

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

**RECONSTITUTION DE LA COMPOSITION DES FORÊTS
PRÉINDUSTRIELLES DU SUD-EST DU QUÉBEC À PARTIR DES ARCHIVES
D'ARPENTAGE (1846-1949)**

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ À

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI

Comme exigence partielle du programme de maîtrise

en gestion de la faune et de ses habitats

PAR

SÉBASTIEN DUPUIS

JUIN 2009

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À RIMOUSKI
Service de la bibliothèque

Avertissement

La diffusion de ce mémoire ou de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire « *Autorisation de reproduire et de diffuser un rapport, un mémoire ou une thèse* ». En signant ce formulaire, l'auteur concède à l'Université du Québec à Rimouski une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de son travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, l'auteur autorise l'Université du Québec à Rimouski à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de son travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits moraux ni à ses droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, l'auteur conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont il possède un exemplaire.

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur de recherche, Dominique Arseneault, pour sa disponibilité et sa patience, ainsi que mon codirecteur Luc Sirois. Je remercie également mes collègues et amis qui, par leur amitié et leur personnalité, ont fait de ma maîtrise un projet amusant rempli de souvenirs heureux. Il s'agit de Gabriel PEB Fortin, de l'Artiste André Henri de Römer, de l'étudiante la plus talentueuse : Raphaële Terrail, et du bon vieux Ben Dy. Messieurs de Römer et Fortin ainsi que Bénédicte Rivière et Mariane Fradette ont été d'un support particulier puisqu'ils ont contribué à l'entrée et à la numérisation des données avec une minutie exemplaire. Merci!

En dehors du laboratoire de dendrochronologie, si cela se peut, je remercie Alain Caron pour sa disponibilité et ses conseils pratiques concernant ArcGIS et les statistiques. Merci aussi à Marie-Josée Fortin pour ses conseils en statistiques. Je remercie Jean-Sébastien Savard pour son soutien technique et houblonné au début de ma maîtrise. Cet homme est un génie et un grand buveur de bière.

Plusieurs autres personnes ont contribué indirectement à la réussite de ce projet. Je voudrais souligner la présence essentielle de mes compagnons de musique au cours de ma maîtrise, j'ai nommé Frédéric Lapointe, Cylia Themens et Richard Vézina. J'ai aussi eu le support moral de ma famille et de mes amis, et tout spécialement celui de ma copine Mariane qui a su comprendre ce qui m'arrivait! Elle qui comprend tout.

RÉSUMÉ

Les pratiques forestières industrielles du XX^e siècle ont occasionné des changements importants dans la dynamique, la composition et la structure des forêts du nord-est de l'Amérique du Nord. Dans la région du Bas-Saint-Laurent au Québec (Canada), la rareté des forêts naturelles nous oblige à nous tourner vers des données historiques afin de reconstituer les forêts préindustrielles. Nous avons utilisé les informations contenues dans les archives d'arpentage pour la période 1846-1949 afin de reconstituer la composition des forêts du Bas-Saint-Laurent sur une superficie de 4900km². Les données utilisées sont des descriptions de la forêt sous forme d'énumérations d'espèces, et sont localisées avec précision le long des lignes arpentées. Basés sur la fréquence d'observation des espèces d'arbres et leurs positions dans les énumérations, les résultats montrent que les forêts préindustrielles étaient dominées par les conifères. Le thuya occidental (*Thuja occidentalis* L.), le sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.) et les épinettes (*Picea* spp.) étaient respectivement notés dans la position #1 (dominant) dans 32,7%, 21,9%, et 16,8% des énumérations. Les espèces feuillues étaient moins fréquentes et moins dominantes que les conifères. Les érables, surtout l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.), étaient plus dominants vers les hautes altitudes. Les pins (*Pinus* spp.) et les peupliers (*Populus* spp.) étaient rares. La comparaison avec les inventaires forestiers de 1980-2009 montrent un accroissement des espèces feuillues au détriment des conifères depuis l'époque préindustrielle. Les peupliers, les érables, et le bouleau à papier sont beaucoup plus fréquents aujourd'hui, et leur dominance a augmenté de 15,9%, 9,4%, et 3,7% respectivement. Le thuya est l'espèce qui a subi la plus grande baisse de dominance avec 18%, alors que la dominance des épinettes et du sapin a diminué de 6,4% et 2,1% respectivement. Ces écarts entre la forêt préindustrielle et l'actuelle sont attribuables aux coupes et probablement à l'augmentation de la fréquence des feux anthropiques au XX^e siècle. Ces résultats ont des implications directes pour le développement de nouvelles pratiques sylvicoles, comme l'aménagement écosystémique, basé sur les conditions naturelles des forêts. L'utilisation des archives d'arpentage pour reconstituer la composition des forêts préindustrielles présente des biais potentiels qui doivent être évalués. Dans cette étude, le biais de représentativité des taxons dans les observations décrivant uniquement le type de couvert forestier (ex. « bois franc ») a été évalué et semble faible. Une étude méthodologique complémentaire serait nécessaire afin d'évaluer d'autres biais potentiels, notamment concernant l'hétérogénéité entre les arpenteurs dans la manière de décrire la forêt, et de l'influence que cela peut avoir sur la reconstitution des forêts à partir des archives d'arpentage.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	ii
RÉSUMÉ	iii
TABLE DES MATIÈRES	iv
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	vi

CHAPITRE I

INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
Problématique	1
Méthodes de reconstitution de la végétation	2
Archives d'arpentage	5
Archives d'arpentage dans l'Est du Canada	10
Limites des archives d'arpentage	11
Exploitation forestière au Bas-Saint-Laurent	11
Objectifs	14

CHAPITRE II

RECONSTITUTION DE LA COMPOSITION DES FORÊTS PRÉINDUSTRIELLES DU SUD-EST DU QUÉBEC À PARTIR DES ARCHIVES D'ARPEMENTAGE (1846-1949)	15
INTRODUCTION	15
RÉGION D'ÉTUDE	18
MÉTHODES	22
ANALYSES	30
RÉSULTATS	36
DISCUSSION	50
CONCLUSION	65

CHAPITRE III

CONCLUSION GÉNÉRALE	67
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	69
ANNEXE 1	84

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1.** Observations de perturbations, de couverts forestiers et d'énumérations de taxons compilées à partir de 91 relevés d'arpentage et réparties selon qu'elles sont linéaires ou ponctuelles pour les XIX^e et XX^e siècles. ----- 37
- Tableau 2.** Fréquences des taxons pour l'ensemble des observations et selon les positions #1 à 4 dans les énumérations des arpenteurs et dans les inventaires forestiers modernes. ----- 41
- Tableau 3.** Cooccurrence entre les taxons notés dans la position #1 et ceux notés dans les positions suivantes. ----- 43
- Tableau 4.** Compilation des observations d'arpentage comportant à la fois un type de couvert forestier et une énumération de taxons. ----- 60
- Tableau 5.** Estimation de la contribution des observations de couvert forestier aux pourcentages de fréquence et de dominance du tableau 2. ----- 61

LISTES DES FIGURES

- Figure 1.** Localisation de la région d'étude dans le nord-est de l'Amérique du Nord (A) et les 26 cantons à l'étude, les seigneuries, et les zones de végétation de la province de Québec (Canada) (B).----- 19
- Figure 2a.** Relevé d'arpentage du canton Macpès par l'arpenteur J. A. Côté, 1894. ----- 24
- Figure 2b.** Relevé d'arpentage du canton Escourt par l'arpenteur D. W. Mill, 1909. ----- 25
- Figure 2c.** Relevé d'arpentage du canton Duquesne par l'arpenteur G. Garon, 1881. ----- 26
- Figure 3.** Illustration, à partir de données fictives, des deux règles utilisées pour construire les recouvrements linéaires. ----- 28
- Figure 4.** Recouvrement linéaire total des observations de composition forestière pour les périodes 1846-1900 (A) et 1901-1949 (B).----- 38
- Figure 5.** Évolution des perturbations, exprimée en pourcentage du recouvrement linéaire total par tranche de cinq ans. ----- 39

- Figure 6.** Distribution de fréquences de la position dans les énumérations pour les principaux taxons.-----42
- Figure 7.** Distribution des principaux taxons dans 157 cellules de 25km² en fonction de A : leur fréquence, B : leur dominance. -----45-46
- Figure 8.** Distribution de la fréquence et de la dominance des principaux taxons en fonction de l'altitude.-----47
- Figure 9.** Nombre de taxons notés par énumération comparé entre l'ensemble des observations des arpenteurs (1846-1949) et les inventaires de 1980-2009. -----64

CHAPITRE I

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Problématique

Au cours des derniers siècles, les progrès techniques et l'accroissement rapide de la population mondiale ont occasionné une augmentation importante de la pression anthropique sur les écosystèmes à l'échelle planétaire (Vitousek et Mooney, 1997; Crutzen et Steffen, 2003). En particulier, on constate que les activités humaines du XX^e siècle ont engendré des transformations majeures dans les écosystèmes forestiers du nord-est de l'Amérique du Nord. La coupe de bois pour l'industrie forestière, le déboisement à des fins agricoles et la suppression ou l'augmentation de la fréquence des feux ont modifié le régime naturel de perturbations, la composition et la structure des forêts (Bouchard et Domon, 1997; Fuller *et al.*, 1998; Lorimer, 2001; Abrams, 2003). Aujourd'hui, les paysages forestiers sont jeunes, fragmentés par l'agriculture et l'urbanisation, et fortement dominés par des espèces de début de succession (Mladenoff *et al.*, 1993; Whitney, 1994; Foster *et al.*, 1998; Schulte *et al.*, 2007), de sorte que les forêts non perturbées par l'homme sont maintenant très rares dans plusieurs régions.

Les forêts préindustrielles (XVIII^e et XIX^e siècles) représentent un état de référence qui peut être reconstitué afin d'évaluer les impacts des activités humaines. Des données sur la composition, la structure et la dynamique de ces forêts pourraient guider le développement de pratiques sylvicoles qui s'inspirent des conditions naturelles des écosystèmes forestiers, comme l'aménagement écosystémique, compatibles avec des objectifs de développement

durable et de maintien de la biodiversité (Attiwill, 1994; Burton *et al.*, 2003; Lindenmayer et Franklin, 2003). Les écarts de composition entre la forêt préindustrielle et l'actuelle peuvent également aider à définir des enjeux de conservation et de restauration (Bolliger *et al.*, 2004). Dans le nord-est de l'Amérique du Nord, les archives des premiers arpentages ont permis de reconstituer la composition des forêts préindustrielles sur de vastes territoires et de préciser les changements survenus depuis la colonisation (Whitney, 1994; Cogbill *et al.*, 2002). Les observations des premiers arpenteurs ont également aidé à décrire les régimes de perturbations naturelles dans les paysages préindustriels du nord-est des États-Unis (Lorimer, 1977; Zhang *et al.*, 1999; Schulte et Mladenoff, 2005). Considérant l'intérêt de telles données, il est surprenant que les archives d'arpentage disponibles au Québec n'aient pas encore été utilisées, compte tenu que la colonisation et l'exploitation forestière semblent avoir eu un impact très important sur la composition des forêts (Boucher *et al.*, 2006; Boucher *et al.*, 2009). Ce projet vise justement à utiliser les archives d'arpentage afin de reconstituer la composition des forêts préindustrielles de la région du Bas-Saint-Laurent au Québec.

Méthodes de reconstitution de la végétation

Les informations contenues dans les archives d'arpentage s'ajoutent à celles fournies par plusieurs autres méthodes de reconstitution des forêts. Chacune de ces méthodes possède des avantages et des inconvénients qui relèvent principalement du type de données employé. Les précisions écologique, spatiale, et temporelle diffèrent entre les méthodes.

L'examen des grains de pollen et des charbons contenus dans les couches de sédiments permet généralement de retracer la composition des forêts à de grandes échelles spatiales et temporelles. Par exemple, à l'échelle de la Nouvelle-Angleterre, les assemblages de pollen ont montré que la composition des forêts a été relativement stable d'un siècle à l'autre au cours du dernier millénaire et fortement influencée par le climat, l'élévation et les feux (Foster *et al.*, 1998; Fuller *et al.*, 1998; Russell et Davis, 2001). D'autres études ont également montré que l'établissement des européens a coïncidé avec l'augmentation de la fréquence des feux, favorisant des essences comme le chêne blanc (*Quercus alba* L.), les bouleaux (*Betula* spp.) et les pins (*Pinus* spp.), au détriment d'espèces comme la pruche (*Tsuga canadensis* (L.)) et le hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh.) (Russell *et al.*, 1993; Fuller *et al.*, 1998; Russell et Davis, 2001; Parshall et Foster, 2002). Des études palynologiques ont aussi été menées à l'échelle des peuplements à partir de dépressions humides ou d'humus (McLachlan *et al.*, 2000). Toutefois, qu'elles soient à l'échelle locale ou régionale, les études palynologiques ne sont pas spatialement explicites et peuvent difficilement nous renseigner sur la structure des peuplements ou des paysages, ni sur la relation entre les composantes physiques du territoire et la végétation.

À une échelle plus fine que la palynologie, la dendrochronologie permet d'évaluer l'effet des perturbations sur le développement des peuplements forestiers. Par exemple, dans l'État de la Virginie, l'utilisation de la dendrochronologie a permis de montrer des différences dans les dates d'établissement des arbres d'un vieux peuplement, suggérant que des perturbations naturelles causant de petites ouvertures dans la canopée soient à l'origine de cette forêt inéquienne (Abrams *et al.*, 1995). Les chronologies de feux obtenus par

l'examen des cernes annuels de croissance ont aussi permis de relier l'augmentation de la fréquence des feux et leur suppression avec la densité de population coloniale et les changements de composition des forêts (Abrams *et al.*, 1995; Shumway *et al.*, 2001; Guyette et Spetich, 2003). Les études dendrochronologiques ne permettent toutefois pas de reconstituer l'abondance des espèces ni l'arrangement spatial de celles-ci en dehors des vieux peuplements naturels étudiés. De plus, les vieux peuplements permettant de longues reconstitutions sont rares et ne sont probablement pas représentatifs des forêts de l'époque préindustrielle pour différentes raisons, dont leur superficie trop petite et leurs caractéristiques possiblement atypiques à cause de leur inaccessibilité pour la coupe forestière.

