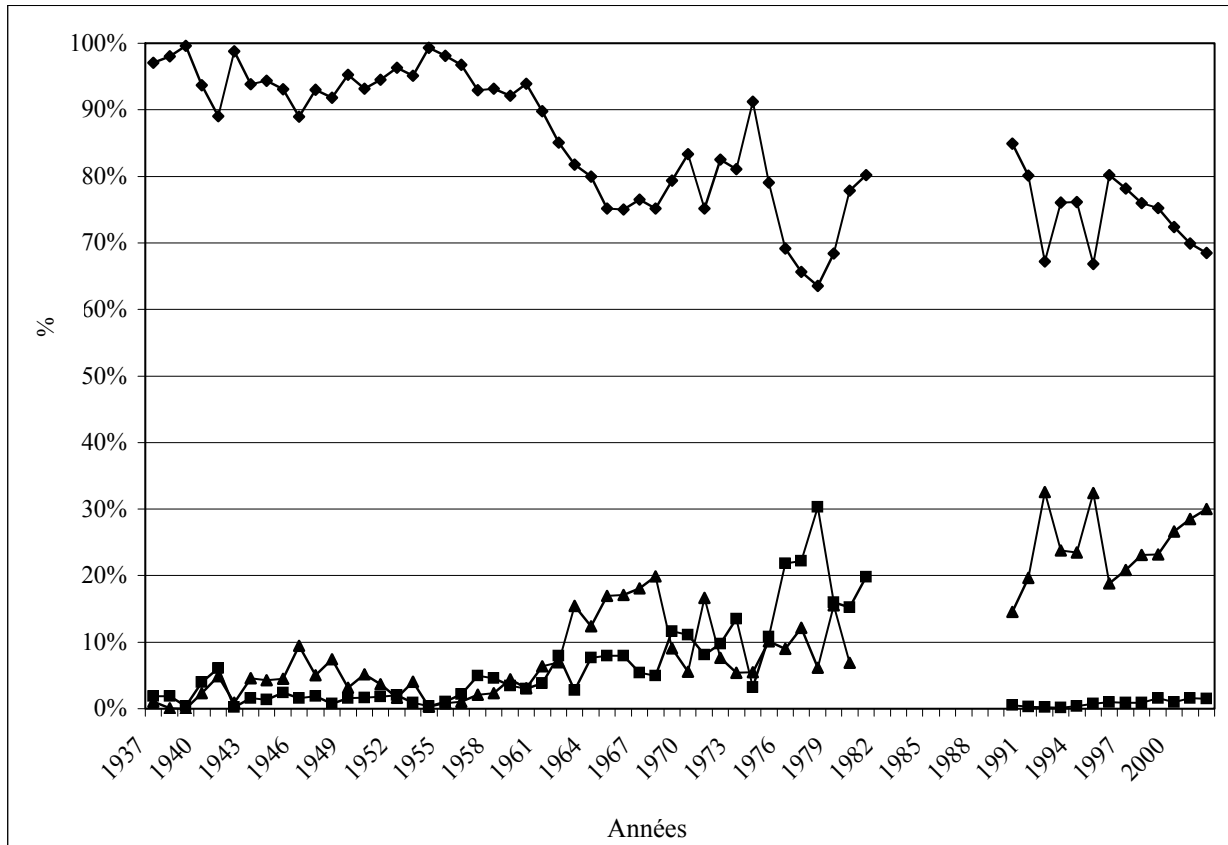
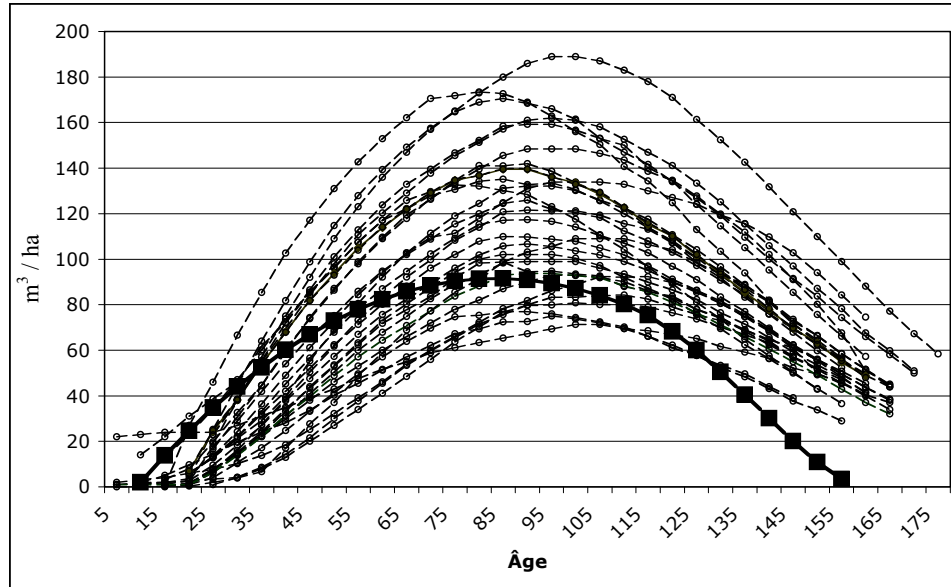