Les cartes forestières construites à partir de photographies aériennes permettent d'évaluer les changements dans la composition et la structure des forêts perturbées par l'homme (Mladenoff *et al.*, 1993; Kennedy et Spies, 2004). Par exemple, la comparaison de cartes récentes avec d'autres du début du XX^e siècle a montré qu'une forte proportion des peuplements forestiers préindustriels de secteurs du Bas-Saint-Laurent et du Nouveau Brunswick est passée d'un couvert coniférien à un couvert mixte ou feuillu en raison des coupes répétées (Etheridge *et al.*, 2005; Boucher *et al.*, 2006). Cependant, cette source de données est quasiment exclusive au XX^e siècle au Québec, alors que des coupes industrielles avaient déjà été pratiquées. De plus, ces cartes indiquent généralement les types de couverts forestiers (résineux, mixte, ou feuillu) et contiennent peu d'informations sur la composition en espèces.

Les actes notariés de vente de bois peuvent fournir de l'information précise sur l'abondance des espèces d'arbres dans les paysages forestiers préindustriels. Dans la région agricole du Haut-Saint-Laurent, au Québec, les fluctuations dans la quantité de bois vendu et le prix de chaque espèce d'arbre montrent que le pin blanc, l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.), le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton.) et le hêtre étaient les espèces les plus abondantes au début du XIX^e siècle (Simard et Bouchard, 1996). La comparaison des actes notariés avec la composition actuelle des forêts indique une hausse de l'abondance de l'érable à sucre et une baisse importante du hêtre et du bouleau jaune sur les sites mésiques (Brisson et Bouchard, 2003). Toutefois, les actes notariés rapportant la vente de bois sont des documents relativement rares, possiblement influencés par la valeur commerciale du bois, et peuvent difficilement rendre compte de la répartition spatiale des espèces d'arbres dans les forêts, ce qui restreint leurs utilisations.

Archives d'arpentage

Les notes des premiers arpenteurs ont été fréquemment analysées pour reconstituer la forêt précoloniale et les changements de composition survenus dans l'Est de l'Amérique du Nord (Whitney, 1994; Wang, 2005). Au États-Unis, les premiers arpentages sont appelés *metes and bounds surveys* et divisaient le territoire en lots de formes irrégulières avec des repères naturels (arbres, roches, etc.). Le manque de constance dans l'utilisation des arbres-repères et l'irrégularité dans la division des lots rendent ces relevés difficiles à utiliser (Whitney et DeCant, 2001).

Suite à un décret, en 1785, la division des terres du Midwest et du Nord-Est des États-Unis a été régie par un système public appelé *General Land Office (GLO)*, et consistait en une division rectangulaire systématique des terres publiques en cantons de 36 miles² (= 57.93 km²), fractionnés en 36 subdivisions de 1 mile² (1.6 km x 1.6 km). Des poteaux étaient érigés à tous les miles et demi-miles et un nombre variable d'arbres étaient marqués, mesurés et identifiés pour en témoigner (i.e. *witness tree*). Les *witness trees* pour lesquels la distance au poteau et l'azimut par rapport au tracé de l'arpenteur étaient notés sont connus sous le nom de *bearing trees* (Whitney et DeCant, 2001). Les arpenteurs décrivaient et cartographiaient aussi la végétation, les sols et l'occurrence des feux et des chablis le long des lignes d'arpentage afin d'identifier les meilleures terres disponibles pour la colonisation (Whitney, 1994).

Un système privé rectangulaire similaire au *GLO* a également été employé pour diviser plusieurs cantons. Les différences avec le *GLO* sont principalement la taille irrégulière des lots et un arpentage localisé exclusivement le long des limites extérieures des cantons (Wang, 2005). De plus, comme les poteaux étaient érigés uniquement à la jonction des lignes d'arpentage (environ au mile), la résolution d'échantillonnage varie de 1.5 à 3 arbres/km² alors qu'elle est généralement de 5 arbres/km² pour le *GLO*. Moins employé que le *GLO*, on retrouve ce mode de division notamment dans l'état de New York, en Ohio et en Pennsylvanie (Wang, 2005).

Ces archives d'arpentage confèrent aujourd'hui de l'information pertinente sur l'abondance et la distribution des espèces d'arbres sur un vaste territoire des forêts états-uniennes à l'époque préindustrielle. Il arrive même que les inventaires forestiers modernes

soient d'une qualité et d'une résolution moindre que les données d'arpentage (Foster, 2002). Un grand nombre d'études ont eu recours aux archives d'arpentage afin de reconstituer la végétation et la dynamique naturelle des forêts préindustrielles dans plusieurs États du nord-est des États-Unis, dont le Vermont (Siccama, 1971), le Maine (Lorimer, 1977), le Massachusetts (Hall *et al.*, 2002), le Minnesota (Friedman et Reich, 2005), le Michigan, l'Ohio (Dyer, 2001), et le Wisconsin (Radeloff *et al.*, 1999; Schulte et Mladenoff, 2005). Dans une étude utilisant les archives d'arpentage de terres privées, Cogbill *et al.* (2002) ont retracé la composition et la répartition spatiale des forêts préindustrielles de l'ensemble de la Nouvelle-Angleterre.

Les archives d'arpentage ont surtout été utilisées pour décrire la composition et la structure des forêts préindustrielles à grande échelle spatiale. En Nouvelle-Angleterre, par exemple, les données montrent un gradient de végétation dominé au nord par les érables (*Acer spp.*), le hêtre, la pruche, les bouleaux et les épinettes (*Picea spp.*) (Siccama, 1971; Cogbill *et al.*, 2002), avec également des associations épinette-sapin-thuya (*Thuja occidentalis* L.)-feuillus dans le Nord-est du Maine (Lorimer, 1977), alors que vers les états du sud et de l'ouest, les chênes (*Quercus spp.*), les châtaigniers (*Castanea dentata* (Marsh.) Borkh.), les pins et les caryers (*Carya spp.*) devenaient de plus en plus abondants (Bürgi *et al.*, 2000; Dyer, 2001; Cogbill *et al.*, 2002; Hall *et al.*, 2002). Les archives d'arpentages des régions du sud de la forêt boréale au Minnesota et au centre-sud de l'Ontario indiquent l'abondance des épinettes, des sapins baumiers, des thuyas, des pins, des peupliers (*Populus spp.*) et des bouleaux à papier au moment de la colonisation (Jackson *et al.*, 2000; Friedman et Reich, 2005), alors qu'au Michigan la végétation était similaire à celle du nord

de la Nouvelle-Angleterre, avec la présence de vieilles forêts dominées par la pruche, l'érable à sucre, le bouleau jaune et le hêtre (White et Mladenoff, 1994; Zhang *et al.*, 2000a).

Des comparaisons entre les archives d'arpentage et les inventaires forestiers modernes ont permis de quantifier les changements que les paysages forestiers ont subis depuis la colonisation. Par exemple, ces comparaisons montrent un accroissement généralisé de l'abondance de l'érable à sucre, de l'érable rouge (*Acer rubrum* L.) et des bouleaux, ainsi qu'une baisse importante du hêtre (Siccama, 1971; Abrams, 1998; Bürgi *et al.*, 2000; Dyer, 2001; Cogbill *et al.*, 2002; Leadbitter *et al.*, 2002). D'autres études au sud de la forêt boréale montrent une augmentation considérable de l'abondance des peupliers faux-trembles (*Populus tremuloides* Michx), alors qu'une forte baisse a été signalée pour les espèces tolérantes au feu comme les pins et les conifères de milieu et de fin de succession comme le mélèze (*Larix laricina* (du Roi) K. Koch), la pruche, le sapin baumier et le thuya (White et Mladenoff, 1994; Radeloff *et al.*, 1999; Jackson *et al.*, 2000; Zhang *et al.*, 2000a; Leadbitter *et al.*, 2002; Leahy et Pregitzer, 2003; Friedman et Reich, 2005).

La localisation précise des arbres (*witness trees* et *bearing trees*) a également permis de mettre en relation la fréquence des taxons avec les caractéristiques physiques des sites. Les principales variables ayant été employées sont la position topographique, le drainage des sols, la texture des sols, la géologie et l'altitude (Siccama, 1971; Abrams et McCay, 1996; Black et Abrams, 2001; Dyer, 2001; Whitney et DeCant, 2001; Leahy et Pregitzer, 2003). Par exemple, une étude a montré que la topographie était le principal facteur contrôlant la répartition des espèces dans le sud-est de l'Ohio (Dyer, 2001). Au

Massachusetts, une étude suggère que le climat, la physiographie et la géologie avait une grande incidence sur la distribution de la végétation à l'échelle régionale, alors qu'aujourd'hui les différentes utilisations du territoire (agriculture, pâturage, coupe, etc.) influencent davantage la composition moderne des peuplements à l'échelle locale (Hall *et al.*, 2002). Ces travaux montrent que les transformations des paysages forestiers dépendent non seulement des perturbations anthropiques et naturelles qu'ils ont subies, mais également des caractéristiques édaphiques et géomorphologiques des sites ainsi que de l'écologie des espèces (White et Mladenoff, 1994).

Les archives d'arpentage ont aussi permis de retracer les perturbations naturelles affectant les forêts préindustrielles. Les feux, chablis, et autres événements rapportés par les arpenteurs ont permis d'estimer les périodes de rotation de ces perturbations. Par exemple, une étude suggère que les peuplements forestiers préindustriels du Nord-est du Maine étaient gouvernés par un régime naturel de perturbations par trouées, où les périodes de rotation des feux et des chablis étaient respectivement de 800 et 1150 ans (Lorimer, 1977). Dans le nord du Michigan, les feux se produisaient plus fréquemment sur les versants sud et en hauteur (période de rotation de 480 ans), alors que les chablis (541 ans) augmentaient avec l'altitude et le degré de la pente (Zhang *et al.*, 1999). Des périodes de rotation très différentes, soit entre 450 et 10 500 ans pour les chablis et entre 700 et 93 000 ans pour les feux ont aussi été signalées dans le nord du Wisconsin (Schulte et Mladenoff, 2005). Ces différences sont surprenantes puisqu'il s'agit de régions rapprochées et que les deux études ont utilisé des archives d'arpentage qui se chevauchent dans le temps. Toutefois, les observations des arpenteurs ne fournissent de l'information que pour le moment de

l'arpentage, sans intégrer la variabilité temporelle de l'occurrence des perturbations (Zhang *et al.*, 1999).

Travaux d'arpentage dans l'est du Canada

C'est à partir de la fin du XVIII^e siècle, suite à la révolution américaine, qu'une partie des terres publiques du Québec et de l'Ontario a été divisée en cantons en vue de l'établissement des loyalistes venus des colonies américaines. Ce mode de concession a été adopté officiellement en 1791, suite à l'acquisition britannique de la Nouvelle-France par le Traité de Paris, en 1763, et c'est en 1796 que le premier canton a été proclamé au Québec. Aujourd'hui, même si les seigneuries témoignant du régime français dominent les abords du fleuve Saint-Laurent, les cantons occupent beaucoup plus de superficie et, bien qu'ils ne soient pas tous entièrement divisés, on en retrouve jusqu'au nord du 52^e parallèle sur le territoire québécois.

Au Québec et en Ontario, les relevés d'arpentage ne contiennent habituellement pas de *witness trees* ou de *bearing trees*, mais plutôt des descriptions en continu des forêts rencontrées le long des lignes arpentées. Bien que les archives d'arpentage du Canada aient déjà permis de décrire les forêts préindustrielles de quelques secteurs de l'Ontario (Gentilcore et Donkin, 1973; Clarke et Finnegan, 1984; Jackson *et al.*, 2000; Leadbitter *et al.*, 2002; Pinto *et al.*, 2008), du Nouveau-Brunswick (Lutz, 1997; Crossland, 2006; Aubé, 2008), et de la Nouvelle-Écosse (Blackadar, 2002), aucune étude n'a encore été réalisée au Québec.

Limites des archives d'arpentage

Même si les archives d'arpentage contiennent des données pertinentes sur la composition des forêts préindustrielles, ces travaux n'avaient pas pour but premier de décrire la végétation, mais bien de diviser le territoire et d'identifier les meilleures terres pour la colonisation (MRNFQ, 1982). La qualité des informations que ces archives renferment réside dans les efforts que chaque arpenteur a mis afin de décrire les forêts, mais aussi dans leur propre perception de la forêt (Gentilcore et Donkin, 1973). Par exemple, les arbres sont parfois désignés par les genres seulement et certains régionalismes utilisés à cette époque ne le sont plus aujourd'hui, ce qui peut rendre difficile l'identification des espèces (Edmonds, 2001). D'autres facteurs ont pu affecter la qualité des observations, comme les arpentages pratiqués en hiver, qui ont dû compliquer l'identification des espèces décidues. La végétation décrite dans les relevés d'arpentage représente un cliché relativement fidèle d'un court moment dans l'histoire des paysages forestiers préindustrielles, ce qui ne permet pas de reconnaître l'influence du climat (ex.: le Petit Âge Glaciaire), de la fréquence variable des perturbations, et des populations humaines autochtones sur les forêts (Day, 1953). Malgré tout, les archives d'arpentage sont considérées comme la meilleure source d'information disponible sur la composition et la répartition spatiale des forêts préindustrielles en Amérique du Nord (Whitney, 1994).

Exploitation forestière au Bas-Saint-Laurent

Dans la région du Bas-Saint-Laurent (ci-après BSL), c'est à compter du XIX^e siècle (*circa* 1820) que les coupes sélectives et le marché du bois de valeur débutent. Des actes

notariés de 1829 et 1830 indiquent la signature de nombreux contrats entre des cultivateurs et des marchands de bois, dont la compagnie de William Price. Les contrats concernent principalement la coupe et la livraison de billots de pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.), de pin blanc (*Pinus strobus* L.), d'épinettes et de bouleau jaune le long des rivières. Une étude dendrochronologique sur les bois dravés enfouis dans la rivière Rimouski a montré le même portrait concernant les espèces de bois coupées au début de l'exploitation forestière au BSL (Boucher, 2008).

Ce n'est qu'au début du XX^e siècle qu'a débuté l'exploitation forestière industrielle, notamment avec l'ouverture, par la compagnie Price, d'une grande scierie (1900) et d'un moulin à papier (1903) à l'embouchure de la rivière Rimouski. Suite au ralentissement en raison de la crise économique des années 1930, les forêts du BSL ont subies une pression anthropique accrue, à cause de la mécanisation de l'industrie et la demande croissante des usines de pâtes et papiers (Paradis, 1995). À ce moment, les usines de bois de sciage du BSL étaient les plus importantes dans l'Est du Canada (Fortin *et al.*, 1993).