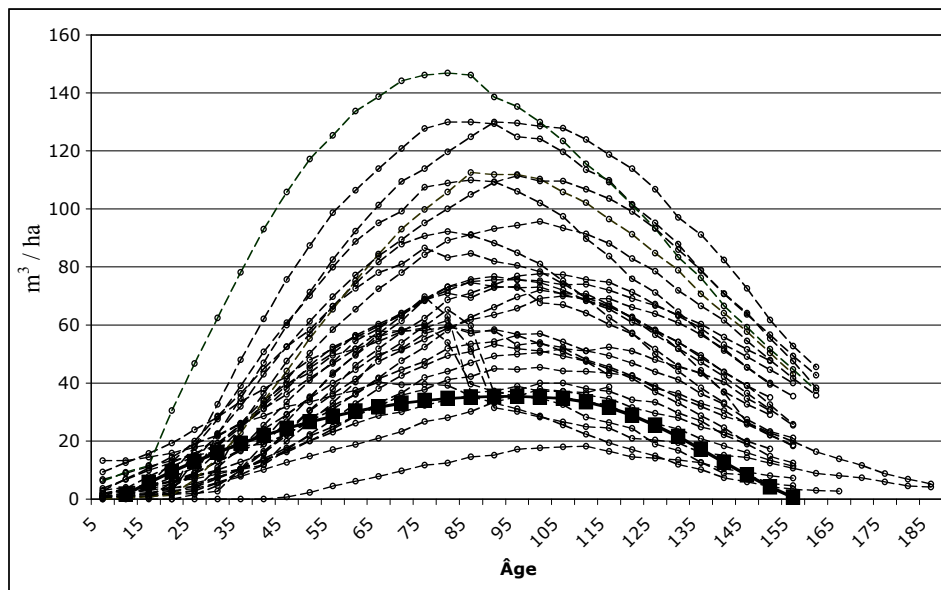


Figure 9. Évolution de la proportion coupée pour le produit pâte (sapins, épinettes, pin gris) (◆), autres produits résineux (■) et produits feuillus (▲) dans les limites de la concession Vermillon entre 1937-38 et 1968-69 et moyenne des volumes coupés entre 1990 et 2002 dans quatre aires communes incorporant des sections de la concession Vermillon.



a) Strates résineuses



b) Strates mélangées

Figure 10. Comparaison de courbes de rendement tirées du plan d'aménagement de Vermillon de 1960 et celles des hypothèses de courbes « actuelles » adaptées à l'unité d'aménagement forestier 43-52. Dans chacun des cas nous nous en sommes tenus au volume associé au produit « pâte » (SEPM).

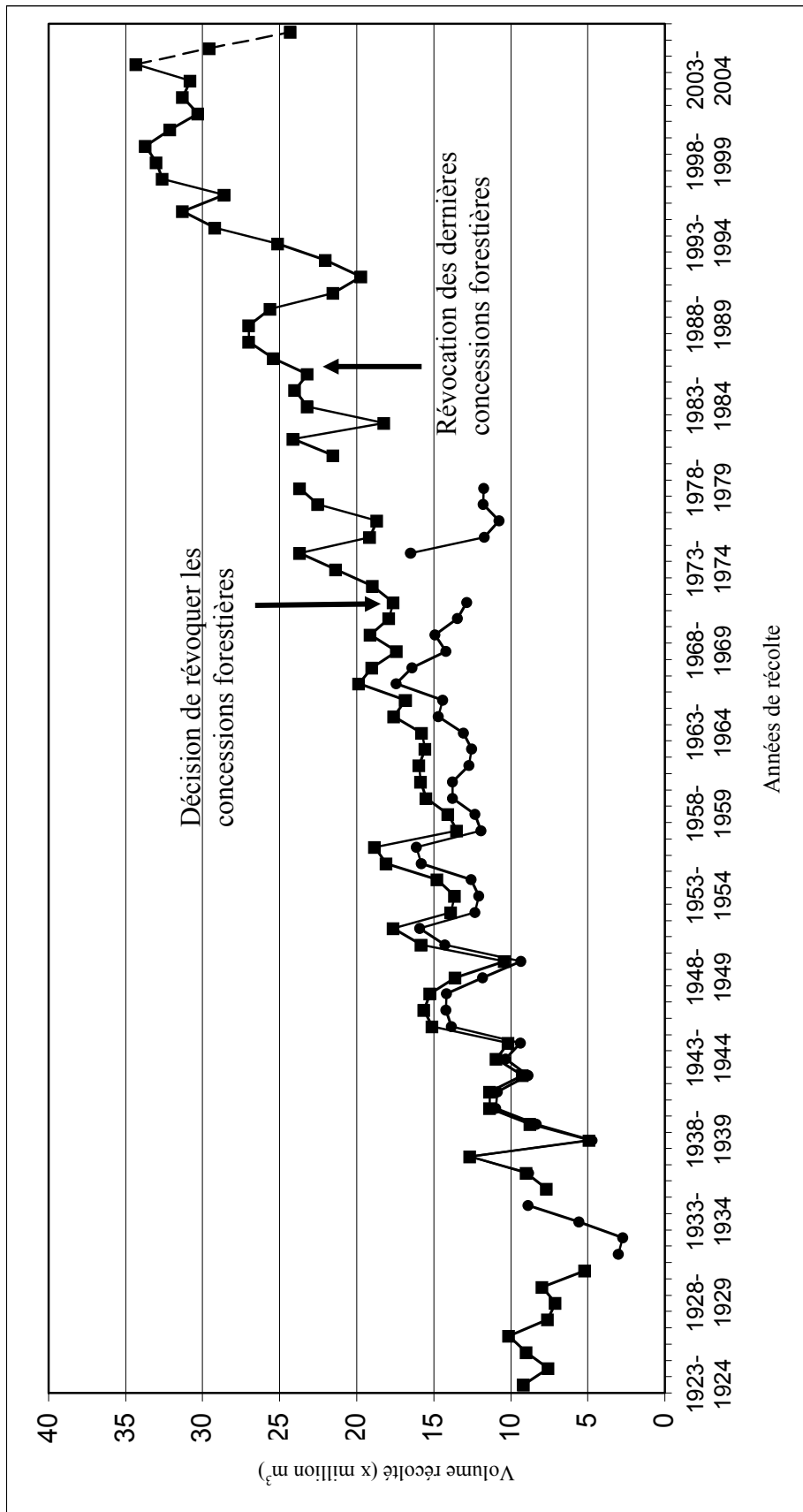


Figure 11. Évolution du volume total de bois récolté en forêt publique québécoise (—■—) et dans les concessions forestières (—●—) entre 1923 et 2007. (—■—) : données préliminaires.