L'essor de l'industrie dans les années 1900 marque aussi le début de la surexploitation des forêts du BSL. Déjà, en 1922, un rapport de l'école de foresterie d'Oxford (Hiley, 1922) prévient la compagnie de Price que ses mauvaises pratiques sylvicoles mèneront les forêts vers un appauvrissement en bois de valeur (pin blanc et épinette blanche) et à un enfeuillement graduel. Dans le même élan, l'inventaire des ressources forestières de 1938 du Ministère et des Terres et Forêts indique que les compagnies prélèvent annuellement 274% de la possibilité forestière de bois de sciage de conifères dans le comté de Rimouski (Guay, 1942).

À partir de la deuxième moitié du XX^e siècle, les coupes totales deviennent répandues à l'échelle régionale. Ces coupes ont offert les conditions propices pour l'envahissement par des espèces héliophiles à croissance rapide comme les peupliers, le bouleau à papier, les érables, le cerisier de Pennsylvanie (*Prunus pensylvanica* L.), les noisetiers (*Corylus* spp.), les saules (*Salix* spp.) et l'aulne rugueux (*Alnus rugosa* (DuRoi) Sprengel) (Harvey et Bergeron, 1989; Bouchard et Domon, 1997; Archambault *et al.*, 1998; Aubin *et al.*, 2005; Prévost, 2008). De plus, l'utilisation de machinerie lourde sur les chantiers a eu pour effet de détruire en bonne partie la régénération en conifères (Harvey et Bergeron, 1989; Carleton et MacLellan, 1994). Aujourd'hui, plus de 90% des forêts du BSL sont âgées de 70 ans ou moins, et environ 65% sont de types mélangé ou feuillu. Une comparaison entre des cartes forestières de 1930 et de 2002 de plusieurs secteurs au BSL a montré qu'une forte proportion des peuplements forestiers est passée d'un couvert coniférien à un couvert mixte ou feuillu en raison des coupes répétées (Boucher *et al.*, 2006; Boucher *et al.*, 2009). Ces résultats ne permettent toutefois pas de connaître précisément les changements survenus au niveau des espèces d'arbres. L'analyse d'archives d'arpentage dans cette région pourrait certainement faire progresser notre compréhension des effets des activités humaines du XX^e siècle sur la composition des forêts. La mesure des écarts de composition entre la forêt préindustrielle et l'actuelle permettrait de mieux planifier l'aménagement des forêts.

Objectifs

Le principal objectif de cette étude est de décrire la composition des forêts préindustrielles du BSL à partir des archives d'arpentage des terres publiques. Les objectifs spécifiques sont :

1. Reconstituer la composition des forêts observées par les arpenteurs, en retracer les associations d'espèces et les patrons géographiques.
2. Comparer la composition des forêts entre les époques préindustrielle et actuelle afin d'évaluer les impacts des coupes et de la colonisation.

CHAPITRE II

RECONSTITUTION DE LA COMPOSITION DES FORÊTS PRÉINDUSTRIELLES DU SUD-EST DU QUÉBEC À PARTIR DES ARCHIVES D'ARPENTAGE (1846-1949).

INTRODUCTION

Au cours des derniers siècles, les progrès techniques et l'accroissement rapide de la population mondiale ont occasionné une augmentation importante de la pression anthropique sur les écosystèmes à l'échelle planétaire (Vitousek et Mooney, 1997; Crutzen et Steffen, 2003). En particulier, on constate que les activités humaines du XX^e siècle ont engendré des transformations majeures dans les écosystèmes forestiers du nord-est de l'Amérique du Nord. La coupe de bois pour l'industrie forestière, le déboisement à des fins agricoles et la suppression ou l'augmentation de la fréquence des feux ont modifié le régime naturel de perturbations, la composition et la structure des forêts (Fuller *et al.*, 1998; Lorimer, 2001; Abrams, 2003). Aujourd'hui, les paysages forestiers sont jeunes, fragmentés par l'agriculture et l'urbanisation, et plus fortement dominés par des espèces de début de succession (Mladenoff *et al.*, 1993; Whitney, 1994; Foster *et al.*, 1998; Schulte *et al.*, 2007), de sorte que les forêts non perturbées par l'homme sont très rares dans plusieurs régions.

En l'absence de forêts naturelles, un grand nombre d'études ont montré l'utilité des archives d'arpentage des terres publiques pour reconstituer la composition des forêts de l'époque préindustrielle (XVIII^e et XIX^e siècles) dans plusieurs régions situées au nord-est de l'Amérique du Nord. Les principaux changements de composition forestière depuis le XIX^e siècle sont un accroissement généralisé de l'abondance de l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.), de l'érable rouge (*Acer rubrum* L.) et des bouleaux (*Betula* spp.), ainsi qu'une baisse importante du hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh) (Siccama, 1971; Bürgi *et al.*, 2000; Dyer, 2001; Leadbitter *et al.*, 2002). D'autres études au sud de la forêt boréale ont montré une augmentation considérable de l'abondance du peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx), alors qu'une forte baisse a été signalée pour les espèces adaptées au feu comme les pins (*Pinus* spp.), mais aussi les conifères de milieu et de fin de succession comme la pruche (*Tsuga canadensis* (L.) Carrière), le sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.) et le thuya (*Thuja occidentalis* L.) (White et Mladenoff, 1994; Radeloff *et al.*, 1999; Jackson *et al.*, 2000; Zhang *et al.*, 2000a; Leahy et Pregitzer, 2003; Friedman et Reich, 2005; Pinto *et al.*, 2008).

Les forêts préindustrielles représentent un état de référence historique sur la composition, la structure et la dynamique de forêts faiblement perturbées par les activités humaines. Une meilleure connaissance de ces forêts pourrait guider le développement de pratiques sylvicoles, comme l'aménagement écosystémique, compatibles avec des objectifs de développement durable et de maintien de la biodiversité dans les écosystèmes forestiers (Attiwill, 1994; Burton *et al.*, 2003; Lindenmayer et Franklin, 2003). Les écarts de composition entre la forêt préindustrielle et l'actuelle peuvent également aider à définir des

enjeux de conservation et de restauration (Bolliger *et al.*, 2004). Les archives d'arpentage ont été utilisées à maintes reprises dans les provinces de l'est du Canada et au nord-est des États-Unis afin d'acquérir ces connaissances, mais n'ont pas encore été employées au Québec, même si l'histoire de colonisation et d'exploitation forestière de cette province a été similaire au reste du nord-est de l'Amérique du Nord (Fortin *et al.*, 1993; Whitney, 1994).

La région du Bas-Saint Laurent (ci-après BSL), située au sud-est du Québec (Figure 1), a été fortement exploitée par l'industrie forestière depuis plus de cent ans. Aujourd'hui, plus de 90% des peuplements forestiers du BSL sont âgés de 70 ans ou moins, et environ 65% sont de types mélangé ou feuillu. Une comparaison entre des cartes forestières de 1930 et de 2002 de plusieurs secteurs du BSL a montré qu'une forte proportion des forêts est passée d'un couvert coniférien à un couvert mixte ou feuillu en raison des coupes répétées (Boucher *et al.*, 2006; Boucher *et al.*, 2009). L'analyse d'archives d'arpentage au BSL pourrait faire progresser notre compréhension des effets des coupes industrielles sur la composition des forêts dans un secteur du nord-est de l'Amérique du Nord encore mal documenté à ce sujet. L'objectif de cette étude est de décrire la composition des forêts préindustrielles du BSL à partir des archives d'arpentage des terres publiques. Ces résultats seront ensuite comparés avec des inventaires récents de végétation afin d'évaluer les changements survenus dans la composition des forêts depuis le XIX^e siècle.

RÉGION D'ÉTUDE

D'une superficie d'environ 4900 km², la région d'étude est située au Québec (Canada), dans la région du BSL, entre 68° 08' et 69° 31' de longitude ouest et 47° 18' et 48° 24' de latitude nord (figure 1A). Elle a pour frontières géographiques au nord les seigneuries (mode de division des terres sous le régime français jusqu'à 1791 (Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 1982)) qui bordent l'estuaire du fleuve Saint-Laurent, et au sud la province du Nouveau-Brunswick et l'État du Maine (figure 1B). Cette région est comprise dans la formation géologique des Appalaches, caractérisée par des roches d'origine sédimentaire recouvertes en majeure partie de till glaciaire (Robitaille et Saucier, 1998). La topographie est constituée de basses collines près du fleuve et de hautes collines dépassant occasionnellement 500 m d'altitude dans la partie sud-ouest de la région. Les stations météorologiques de Rimouski et de Sainte-Rose-du-Dégelis (figure 1B) enregistrent respectivement des précipitations annuelles moyennes de 915 mm et de 1005 mm, dont 30% sous forme de neige, ainsi que des températures moyennes annuelles de 3.9°C et de 3.0°C (Environnement Canada, 2009).

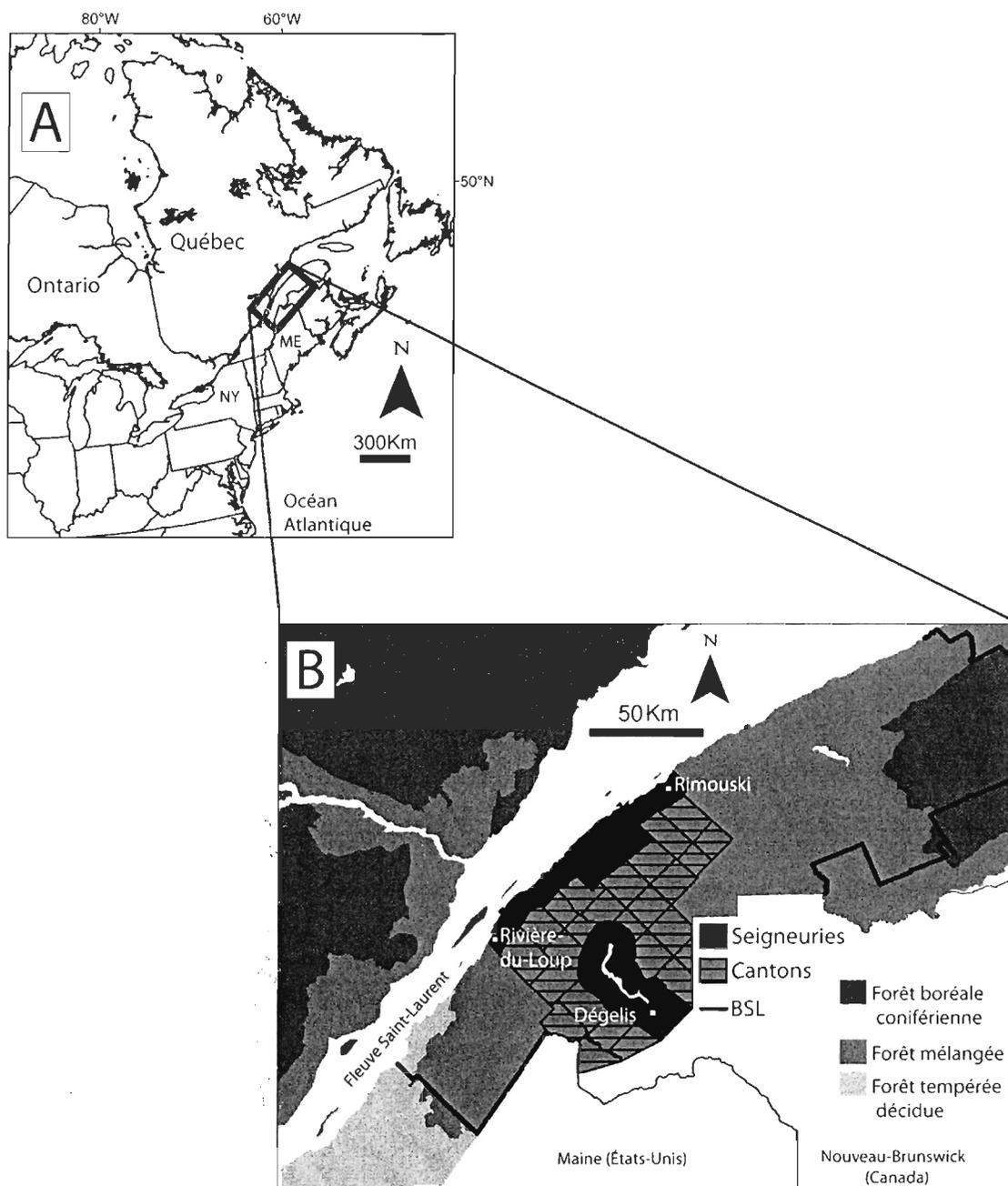


Figure 1. A : localisation de la région d'étude (hachuré) dans le nord-est de l'Amérique du Nord et B : les 26 cantons à l'étude, les seigneuries, et les zones de végétation de la province de Québec (Canada).

La région d'étude est située à la transition entre la forêt tempérée décidue et la forêt boréale coniférienne, à la limite nord de la région forestière des Grands Lacs et du Saint-Laurent (Rowe, 1972). Plus précisément, elle abrite les forêts mélangées du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune dans l'Est du Québec (Robitaille et Saucier, 1998). Selon la classification écologique québécoise en vigueur dans ce sous-domaine (Grondin *et al.*, 1999), les sites mésiques y sont potentiellement occupés par des peuplements mélangés de bouleaux jaunes (*Betula alleghaniensis* Britt.), de sapins baumiers, d'épinettes blanches (*Picea glauca* (Moench) Voss.) et de thuyas. L'érable à sucre est à sa limite septentrionale de répartition. Diverses espèces secondaires, telles que le peuplier faux-tremble, le bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marsh.), et l'érable rouge complètent le paysage.

Des études réalisées au BSL, dans la province du Nouveau-Brunswick et dans l'État du Maine (États-Unis), suggèrent un régime naturel de perturbations caractérisé par de petites trouées, des chablis, des épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* Clem.), et de rares feux (Lorimer, 1977; Wein et Moore, 1977; Boulanger et Arseneault, 2004; Sorel, 2004; Boucher *et al.*, 2009). Les populations humaines autochtones de la région ne semblent pas avoir été liées à des activités de déboisement par le feu avant la colonisation européenne, comme cela a été documenté sur la côte est des États-Unis (Day, 1953).