Conclusion générale

Le portrait préindustriel de la forêt mélangée tempérée de la Mauricie était celui d'une forêt généralement dominée par le couvert mélangé, particulièrement avec des feuillus intolérants (bouleau blanc, peuplier faux-temple). Ce constat fut valable quelle que soit l'échelle de paysage considérée dans cette étude. Considérant aussi le fait que les principales essences résineuses étaient l'épinette noire et le pin gris, cette forêt présentait des caractéristiques de forêt boréale. Malgré la présence de grands feux occasionnels (1870 et 1923 pour ceux que nous avons pu recenser), la forêt préindustrielle était majoritairement mature ou surannée. Toutefois, sur la base d'indicateurs développés par Turner et al. (1993), la dynamique des feux de ce territoire avait créé des conditions où aucun des paysages étudiés n'était en situation d'équilibre (« *steady-state* »). Même en considérant une échelle de 4 169 km², nous sommes arrivés à une classification de paysage stable mais avec une très grande variabilité. En ce sens, l'appellation écologique « sapinière à bouleau jaune de l'ouest », telle qu'utilisée par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec (Gosselin et al. 2000), n'exprime pas la dynamique propre à ce territoire. Nous recommandons que des grands principes, basés sur les principales caractéristiques du portrait préindustriel, guident l'aménagement de cette forêt (Tableau 9, chapitre 1).

Dans notre territoire d'étude, et comme documenté dans certaines études (Weir et Johnson 1998; Boncina et al. 2003), l'influence la plus évidente de l'historique des coupes fut de se superposer à la dynamique naturelle. En particulier, elles ont accru l'effet d'enfeuillement par le biais des types forestiers mélangés à dominance de feuillus intolérants (FiR) (effet « additif »). Aussi, elles ont contribué à diminuer la proportion de pinèdes grises, un type forestier qui était destiné à diminuer en l'absence de grands feux depuis ceux de 1923 (effet « aggravant »).

Des effets négatifs, mais à durée limitée dans le temps (une vingtaine d'années cependant), ont été mis en évidence sur les autres types forestiers à dominance de résineux. Malgré une capacité de résilience, les pessières noires sont apparues les plus clairement affectées dans les paysages où l'abondance de coupes était parmi les plus importantes. C'est pourquoi nous recommandons de s'assurer de perpétuer les pessières noires après coupe.

Il est apparu qu'en 1996 la variabilité des différents types forestiers et types de couvert (résineux, mélangés, feuillus) montrait une tendance à la diminution comparativement aux conditions préindustrielles. Cela nous a amené à considérer que les coupes avaient pu avoir un effet d'homogénéisation du couvert. Cette possible altération est à bien documenter car le constat que nous avons posé s'est fait dans un contexte où, généralement, nous restions dans nos limites de variabilité préindustrielle. Un monitoring est d'autant plus nécessaire dans ce cas car, si la période 1923-1996 avait vu la forêt à l'étude plus affectée par les perturbations naturelles que les coupes (superficie couverte), le constat était inverse si on s'attardait seulement à la période 1957-1996. Si cette tendance devait se poursuivre, c'est une altération qui pourrait se confirmer ou prendre de l'ampleur.

Il a été aussi mis en évidence dans cette étude que l'échelle de perception avait une influence importante sur la variabilité des résultats. Il est essentiel que les stratégies d'aménagement soient adaptées à l'échelle du paysage à laquelle elles s'appliquent et qu'elles soient basées sur des études à cette échelle. Transposer des résultats d'une échelle à une autre peut entraîner de fausses perceptions (Meentemeyer 1989; Wu 1999).

Le fait d'avoir eu une longue perspective historique nous a permis de mettre en perspective les effets du changement de la politique forestière sur la récolte de la ressource ligneuse. Il est apparu très clairement que l'application de la politique forestière de 1986 a eu pour effet d'accentuer la récolte de bois quoique dans les conditions de l'étude on ne pouvait se prononcer si cela avait nui à la pérennité de la ressource bois. On a pu cependant constater que le long historique industriel du territoire n'avait pas nui à la capacité d'avoir une activité industrielle aujourd'hui. En fait, l'aménagement forestier de la part du concessionnaire Consolidated Paper Corporation Ltd (un ancêtre de l'actuelle AbitibiBowater Inc.) est apparu plus prudent que ce qui se réalise depuis l'application de la nouvelle politique. À tout le moins, sur une base de rendement soutenu, il y avait plus de marge de sécurité qu'aujourd'hui. La politique de 1986 a bâti la politique forestière sur de toutes nouvelles bases que celles des concessions. Un inconvénient fut que nous avons en très grande partie oublié le passé associé aux concessions forestières malgré le fait qu'une centaine d'années d'expérience avait été accumulée. Il serait judicieux de plus s'intéresser à ce qui se faisait à l'époque des concessions forestières pour en retirer ce qui en était le mieux et bonifier ainsi notre aménagement forestier actuel.