Même si la colonisation européenne du BSL a commencée à la fin du XVII^e siècle, il a fallu attendre le XIX^e siècle avant que débutent des activités forestières importantes. C'est à compter des années 1820 que les coupes sélectives et le marché du bois de valeur

prennent de l'essor, quand un conflit entre les Anglais et les Français oblige l'Angleterre à se tourner vers sa colonie du Canada afin de s'approvisionner en bois pour la construction navale (Fortin *et al.*, 1993). Les coupes sont alors effectuées le long des rivières, sur lesquelles on drave principalement le pin rouge (*Pinus resinosa* Ait.), le pin blanc (*Pinus strobus* L.), l'épinette blanche et le bouleau jaune (Boucher, 2008). À cette époque, la presque totalité des habitants du BSL occupent les seigneureries qui bordent le fleuve Saint-Laurent (Martin, 1959). La fin du XIX^e siècle est marquée par le début des coupes industrielles en raison de la demande internationale croissante pour le bois de sciage et le papier (Fortin *et al.*, 1993). C'est d'ailleurs dans les toutes premières années du XX^e siècle que de grandes usines de sciage et de pâtes et papiers sont construites à l'embouchure de la rivière Rimouski située au nord-est de la région d'étude (Fortin *et al.*, 1993).

MÉTHODES

Les archives d'arpentage recueillies concernent la première division des terres publiques en cantons, et sont conservées au greffe de l'arpenteur général du Québec (Ministère des ressources naturelles et de la Faune du Québec). Plusieurs équipes d'arpentage établissaient dans chaque canton les lignes du pourtour, de rangs, et de lots. Les relevés d'arpentage consultés ne contiennent pas de *witness trees* ou de *bearing trees* comme dans les archives d'arpentage des États-Unis (Whitney, 1994), mais plutôt des observations sur la composition des forêts rencontrées le long des lignes arpentées. Ces observations sont généralement sous forme d'énumérations d'espèces, mais décrivent parfois uniquement le type de couvert forestier, avec des expressions comme « bois franc », « bois mêlé », etc. Les relevés des arpenteurs renferment également des observations sur les perturbations, comme « bûché », « défriché », « brûlé », ainsi que d'autres caractéristiques du territoire comme la qualité des sols, la topographie et les cours d'eau. Toutes ces observations sont accompagnées d'une distance en chaînes (1 chaîne = 20,1168m) depuis le point de départ de la ligne arpentée ou depuis le dernier point de repère érigé par l'arpenteur.

La manière dont les observations sont inscrites dans les relevés d'arpentage peut être séparée en deux catégories. Premièrement, certains arpenteurs ont noté leurs observations de façon linéaire, souvent en généralisant l'information sur la largeur d'un lot (=13 chaînes), ou en situant très précisément le début et la fin des observations (figure 2a). Deuxièmement, d'autres arpenteurs ont noté leurs observations de manière ponctuelle, sans

en préciser directement le recouvrement linéaire, c'est-à-dire l'étendue sur la ligne arpentée. On retrouve des observations ponctuelles à des intervalles réguliers, par exemple à chaque 10 ou 20 chaînes (figure 2b), ou à chaque intervalle de 13 chaînes, là où un poteau était érigé pour séparer deux lots. On retrouve également des observations ponctuelles à des intervalles irréguliers, semblant suivre les changements dans la composition de la forêt, la topographie ou le réseau hydrographique (figure 2c). Cette hétérogénéité dans la prise de notes suggère que les arpenteurs avaient une certaine liberté quant à leur méthode d'observation ou de notation, rendant parfois difficile d'expliquer pourquoi un arpenteur a choisi d'enregistrer une nouvelle observation, et du même coup d'en estimer le recouvrement linéaire. Par conséquent, il est nécessaire d'appliquer certains traitements à la base de données afin de réduire les difficultés d'interprétation.

4

Canton Macpès
Rang 3

<i>Rang 2</i>	13.00	1	<i>Épinette, sapin et cèdre, terre grasse, rochers pro- pres à la culture</i>	<i>Rang 3</i>	
	9.00	2	<i>fin de la savanne</i>		
	1.00	3	<i>← Commencement de la savanne</i>		
	13.00	4	6		
	13.00	5	6		<i>Bédouin, terrain plat</i>
	13.00	6	6		6
	13.00	7	7		<i>Épinette, sapin et cèdre, terre grasse, rochers propres à la culture</i>
	13.00	8	8		<i>Bédouin, terre noire, rochers propres à la culture</i>
	13.00	9	9		9

© Gouvernement du Québec

N/3-30E
A. J. Côté

Figure 2a. Relevé d'arpentage du canton Macpès par l'arpenteur J. A. Côté, 1894. Les observations sont notées de manière continue sur chacun des lots de 13 chaînes (262 m), sauf dans le lot no.5 où l'arpenteur indique précisément le début et la fin d'une « savanne ».

Township of Escourt		C. Simiseouata	
Centre line.			
Generally flat	50.00	Cedar Swamp - few x few boulean	
Falling faster to N.E.	40.00	Some growth <u>soft wood</u>	
	30.05	Lumber road	
Falling lightly to N.E.	30.00	Some growth	
Flat - good soil	20.00	Some growth	
Flat	10.00	Spruce. Sci - maple - birch - boulean - cedar	
Basgrain's old post renewed	00.00	From post - no more old blazes could be found - but original line followed by old cuttings, etc.	
	39 70.29	R 5	Base line 5 th Range.
Ditto	70.00	Young growth. Spruce - fir - boulean - cedar - x	
Generally flat	60.00	Some growth - plus birch	
Lightly rolling	50.00	Some Cedar growth - & old cuttings	

Figure 2b. Relevé d'arpentage du canton Escourt par l'arpenteur D. W. Mill, 1909. Les observations sont faites de manière ponctuelle par intervalles réguliers de 10 chaînes (20m).

101

Rang. Trace' entre A & B

Ligne extérieure.

Ligne centrale.

Cours astro- nomique et Variation.	Rang ou Lot.	DISTANCE.		BOIS, SOL ET REMARQUES.
		Chaines.	Chaines.	
		9		Descente 1 dans 12 bois épinette Sapin & bouleau - pente nord
				même sol.
		12		Plaine, bon sol, pente nord
		50		1 ruisseau courant Nord Sud & (Mailles de largeur 1/2 pied d'eau de profondeur, point d'écoules, bois cèdre, frêne & aulnes.
	9	13		Poteau de cèdre - sol plane, bon mili. -
		4		Elevation 1 dans 10 pente Sud
		7		Plaine bon sol, bois cèdre, frêne, & épinette -
	10	13		Poteau de cèdre, élévation un dans 20 sol archange.
		2		Pente Sud, sol sec, bois épinette, sapin & bouleau.

© Gouvernement du Québec

Figure 2c. Relevé d'arpentage du canton Duquesne par l'arpenteur G. Garon, 1881. Les observations sont inscrites à des intervalles irréguliers.

Dans cette étude, nous avons utilisé les observations de composition forestière et de perturbations qui pouvaient être pondérées par un recouvrement linéaire. Deux règles ont été appliquées afin de construire des recouvrements linéaires à partir des observations ponctuelles. Premièrement, nous avons assumé que les observations notées à des intervalles irréguliers indiquaient les changements dans la composition forestière, c'est-à-dire qu'une nouvelle observation correspondait à la fin du peuplement précédent et au commencement d'un nouveau peuplement. Toutefois, puisque la plupart des arpenteurs notaient au moins une observation par lot, un recouvrement linéaire a été associé à une observation donnée seulement si l'observation suivante était inscrite à 13 chaînes (équivalente à la largeur d'un lot) ou moins de distance. Avec l'utilisation de cette règle, un peuplement peut obtenir un recouvrement linéaire de plus de 13 chaînes de longueur seulement si l'arpenteur indique plus loin sur la ligne arpentée que ce même peuplement se poursuit. Deuxièmement, puisque les observations inscrites à des intervalles réguliers n'indiquent pas précisément le début ni la fin des peuplements ou des perturbations, un recouvrement linéaire construit à partir d'une observation ne peut pas se terminer à un intervalle régulier, sauf si l'arpenteur indique clairement que la même observation se poursuit. La figure 3 résume l'application de ces deux règles à l'aide de données fictives. Les observations ponctuelles pour lesquelles aucun recouvrement linéaire n'a pu être construit selon ces deux règles ont été exclues des analyses. L'application de ces deux règles permet de comparer les observations de compositions forestières et de perturbations sur la base commune du recouvrement linéaire qu'elles occupent, mais peut potentiellement introduire un biais puisque la première règle

aura tendance à associer un recouvrement linéaire aux peuplements forestiers plus longs, alors que la deuxième favorisera les peuplements forestiers plus courts.

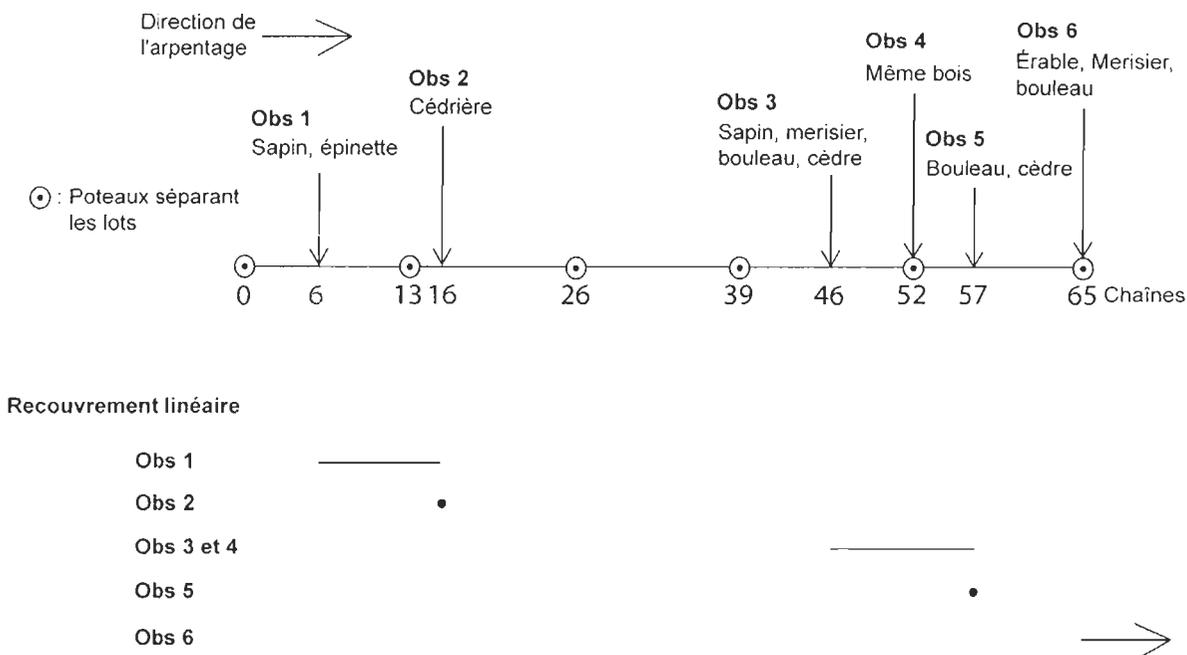


Figure 3. Illustration, à partir de données fictives, des deux règles utilisées pour construire les recouvrements linéaires. Un recouvrement linéaire est construit pour l'observation no.1 de la chaîne 6 à la chaîne 16, mais aucun n'est construit à partir de l'observation no.2 puisque l'observation suivante est à plus de 13 chaînes de distance. Un recouvrement linéaire de la chaîne 46 à la chaîne 57 est construit pour l'observation no.3 puisque l'observation no.4 indique que la même végétation se poursuit et que la distance entre les observations no. 4 et no. 5 est inférieure à 13 chaînes. Aucun recouvrement linéaire n'est construit à partir de l'observation no.5 parce que l'observation suivante est inscrite à un intervalle régulier (au poteau). Le recouvrement linéaire de l'observation no.6 dépend de la suite de la ligne.

Les observations d'arpentage ont été géoréférencées à l'aide d'ArcGIS (version 9.2, ESRI 2006) sur des cartes cadastrales (échelle 1 :20 000) produites par le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. On retrouve sur ces cartes les lignes et les poteaux établis depuis les premiers arpentages. La localisation des observations d'arpentage

a été corrigée en comparant la distance entre les cours d'eau sur les cartes cadastrales et celle mesurée par l'arpenteur. L'erreur a été redistribuée proportionnellement.

ANALYSES

Perturbations

Les perturbations observées par les arpenteurs ont été compilées en fonction de l'année de l'arpentage. Elles ont été regroupées en quatre principaux types, soit « bûché », « brûlé », chablis (« bois cassé par le vent », « renversé », « *windfall* »), et colonisation (« défrichement », « abattis », « culture », etc.). Étant donné un accroissement important des perturbations anthropiques entre les XIX^e et XX^e siècles (voir résultats), seules les observations du XIX^e siècle (1846-1900) ont été conservées pour décrire la composition des forêts préindustrielles.

Composition des forêts préindustrielles

Les observations utilisées pour décrire la composition des forêts préindustrielles sont les énumérations d'espèces, incluant celles comportant des perturbations. Ces énumérations n'apportent pas d'indication directe quant à l'abondance des taxons dans les peuplements, mais laisse présumer que les taxons sont énumérés selon leur ordre d'importance. Un taxon noté dans la position #1 d'une énumération serait donc plus abondant ou dominant qu'un taxon noté dans la deuxième ou troisième position. Un indice appuyant cette prémisse est que, pour des peuplements adjacents, les mêmes taxons sont souvent énumérés dans un ordre différent. Ces considérations ont aussi été amenées par des études ontariennes ayant utilisées des archives d'arpentage similaires (Gentilcore et Donkin, 1973; Jackson *et al.*,

2000). Dans cette étude, nous avons présumé que les taxons sont énumérés en ordre décroissant d'importance, selon l'appréciation visuelle des arpenteurs.

Les arpenteurs identifiaient les arbres en français ou en anglais, souvent uniquement au niveau du genre. Il est quand même possible d'identifier au niveau de l'espèce plusieurs des termes utilisés. Par exemple, le terme « sapin » réfère directement au sapin baumier, puisqu'une seule espèce de sapin est naturellement présente au BSL. Par contre, cela n'est pas envisageable pour les termes « épinette », « frêne », « pin », « érable », et « peuplier » puisque tous ces genres sont représentés par plus d'une espèce dans la région d'étude. Concernant le terme « érable », il était possiblement employé pour désigner l'érable à sucre plutôt que l'érable rouge, puisque certains arpenteurs utilisaient le terme « plaine » pour désigner l'érable rouge (Marie-Victorin, 1995). Toutefois, il faut considérer que plusieurs arpentages se sont déroulés à des périodes de l'année où les arbres avaient perdu leurs feuilles, ce qui a pu rendre difficile la distinction entre ces deux espèces. Pour ces raisons, « plaine » et « érable » ont été regroupés sous l'expression « érable ». Ensuite, comme le terme « merisier » fait référence au bouleau jaune, le terme « bouleau » indique vraisemblablement le bouleau à papier, puisque ces deux termes étaient souvent utilisés en même temps et qu'il s'agit des deux principales espèces du genre *Betula* que l'on retrouve au BSL. Les termes ambigus ou très peu fréquents ont été mis dans le groupe « autres ». Tous les termes rencontrés ainsi que leur équivalent moderne sont présentés dans l'annexe 1 où la nomenclature utilisée est celle de (Marie-Victorin, 1995).

Deux métriques ont été utilisées afin de décrire la composition forestière préindustrielle. Premièrement, la fréquence de chaque taxon a été mesurée en divisant le

recouvrement linéaire des énumérations où chacun était noté par le recouvrement linéaire total des énumérations. Deuxièmement, un indice de fréquence par position d'énumération a été calculé. Cet indice développé par Scull et Richardson (2007) permet de connaître dans quelle proportion chacun des taxons occupent les différentes positions dans les énumérations. Par exemple, lorsque l'on divise le recouvrement linéaire des observations de sapin à la position #2 par le recouvrement linéaire des observations contenant au moins 2 taxons, on obtient la proportion de positions #2 occupée par le sapin. Dans cette étude, le terme « dominance » fait référence à la position #1 dans les énumérations.

Les expressions désignant un type de couvert comme « bois franc », « bois mêlé », « bois mou », etc. n'ont pas été considérées dans les analyses, sauf les termes « cédrières », « érablières », « sapinières », etc. parce que ceux-ci font directement référence à la dominance de certains taxons. L'inclusion de ces observations apporte un biais dans l'estimation de la fréquence des taxons qui pourraient accompagner le thuya, l'érable, le sapin, etc. mais ne cause pas de biais dans l'estimation de la dominance des taxons. Ce biais introduit est probablement moins important que celui qui aurait résulté de l'exclusion de ces observations. Les relevés d'arpentage contenant en majorité des observations sur les couverts forestiers ont été exclus des analyses.

Un indice de cooccurrence a été calculé entre les taxons dominants et ceux notés dans les positions suivantes. Par exemple, le thuya a été noté entre 40% et 60% des cas lorsque le sapin était dominant (tableau 3). Pour sa part, le sapin a été noté entre 60% et 80% des cas lorsque le thuya était dominant. Ces calculs ont été effectués à partir des formules suivantes :

Thuya avec le sapin =

$$\frac{\text{nombre d'occurrences du thuya quand le sapin est dominant}}{\text{nombre d'énumérations de plus d'un taxon où le sapin est dominant}} \times 100$$

Sapin avec le thuya =

$$\frac{\text{nombre d'occurrences du sapin quand le thuya est dominant}}{\text{nombre d'énumérations de plus d'un taxon où le thuya est dominant}} \times 100$$

Puisque le recouvrement linéaire n'a pas nécessairement d'influence sur le degré d'association entre les taxons, les observations linéaires et ponctuelles entre 1846 et 1900 ont participé au calcul de l'indice de cooccurrence.

Le patron de fréquence et de dominance des taxons à travers la région d'étude a été spatialisé à l'aide d'une grille de cellules de 25km² (5km x 5km). À l'intérieur de chaque cellule, la fréquence et la dominance des principaux taxons ont été calculées par rapport au recouvrement linéaire total des énumérations présentes dans la cellule. Pour faire partie de l'analyse, les cellules devaient comporter un minimum de quatre énumérations réparties de manière relativement homogène sur la surface de la cellule. Cette grille permet de palier à la variation de la densité des observations à travers la région d'étude par l'utilisation de proportions. Plusieurs tailles de cellules ont été testées, dont 9km² et 16km², mais la taille retenue a été de 25km² puisque celle-ci montre un patron de distribution davantage continu en conservant une plus grande quantité de cellules. Après avoir retiré les cellules où les

observations étaient en nombre insuffisant ou mal réparties, il en reste 157 sur 189 avec en moyenne 24 énumérations ou 6,4km de recouvrement linéaire par cellule.

Un modèle d'élévation numérique construit à partir de courbes hypsographiques (précision de 10m) fournies par le Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune du Québec a aussi été employé afin de mesurer l'influence de l'altitude sur la distribution de la fréquence et de la dominance des taxons.

Certaines lignes de cantons et de rangs ont été arpentées plus d'une fois au cours des XIX^e et XX^e siècles. Ces réarpentages étaient commandées le plus souvent afin de vérifier les travaux d'arpentage antérieurs, mais aussi pour remplacer les repères disparus suite à un feu ou à une mésentente entre colons (Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, 1982). Dans une telle situation, les observations du second arpentage ont été systématiquement retirées des analyses traitant de la composition forestière, sauf dans le cas où le réarpentage était effectué au XIX^e siècle et qu'il contenait de l'information que le premier arpentage ne contenait pas. Toutefois, toutes les observations provenant des réarpentages ont été incluses dans l'analyse traitant des perturbations.

Changements de composition au cours du XX^e siècle

Les changements de composition depuis la période préindustrielle ont été mesurés en comparant les observations d'arpentage avec les 2^e, 3^e, et 4^e inventaires forestiers décennaux du gouvernement du Québec. Ces inventaires servent à l'estimation du volume de bois sur pied disponible pour l'industrie forestière (Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2007). Ils sont basés sur des placettes temporaires d'une superficie de 0,4

hectare établis par un échantillonnage aléatoire stratifié, de manière à ce que les différents types de peuplements forestiers soient équitablement représentés. Les superficies non forestières ou improductives (marais, tourbière, etc.), inaccessibles (pente > 40%), ou qui sont vouées à une utilisation autre que pour l'industrie forestière en sont exclues. Chacune des placettes contient une évaluation de la surface terrière (mètres²/hectare) de chaque espèce d'arbre ou d'arbustes dont la hauteur atteint 1,30m ou plus. Les placettes retenues pour les analyses devaient être situées à 1,6km (1 mile) ou moins d'une observation d'arpentage. Cette distance correspond à l'espacement maximum entre deux observations d'arpentage, soit la distance entre deux rangs dans un canton. Afin de rendre ces inventaires comparables aux observations d'arpentage, les espèces ont été ordonnées en ordre décroissant de surface terrière dans chaque placette. Puisque le calcul de la surface terrière est influencé par le diamètre des arbres, il s'approche probablement des observations visuelles faites par les arpenteurs.

Les espèces arbustives comme l'érable à épis, les cerisiers, etc. sont rarement mentionnées dans les observations d'arpentage. Plus de 45% des relevés d'arpentage consultés ne contiennent aucune énumération de taxons contenant des arbustes, et les autres en contiennent souvent très peu. Puisque les espèces arbustives étaient toujours notées dans les inventaires forestiers modernes, elles ont été considérées séparément des arbres.

RÉSULTATS

Au total, la base de données géoréférencées incluant les réarpentages contient 16 828 enregistrements répartis en 5721 observations linéaires et 11 107 observations ponctuelles faites entre les années 1846 et 1949 (tableau 1). L'ensemble du territoire étudié compte 9471 observations sous forme d'énumérations de taxons, 4827 sur le couvert forestier, et 3259 comportant une perturbation sur 5380km de ligne arpentée dans 26 cantons. Les arpenteurs du XX^e siècle notaient davantage les informations de manière linéaire que ceux du XIX^e siècle, mais leurs observations linéaires étaient en moyenne plus longues avec 490 m contre 332m pour 1846-1900. Les arpenteurs du XX^e siècle semblaient décrire plus souvent les forêts par des énumérations de taxons que ceux du XIX^e siècle, mais rencontraient davantage de perturbations sur les lignes arpentées. Après avoir exclues plusieurs observations de couverts forestiers, les observations provenant des réarpentages et les observations pour lesquelles aucun recouvrement linéaire n'a pu être construit, le recouvrement linéaire total des observations utilisées pour décrire la composition forestière préindustrielle couvrent 1059km et 1001km pour les périodes 1846-1900 et 1901-1949 respectivement (figure 4).

Tableau 1. Observations de perturbations, de couverts forestiers et d'énumérations de taxons compilées à partir de 91 relevés d'arpentage et réparties selon qu'elles sont linéaires ou ponctuelles pour les XIX^e et XX^e siècles.*

Observations	1846-1900				1901-1949			
	Linéaire		Ponctuelle		Linéaire		Ponctuelle	
	Total	exclues	Total	exclues	Total	exclues	Total	exclues
Nombre d'enregistrements géoréférencés	2258		8064		3463		3043	
Perturbations								
feu	61		228		360		161	
coupe	7		25		535		55	
chablis	13		98		78		5	
colonisation	23		61		154		43	
chemin, route, portage, etc.			328				736	
autres	34		71		70		113	
Couverts forestiers								
aulnaie	1		19		5		2	
<i>black growth</i>	21	21	56	56				
bois franc	76	76	271	271	51	51	199	199
bois mêlé	332	332	1165	1165	88	88	305	305
bois mou	40	40	275	275	13	13	24	24
cédrière	272		637		139		147	
épinetière	8		61		7		12	
érablière ou sucrerie	60		143		21		22	
sapinière ou sapinage	4		33		5		5	
savane	9	9	41	41	25	25	22	22
autres	20	20	108	108	51	51	32	32
Énumérations de taxons	1373		4842		1870		1386	
Aucun recouvrement linéaire construit			1754				1028	
Réarpentage	368		527		1181		980	
Nombre total d'observations	2354	866	8462	4197	3472	1409	3269	2590
Recouvrement linéaire total	1059 km				1001 km			

*La somme des observations de perturbations, d'énumérations de taxons et de couverts forestiers est supérieure au nombre d'enregistrements géoréférencés parce que les arpenteurs décrivaient parfois la forêt en même temps qu'une perturbation, et parfois plus d'un couvert forestier au même endroit.

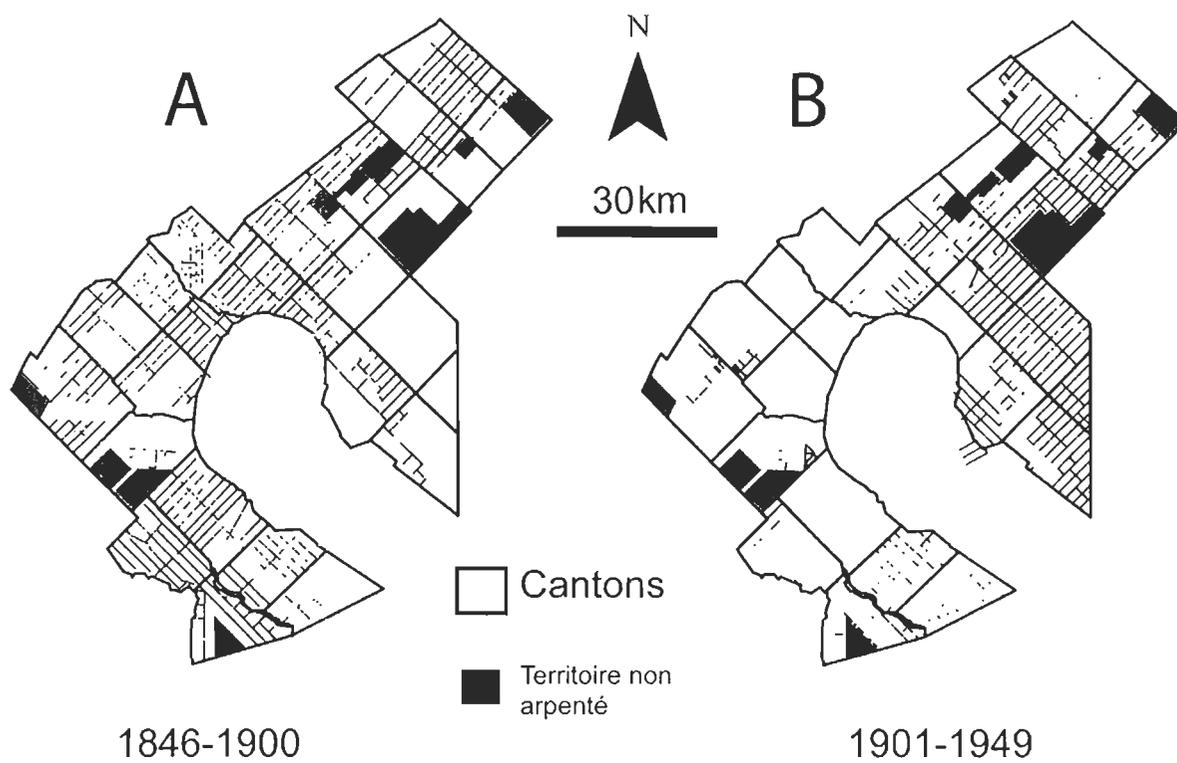


Figure 4. Recouvrement linéaire total des observations de composition forestière pour les périodes 1846-1900 (A) et 1901-1949 (B).

Le recouvrement linéaire des perturbations montre une influence humaine contrastée entre les XIX^e et XX^e siècles (figure 5). En effet, on remarque une augmentation du recouvrement des observations de coupes de bois au XX^e siècle, atteignant jusqu'à 74% des recouvrements linéaires entre 1925 et 1930. Ceci a coïncidé avec une augmentation du recouvrement linéaire associé à la « colonisation ». Les feux sont devenus aussi plus importants au XX^e siècle, alors que les chablis sont demeurés peu abondants et épisodiques entre 1846 et 1949.