« Garder la mémoire de nos actions et leurs résultats » devrait être un leitmotiv dans notre aménagement forestier. Minimale, il conviendrait de garder en mémoire les informations, données, qui sont collectées à même les opérations régulières d'aménagement. Considérant qu'au moment où cette thèse est produite nous sommes à l'aube d'une nouvelle politique forestière qui va assurément changer profondément la façon d'aménager les forêts publiques du Québec, comme l'a fait la politique de 1986, le transfert des connaissances et des expériences acquises depuis l'avènement de cette politique devrait être un enjeu.

Il faudrait aussi apprendre à faire des bilans, des constats sur l'état de l'aménagement des forêts, sur la base de suivis sur du très long terme. La valeur de la mise en contexte que peut donner ce travail est potentiellement très riche pour un aménagement durable des forêts. À ce niveau, cette étude a non seulement permis de donner une plus longue perspective historique quant aux impacts de l'exploitation forestière dans la forêt mélangée de la Mauricie, elle a aussi permis de documenter certains aspects oubliés de l'aménagement forestier à l'époque des concessions. En ce sens, elle aura fait œuvre de mémoire.

Bibliographie

Boncina, A., Gaspersic, F., et Diacj, J. 2003. Long-term changes in tree species composition in the Dinaric mountain forests of Slovenia. *The Forestry Chronicle* **79**(2) : 227-232

Gaudreault, F., et St-Hilaire, D. 1983. L'évolution de la révocation des concessions forestières et les conséquences sur l'industrie forestière québécoise. Mémoire de fin d'étude. Université Laval, Ste-Foy (Québec). 98 pp

Gosselin, J., Grondin, P., et Saucier, J.-P. 2000. Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'ouest. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la gestion des stocks forestiers, 163 pp.

Hardy, R., et Séguin, N. 1984. Forêt et société en Mauricie: La formation de la région de Trois-Rivières 1830-1930. Boréal Express, Montréal. 222 pp

Hardy, R., et Séguin, N. 2004. Histoire de la Mauricie. Institut québécois de recherche sur la culture, Sainte-Foy. 1137 pp

Meentemeyer, V. 1989. Geographical perspectives of space, time, and scale. *Landscape Ecology* **3**(3/4) : 163-173

Ministère des Terres et Forêts du Québec. 1965. Exposé sur l'administration et la gestion des terres et forêts du Québec. 116 pp.

Ministère des Terres et Forêts du Québec. 1971. Exposé sur la politique forestière: prospective et problématique (tome 1): Prospective et problématique. Gouvernement du Québec, 279 pp.

Ministère des Terres et Forêts du Québec. 1972. Exposé sur la politique forestière: prospective et problématique (tome 2): Réforme et programme d'action. Gouvernement du Québec, 191 pp.

Paillé, G., et Deffrasnes, R. 1988. Le nouveau régime forestier du Québec. *The Forestry Chronicle* **64**(1) : 3-8

Royer, R., et Grondin, M. 1958. Management plan report for the Manouane management unit: Books I and III. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater Inc. Grand-Mere, Quebec, Canada. 200 pp.

Royer, R., et Grondin, M. 1960. Management plan report for the Vermillon management unit: Books I and III. Consolidated Paper Corporation Ltd. Source: AbitibiBowater Inc. Grand-Mere, Quebec, Canada. 210 pp.

Turner, M. G., Romme, W. H., Gardner, R. H., O'Neill, R. V., et Kratz, T. K. 1993. A revised concept of landscape equilibrium: Disturbances and stability on scaled landscapes. *Landscape Ecology* **8**(3) : 213-227 <http://www.springerlink.com/index/XV13970522540Q36.pdf>

Weir, J. M. H., et Johnson, E. A. 1998. Effects of escaped settlement fires and logging of forest composition in the mixedwood boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research* **28**(3) : 459-467

Wu, J. 1999. Hierarchy and scaling: Extrapolating information along a scaling ladder. *Canadian Journal of Remote Sensing* **25**(4) : 367-380