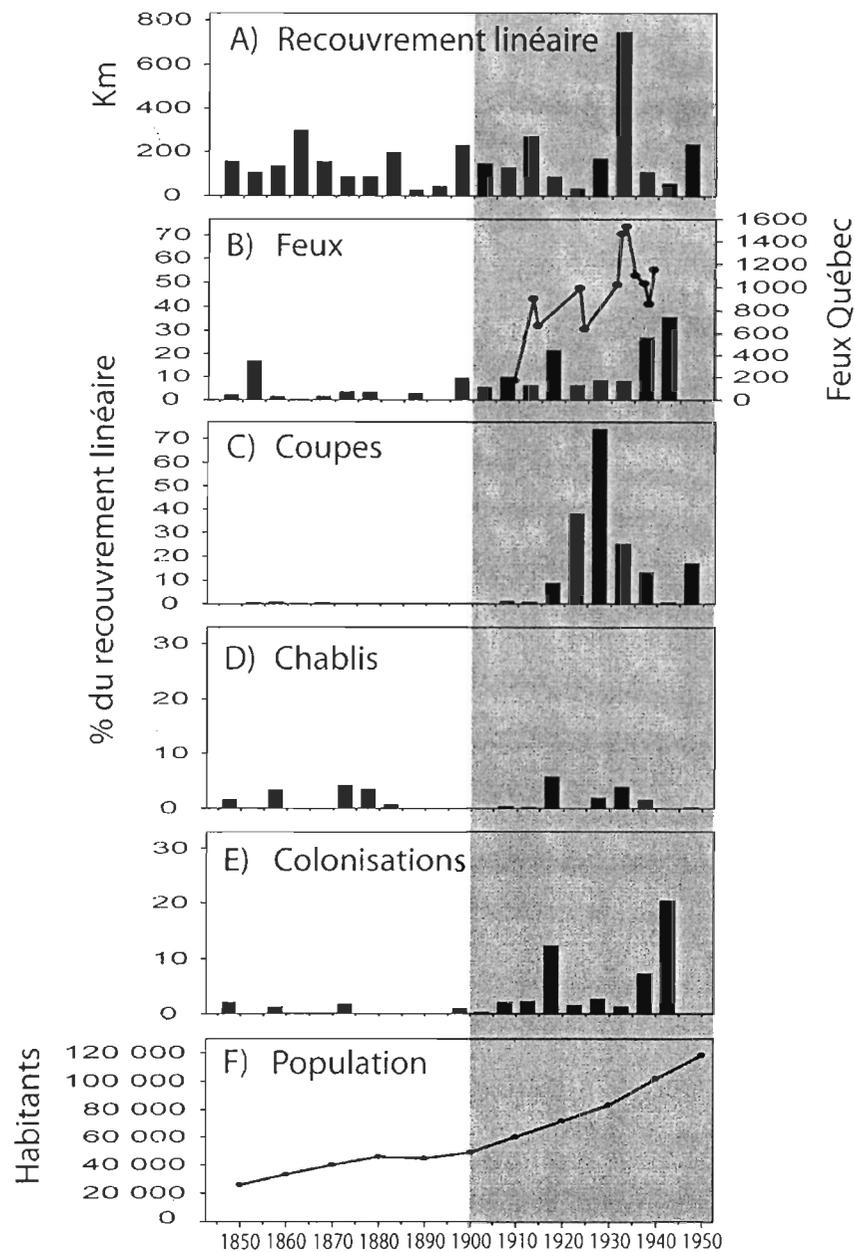


Figure 5. Évolution des perturbations, exprimée en pourcentage du recouvrement linéaire total (A) par tranche de cinq ans, incluant les réarpentages. Les graphiques représentent le recouvrement linéaire pour B : les feux, C : les coupes forestières, D : les chablis, E : les observations de colonisation comme « champ cultivé », « lot occupé », etc. Le graphique F montre l'évolution de la population dans la région du Bas-Saint-Laurent entre 1851 et 1951 (Martin, 1959). Le graphique B montre également le nombre de feux répertoriés au Québec entre 1909 et 1939. De ces feux, 71,6% ont été allumés par l'humain, 5,7% par la foudre, et 22,8% sont de cause inconnue ou non mentionnée (Québec, 1906-1939).

Composition des forêts préindustrielles

L'indice de fréquence selon la position dans les énumérations pour la période 1846-1900 révèle que les conifères étaient plus souvent notés dans la position #1 que les feuillus dans les forêts préindustrielles du BSL. Le thuya était le taxon le plus dominant, suivi du sapin et des épinettes. Ces trois principaux conifères étaient également plus fréquents que les feuillus, puisque chacun d'eux a été noté dans plus de 50% du recouvrement linéaire total (tableau 2). Chez les feuillus, les taxons les plus fréquents étaient le bouleau jaune et le bouleau à papier, alors que les érables étaient les plus dominants avec 13,2% des arbres énumérés dans la position #1 contre respectivement 4,7% et 6,5% pour le bouleau à papier et le bouleau jaune. Tous les autres taxons étaient beaucoup moins fréquents et beaucoup moins dominants. Les positions #2, 3 et 4 étaient le plus souvent occupées par les épinettes, le sapin et les bouleaux, moins souvent par le thuya et rarement par les autres taxons.

Tableau 2. Fréquences des taxons pour l'ensemble des observations et selon les positions #1 à 4 dans les énumérations des arpenteurs et dans les inventaires forestiers modernes. Les arbres (A) ont été compilés séparément des arbustes (B) puisque ces derniers étaient rarement énumérés par les arpenteurs. Pour les données d'arpentage, les fréquences sont pondérées par le recouvrement linéaire. Les calculs pour les inventaires forestiers modernes ont été effectués à partir de la surface terrière (mètre² / hectare) des taxons.

Taxon	RECOUVREMENT 1846-1900					1980-2009 (n=3997)				
	fréquence (%)	position dans les énumérations (%)				fréquence (%)	position dans les énumérations (%)			
		1	2	3	4		1	2	3	4
(A) Arbres										
Thuya	54.0	32.7	7.8	14.1	11.6	35.9	14.7	5.9	6.6	6.7
Sapin	61.5	21.9	24.9	18.4	24.7	82.3	19.8	24.8	22.6	18.1
Épinette	62.5	16.8	33.5	24.6	12.3	66.1	10.4	16.3	18.2	18.1
Érable	20.7	13.2	3.0	2.1	4.3	60.7	22.6	13.6	10.0	10.7
Bouleau jaune	35.2	6.5	15.4	15.2	18.2	36.3	3.8	9.7	10.9	9.3
Bouleau à papier	29.9	4.7	7.5	17.0	21.4	63.4	8.4	13.1	18.0	21.5
Peuplier	5.9	1.4	2.2	1.9	2.6	42.1	17.3	9.3	8.0	7.1
Pin	4.9	0.8	1.4	2.3	2.3	2.7	0.5	0.6	0.6	0.7
Hêtre	5.4	0.7	2.2	2.8	0.9	8.9	1.9	3.5	1.5	1.7
Frêne	2.6	0.6	0.8	0.7	0.7	7.7	0.3	1.1	1.6	2.6
Orme	0.5	0.2	0.1	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Mélèze	1.2	0.2	0.8	0.7	0.0	3.9	0.1	1.5	1.3	0.9
Sorbier	0.9	0.0	0.0	0.0	0.4	7.5	0.0	0.5	0.8	2.4
Autres	0.8	0.1	0.4	0.1	0.7	0.3	0.1	0.1	0.0	0.2
Total		100	100	100	100		100	100	100	100
(B) Arbustes										
Aulne	50.5	47.4	1.1	0.0	0.0	13.0	8.4	8.3	7.1	11.8
Érable arbustif	42.8	41.0	15.2	0.0	0.0	67.0	56.1	21.2	13.3	15.7
Noisetier	17.0	5.8	82.0	36.1	0.0	24.5	6.6	30.7	36.1	23.5
Cerisier	5.3	4.8	1.6	0.0	0.0	26.9	16.2	20.3	15.7	13.7
Saule	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	16.3	9.8	10.9	11.8	21.6
Autres	0.2	0.0	0.0	63.9	0.0	9.1	2.9	8.6	16.1	13.7
Total		100	100	100	0		100	100	100	100

Les taxons dominants à l'échelle de la région d'étude l'étaient également à l'échelle des peuplements au XIX^e siècle. Le sapin, les épinettes, et particulièrement les érables et le thuya sont les taxons qui avaient le plus tendance à occuper la position #1 lorsqu'ils étaient énumérés (figure 6). En revanche, le hêtre et les bouleaux étaient plutôt des espèces compagnes puisqu'ils étaient habituellement notés dans les positions #2, 3, ou 4.

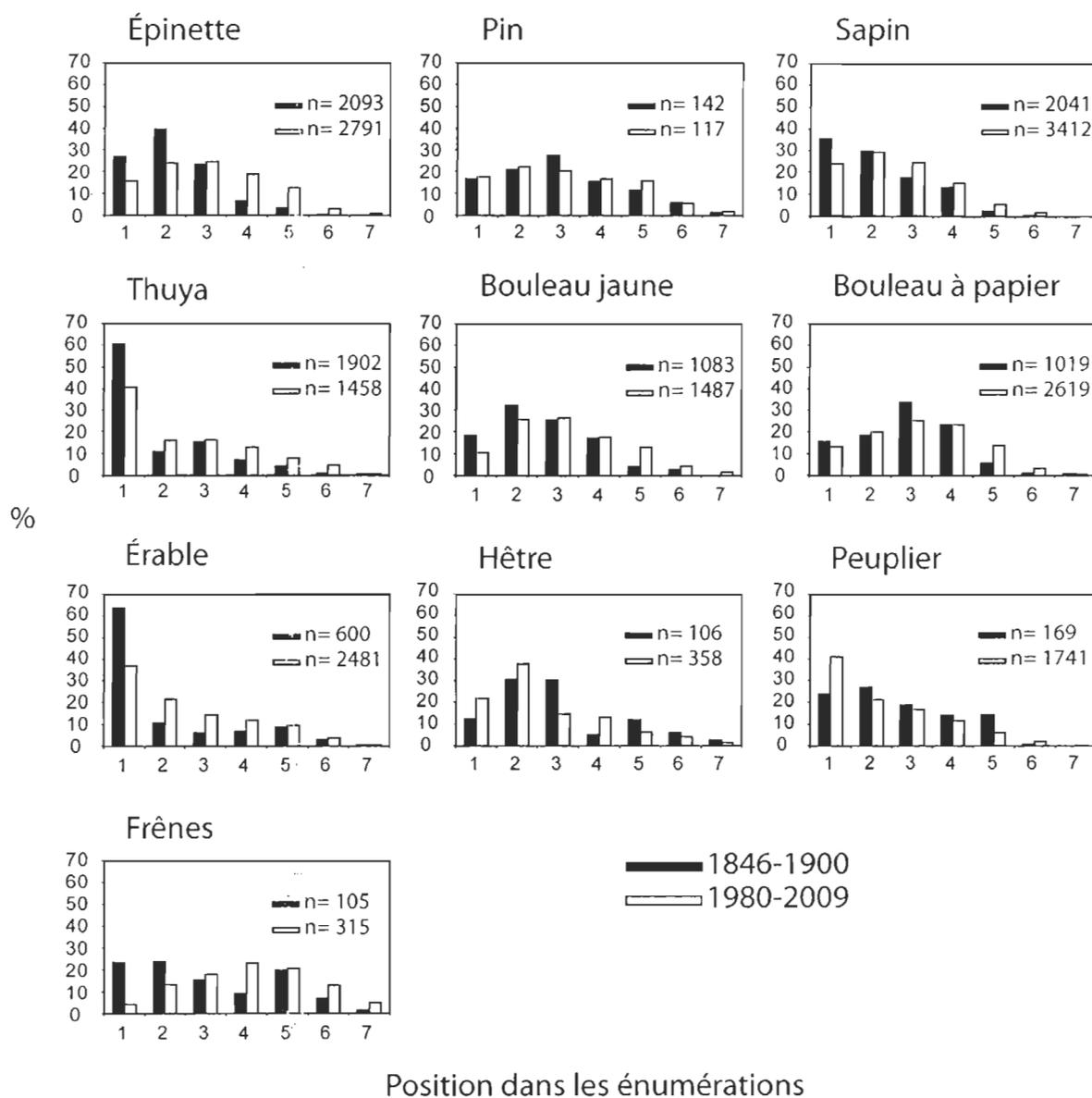


Figure 6. Distribution de fréquences des principaux taxons selon leurs positions dans les énumérations. Les fréquences ont été calculées à partir du recouvrement linéaire total de chacun des taxons pour la période préindustrielle (1846-1900), et à partir de la surface terrière (mètres² / hectare) totale de chacun des taxons pour la période actuelle (1980-2009). Seules les positions #1 à 7 sont présentées.

Le sapin et les épinettes étaient notés dans la majorité des énumérations. Seules les forêts dominées par les érables étaient associées moins de 60% du temps avec ces deux

conifères (tableau 3). Lorsque dominants, le sapin et les épinettes étaient fortement associés entre eux et, dans une moindre mesure, avec les bouleaux et le thuya. Le thuya était souvent nommé seul dans les peuplements où il dominait, ou alors accompagnés par le sapin, les épinettes et les bouleaux. Quand ils étaient dominants, les frênes, et le bouleau jaune étaient les seuls feuillus qui montraient un degré d'association relativement élevé avec le thuya, alors que les associations entre feuillus concernaient essentiellement le groupe érable-hêtre-bouleau jaune, ainsi que le couple peupliers-bouleau à papier, surtout lorsque que les peupliers étaient dominants.

Tableau 3. Cooccurrence entre les taxons notés dans la position #1 (lignes) et ceux notés dans les positions suivantes (colonnes) dans une même énumération pour l'ensemble des observations d'arpentage (linéaires et ponctuelles). Les codes indiquent 0 : 0%, 1: 0-20%, 2: 20-40%, 3: 40-60%, 4: 60-80%, et 5: 80-100% de cooccurrence au sein des énumérations. Les nombres entre parenthèses sont des pourcentages.

Taxon dominant	Épinette	Pin	Sapin	Thuya	Bouleau à papier	Bouleau jaune	Érable	Hêtre	Frêne	Peuplier	Noté avec d'autres taxons	Noté en position #1 avec d'autres taxons	Noté seul
Épinette	5	1	4	3	2	2	1	0	1	1	3771 (95)	781 (20)	217 (5)
Pin	5		4	1	2	2	1	0	0	1	264 (97)	39 (14)	7 (3)
Sapin	5	1		3	3	3	1	1	1	1	3919 (95)	1578 (38)	192 (5)
Thuya	4	1	4		2	2	1	0	1	1	2538 (69)	1253 (34)	1135 (31)
Bouleau à papier	4	1	4	1		1	1	0	1	2	1936 (98)	261 (13)	42 (2)
Bouleau jaune	5	1	5	3	2		2	1	1	1	2249 (99)	368 (16)	15 (1)
Érable	3	1	3	1	1	5		2	1	1	853 (74)	455 (39)	304 (26)
Hêtre	5	0	5	1	1	5	3		0	0	225 (99)	26 (11)	3 (1)
Frêne	4	0	3	3	2	1	1	0		2	167 (98)	25 (15)	4 (2)
Peuplier	4	1	4	1	4	1	0	0	0		318 (98)	68 (21)	6 (2)
	Association conifère - conifère												
	Association feuillu - conifère et conifère - feuillu												
	Association feuillu - feuillu												

À l'échelle de la région d'étude, les épinettes, le sapin et le thuya étaient omniprésents, de même que les érables et les bouleaux (figure 7A). La dominance du thuya était forte et uniforme dans l'ensemble des cellules, alors que le sapin et les épinettes présentaient quelques différences; l'un étant plus dominant ou l'autre l'était moins (figure 7B). Bien pourvue en thuya, la partie sud-est était également dominée par les érables et le bouleau jaune, alors que le bouleau à papier dominaient davantage dans la partie plus au nord et au nord-est respectivement. Les pins, les frênes, les peupliers et le hêtre étaient très peu fréquents et dominants et distribués de manière éparse, à la différence que le hêtre était complètement absent de la partie nord-est de la région.

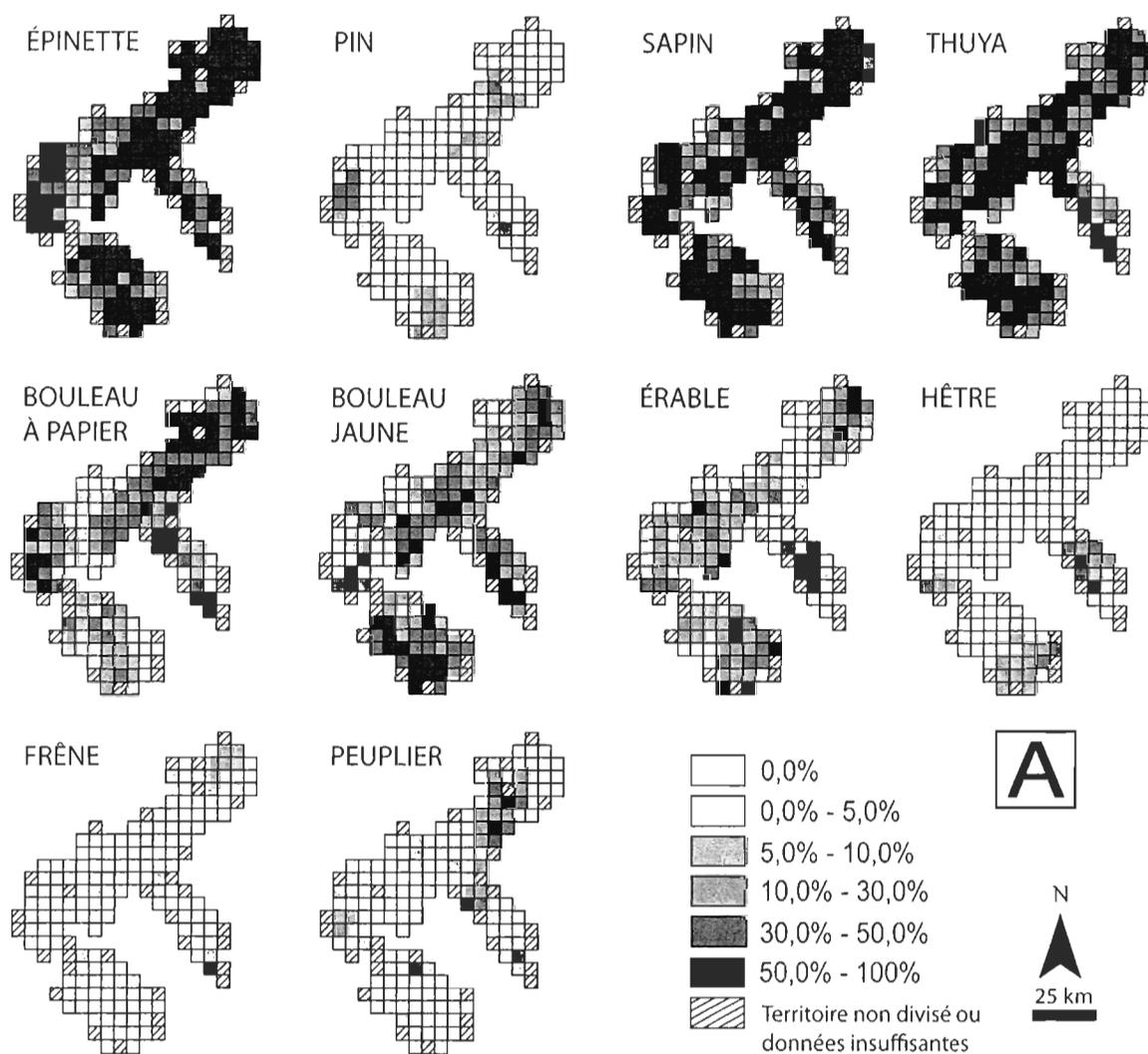


Figure 7. Distribution des principaux taxons provenant des observations d'arpentage dans 157 cellules de 25km² en fonction de A : leur fréquence, soit le pourcentage du recouvrement linéaire total dans chaque cellule pour lequel chacun des taxons est noté; B : leur dominance, soit le pourcentage du recouvrement linéaire total dans chaque cellule pour lequel chacun des taxons est noté à la position #1.

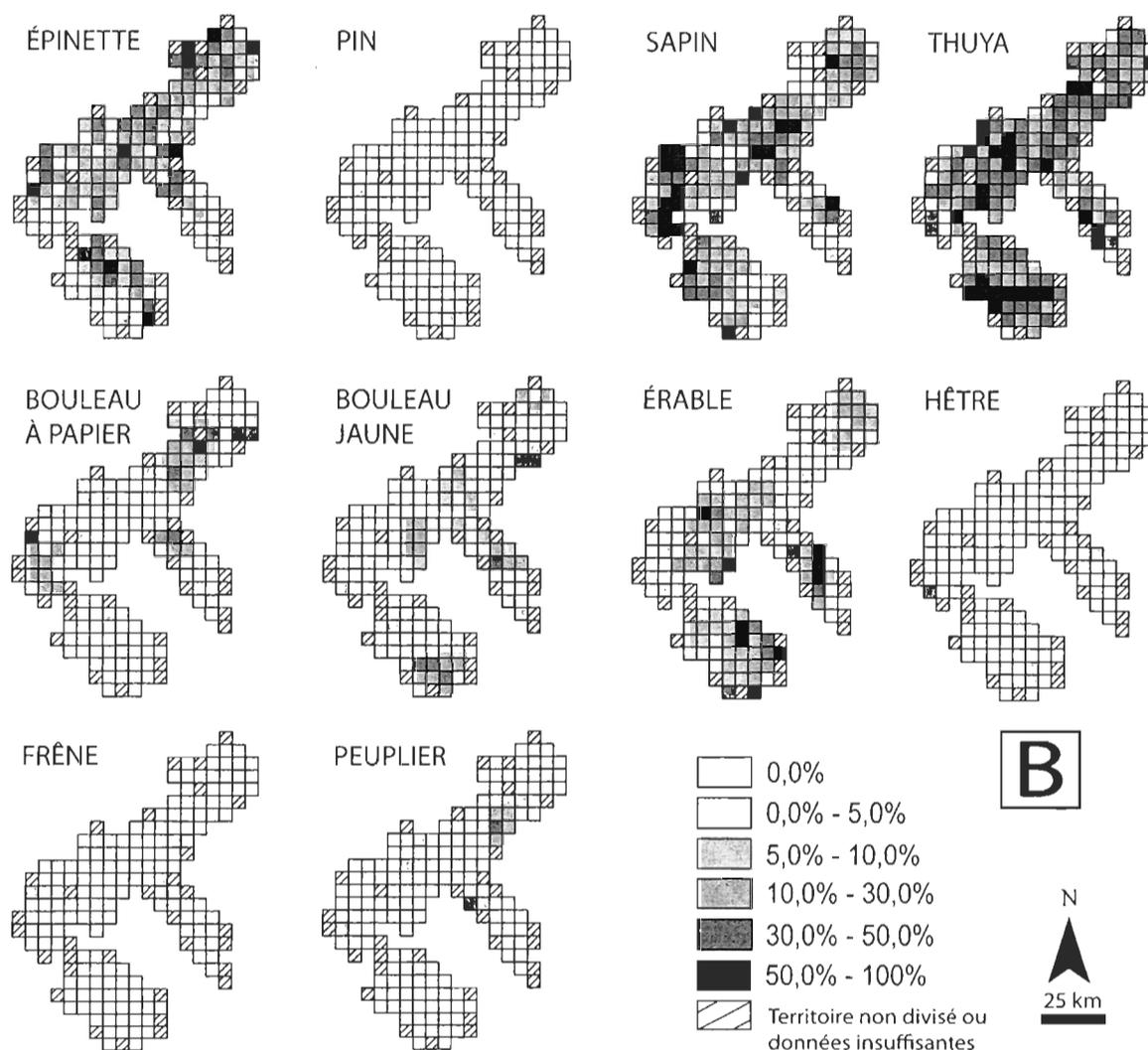


Figure 7. Distribution des principaux taxons provenant des observations d'arpentage dans 157 cellules de 25km² en fonction de A : leur fréquence, soit le pourcentage du recouvrement linéaire total pour lequel chacun des taxons a été noté; B : leur dominance, soit le pourcentage du recouvrement linéaire total pour lequel chacun des taxons a été noté la position #1.

La distribution de la fréquence et de la dominance des taxons en fonction de l'altitude montre une plus forte proportion de conifères dans les basses terres et un accroissement des érables vers les plus hautes altitudes (figure 8). Cette situation semble toutefois s'inverser lorsque l'élévation atteint 460m et plus. Bien que peu dominants, le bouleau jaune était plus

fréquent vers les plus hautes altitudes et le bouleau à papier plus fréquent vers les basses altitudes. Les taxons du groupe « autres » étaient légèrement plus fréquents et dominants à moins de 300m d'altitude, alors que les peupliers étaient pratiquement absents à plus de 300m.

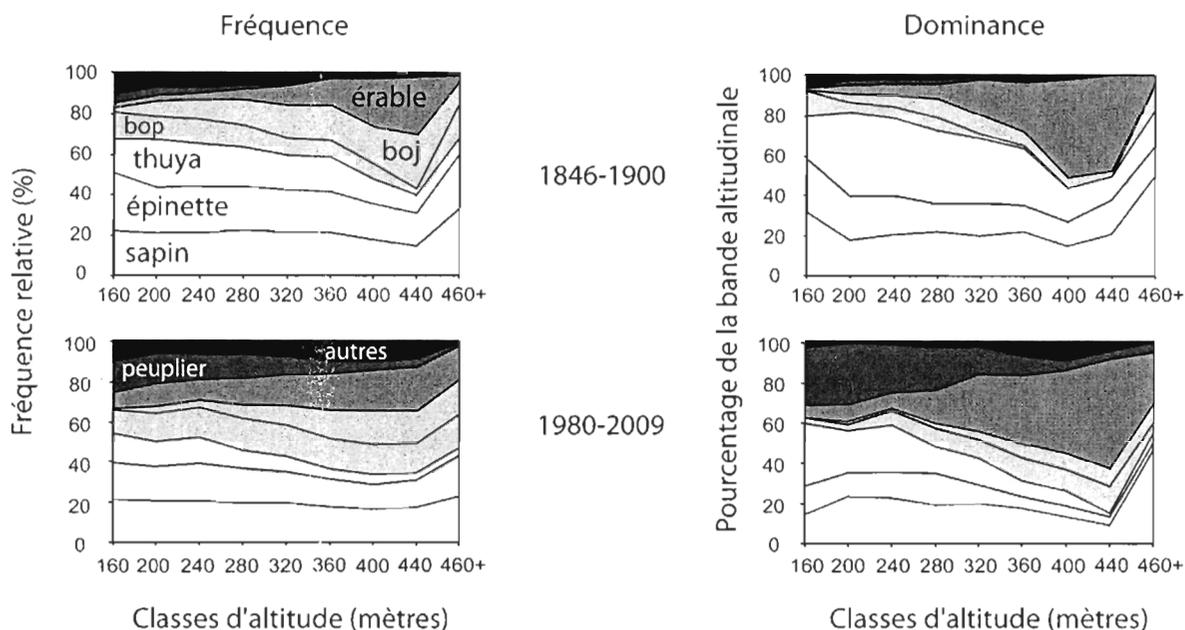


Figure 8. Distribution de la fréquence (gauche) et de la dominance (droite) des taxons en fonction de l'altitude par classes de 40m. Les bandes altitudinales inférieures à 140m ont été exclues en raison du faible effectif. Seuls les principaux taxons désignant des arbres sont présentés. Le groupe « autres » contient tous les autres taxons du tableau 2 (A). Les observations d'arpentage sont pondérées par leur recouvrement linéaire et les données de la période 1980-2009 sont basées sur les rangs de surface terrière. bop : bouleau à papier; boj : bouleau jaune.

Changements de composition au cours du XX^e siècle

La comparaison entre les inventaires forestiers récents et les données d'arpentage montre une diminution de la dominance des conifères au profit des feuillus depuis le XIX^e

siècle. Dans les inventaires de 1980-2009, les conifères comptent pour 45,4% des arbres notés à la position #1 de surface terrière, une diminution de 27,1% par rapport à l'époque préindustrielle (tableau 2). Le taxon ayant subi la plus grande diminution de dominance est le thuya, passant de 32,7% à 14,7%, alors que la dominance du sapin, des épinettes, et du bouleau jaune s'est respectivement abaissée de 21,9% à 19,8%, de 16,8% à 10,4%, et de 6,5% à 3,8%. À l'inverse, la dominance des érables (érables à sucre et érable rouge) a augmentée de 13,2% à 22,6%, et celle des peupliers de 1,4% à 17,3% depuis la période préindustrielle. Ces deux taxons, combinés au bouleau à papier, dominaient 48,3% des forêts inventoriées entre 1980 et 2009, alors qu'ils dominaient seulement 19,4% des forêts au XIX^e siècle.

Les différences de fréquence entre les époques vont dans le même sens que les différences de dominance pour le thuya, les érables, le bouleau à papier et les peupliers (tableau 2). Par contre, même si leur dominance a diminuée, la fréquence des épinettes et du bouleau jaune est demeuré stable depuis le XIX^e siècle, alors que la fréquence du sapin a augmenté de plus de 20%. La plupart des arbustes présentent une fréquence et une dominance plus élevées dans les inventaires forestiers modernes que dans les observations d'arpentage, hormis l'aulne, qui semble beaucoup moins fréquent et dominant aujourd'hui parmi les arbustes qu'il ne l'était au XIX^e. À l'échelle des peuplements, la forme de la distribution de fréquences des taxons en fonction de leur position dans les énumérations est similaire entre les époques, hormis pour les frênes (figure 6).

Les changements de fréquence et de dominance à l'échelle de la région d'étude s'expriment de manière différente en fonction de l'altitude. Alors que la fréquence et la

dominance des peupliers et des érables ont particulièrement gagné du terrain sous les 360m, le bouleau à papier est aujourd'hui plus fréquent et dominant vers les hautes altitudes (figure 8). La fréquence des épinettes, du sapin et du thuya semble avoir diminuée de façon équivalente dans les différentes bandes altitudinales, alors que la fréquence et la dominance des taxons formant le groupe « autres » est davantage concentrée vers les plus hautes bandes altitudinales dans les inventaires de 1980-2009 par rapport à l'époque préindustrielle.

DISCUSSION

Le thuya, le sapin et les épinettes étaient les espèces les plus fréquentes et les plus dominantes dans les forêts préindustrielles du BSL, notamment sous les 360m d'altitude. Les érables dominaient entre 360 et 460m d'altitude, même si leur fréquence y était relativement faible. Les érables étaient souvent accompagnés par le bouleau jaune et le hêtre, mais aussi par le sapin et les épinettes. Les bouleaux à papier et jaune étaient fréquents dans tous les secteurs et à toutes les altitudes, mais le plus souvent comme espèces compagnes. La faible fréquence et la faible dominance des érables dans les basses terres s'expliquerait par le drainage d'air froid vers le fond des vallées combiné à des sols plus humides, limitant leur implantation (Barras et Kellman, 1998). Un assemblage similaire d'espèces a été documenté dans les forêts préindustrielles adjacentes du nord-est du Maine (Lorimer 1977, Cogbill et al. 2002).

Le thuya est le taxon qui a subi la plus grande baisse de fréquence et de dominance depuis l'époque préindustrielle. Plusieurs raisons peuvent être invoquées pour expliquer cette tendance. D'abord, cette espèce a été fortement exploitée à partir de la fin du XIX^e siècle pour la fabrication de bardeaux, de dormants de chemin de fer, de poteaux de téléphone, de pièces de bois pour la construction de maisons, etc. (Langelier, 1906; Fortin *et al.*, 1993). Ensuite, des études ont montré les difficultés de régénération du thuya suite aux coupes totales (Heitzman *et al.*, 1997; Heitzman *et al.*, 1999; Sorel, 2004) et aux feux (Bergeron et Charron, 1994; Archambault *et al.*, 1997), et son remplacement par des espèces plus compétitives et à croissance plus rapide comme l'érable à sucre, le peuplier

faux-tremble et le sapin baumier (Abrams et Scott, 1989; Bergeron et Charron, 1994). Le thuya se régénère mieux sur les terrains humides en raison de la faible compétition interspécifique, et des conditions plus propices à sa germination et à sa multiplication végétative par marcottage (Scott et Murphy, 1987; Heitzman *et al.*, 1999; Cornett *et al.*, 2000). Puisque les plus beaux spécimens visés par la récolte étaient retrouvés sur les terrains bien drainés et sur les pentes à l'époque préindustrielle (Langelier, 1906; Curtis, 1946), il n'est pas étonnant qu'on le retrouve aujourd'hui presque exclusivement sur les sites mal drainés et les falaises (Robitaille et Saucier, 1998). Étant donné sa croissance relativement lente, son confinement sur certains sites et la pression potentiel de broutage par le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) (Larouche, 2007), le retour du thuya comme composante importante des paysages forestiers du BSL devra nécessairement s'appuyer sur des initiatives de conservation et de restauration.

Les changements de fréquence et de dominance du sapin et des épinettes depuis le XIX^e siècle ne se sont pas fait de la même façon que pour le thuya. La comparaison avec les inventaires modernes a montré une baisse moins importante de leur dominance, surtout pour le sapin, et une augmentation marquée de la fréquence du sapin alors que celle des épinettes est demeurée stable. Cette situation pourrait s'expliquer par la tolérance à l'ombre du sapin baumier et par la grande quantité de semis qu'il produit en sous bois, lui permettant de profiter rapidement des ouvertures créées par les coupes et les feux (Archambault *et al.*, 1997; Archambault *et al.*, 2006; Prévost, 2008). Le sapin baumier a également pu augmenter sa fréquence par le biais des épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette, lui qui y est fortement associé (Baskerville, 1975; Blais, 1983). La grande

sévérité de la dernière épidémie (1967-1992, MRNFQ (2009)) est peut-être due à une expansion des sapins dans la première moitié du XIX^e siècle, ce qui en retour a possiblement augmenté davantage sa fréquence. Puisque l'épinette blanche est aussi reconnue pour profiter efficacement des ouvertures dans la canopée (Ruel et Pineau, 2002) et que ces deux taxons sont présents dans la majorité des peuplements actuels, l'augmentation de leur dominance dans le futur est possible, surtout si des traitements sylvicoles sont planifiés en ce sens.

Le régime de perturbations des forêts préindustrielles du BSL peut être en partie expliqué par les observations des arpenteurs. D'abord, les différences de composition entre les basses et les hautes altitudes et la dominance par des espèces de fin de succession suggèrent que la composition et la répartition des forêts étaient influencées par des variables comme la topographie et le climat, plutôt que par des perturbations sévères et étendues spatialement (Abrams et McCay, 1996). Une étude menée au BSL suggère une grande proportion de peuplements âgés de plus de 100 ans à l'époque préindustrielle (Boucher *et al.*, 2009), ce qui indique la prédominance de perturbations secondaires, de sévérité variable et d'étendue spatiale relativement faibles (Turner *et al.*, 1993). Ensuite, l'omniprésence d'espèces vulnérables au feu, comme le sabin baumier et le thuya occidental, combiné à la faible fréquence et dominance d'espèces adaptées au feu comme les peupliers et les pins, montrent que les feux étaient plutôt rares dans cette région (Lorimer, 1977; Furyaev *et al.*, 1983; Frelich et Reich, 1995; Bergeron, 2000). Le remplacement des arbres devait donc s'effectuer principalement par l'entremise de petites trouées provoquées par des épidémies d'insectes et des chablis de petites envergures,

comme c'est souvent le cas dans les forêts anciennes et fermées (Turner et al. 1993, Sorel 2004). Un tel régime de perturbations a été proposé pour le BSL (Boucher *et al.*, 2006; Boucher *et al.*, 2009) et les forêts naturelles adjacentes du nord-est du Maine (Lorimer, 1977; Fraver *et al.*, 2009) et du Nouveau Brunswick (Wein et Moore, 1977). La plus grande fréquence et la plus grande dominance combinées des pins et des peupliers dans la partie nord-est reflètent probablement l'occurrence occasionnelle de feux dans ce secteur.

La plus grande occurrence de feux dans la première moitié du XX^e siècle (figure 5) découle probablement des activités humaines. Au Québec, même si la première loi visant à protéger les forêts contre les incendies a été adoptée en 1870 (Blanchet, 2003), des rapports subséquents sur les feux de forêt, publiés par le gouvernement du Québec (Québec, 1906-1939), font état qu'entre 1906 et 1939 plus de 70% des feux de forêt étaient d'origine humaine. Les principales causes étaient les feux d'abatis échappés, les locomotives, les opérations forestières et les activités de loisirs, alors que les feux allumés par la foudre ne dépassaient pas 6%. Des résultats similaires ont été documentés dans les provinces du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse, indiquant aussi de faibles pourcentages de feux allumés par la foudre depuis la fin des années 1920 jusqu'en 1975 (Wein et Moore, 1977, 1979). De plus, dans un inventaire des ressources naturelles effectué à la fin des années 1930, Guay (1942) a estimé qu'environ 5% du comté de Rimouski brûlait chaque année, sans toutefois mentionner l'origine des incendies, mais en blâmant la négligence des colons à cet égard. L'influence du climat sur la fréquence des feux au BSL est par conséquent difficile à évaluer au XX^e siècle, et possiblement aussi dans la deuxième moitié

du XIX^e siècle, en raison d'un accroissement des activités humaines au même moment (Niklasson et Granström, 2000; Grenier *et al.*, 2005).

Un autre changement important dans la dynamique des forêts du BSL est la pratique des coupes industrielles pour le bois de sciage et pour l'industrie naissante des pâtes et papier à partir de la fin du XIX^e siècle (Fortin *et al.*, 1993). Ces coupes sont sans doute en grande partie responsables de la diminution de la dominance des conifères au profit des feuillus (Etheridge *et al.*, 2005; Boucher *et al.*, 2006; Etheridge *et al.*, 2006). Depuis le début de l'exploitation forestière au BSL, les espèces d'abord visées par les coupes ont été les conifères, réduisant de manière importante le nombre de semenciers de pins, d'épinettes, de sapins et de thuyas tout en laissant debout les feuillus. Ce phénomène s'est accentué avec l'utilisation répandue de la coupe totale dans la deuxième moitié du XX^e siècle. Les coupes totales ont créé de grandes ouvertures permettant l'envahissement par des espèces héliophiles à croissance rapide comme les peupliers, le bouleau à papier, les érables, le cerisier de Pennsylvanie, le noisetier, les saules et l'aulne rugueux (Harvey et Bergeron, 1989; Bouchard et Domon, 1997; Archambault *et al.*, 1998; Aubin *et al.*, 2005; Prévost, 2008). De plus, l'utilisation de machinerie lourde sur les chantiers a eu pour effet de détruire en bonne partie la régénération en conifères, surtout en saison estivale (Harvey et Bergeron, 1989; Archambault *et al.*, 2006). Les coupes de récupération effectuées dans les peuplements affectés par la dernière épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette représentent le dernier événement ayant favorisé l'avancement des feuillus au détriment des conifères. Durant cette période, l'importance relative de la superficie des feuillus est passée

de 14% à 17% et de 26% à 31% pour les forêts mélangées au Québec (Grondin *et al.*, 2003).

Au XX^e siècle, les peupliers ont augmenté de manière drastique en fréquence dans les peuplements situés en deçà de 320m d'altitude. Plus de 80% de ces peuplements sont aujourd'hui dominés par le peuplier faux-tremble. L'expansion du peuplier faux-tremble a été certainement favorisée par l'augmentation de la fréquence des feux, car c'est une espèce capable d'envahir rapidement un site brûlé par reproduction végétative et par graines, et ce même à partir d'un petit nombre d'individu (Bergeron et Charron, 1994; Archambault *et al.*, 1997; Fortin, 2008). Dans l'ensemble des observations d'arpentage (1846-1949), plus de 20% des peuplements dominés par les peupliers étaient accompagnés de l'observation « brûlé » ou « vieux brûlé » (résultats non montrés). Plusieurs autres peuplements de peupliers étaient probablement issus de feux, puisque les arpenteurs pouvaient difficilement reconnaître l'occurrence d'un feu survenu 15 à 20 ans avant leur passage (Lorimer, 1980). Les peupliers peuvent aussi coloniser rapidement les parterres de coupes, surtout si le sol a été au préalable scarifié par la machinerie forestière (Carleton et MacLellan, 1994). La situation est d'autant plus favorable lorsqu'un feu survient après une coupe, comme pour les feux d'abattis, parce que le feu détruit la régénération coniférienne et expose le sol minéral, ce qui stimule la reproduction végétative en plus de permettre au peuplier de s'établir par graines. Bien que son expansion soit récente, son maintien par drageonnement dans les peuplements déjà colonisés et sa capacité à s'installer par graines sur des sites dénudés comme les bords de routes et les chemins forestiers suggèrent que le peuplier faux-tremble continuera d'accroître sa dominance dans le futur (Fortin, 2008).

Ensemble, l'érable à sucre et l'érable rouge sont aujourd'hui les espèces d'arbres les plus dominantes dans la région d'étude. L'accroissement de leur fréquence et de leur dominance depuis l'époque préindustrielle a été documentée pour l'ensemble du nord-est de l'Amérique du Nord (Siccama, 1971; Whitney, 1994; Bürgi *et al.*, 2000; Leadbitter *et al.*, 2002; Friedman et Reich, 2005; Pinto *et al.*, 2008). Parmi les hypothèses soulevées pour expliquer leur expansion, des études soulignent le caractère généraliste de ces deux espèces, c'est-à-dire leur capacité à croître sous différentes conditions de sol et de lumière. De plus, leur germination abondante et efficace leur permet de coloniser rapidement les parterres de coupes, les terrains abandonnés, et même les sites brûlés, ce qui leur donne l'opportunité de se maintenir à tous les stades de succession (Bouchard et Domon, 1997; Abrams, 2003; Lin et Augspurger, 2008; Nolet *et al.*, 2008). Ces caractéristiques écologiques peuvent en partie expliquer pourquoi l'expansion des érables s'est effectuée surtout sur les altitudes inférieures à 360m. La capacité de l'érable à sucre à tolérer l'ombre et à stocker des plantules dans les peuplements à dominance coniférienne de plus basses altitudes lui a possiblement permis de remplacer les conifères sur plusieurs sites suite aux ouvertures créées par les coupes. Aujourd'hui, l'érable à sucre domine peut-être certains sites marginaux en termes de conditions édaphiques, où il est possiblement sujet au dépérissement ou à son remplacement par d'autres espèces d'arbres, comme c'est le cas dans les régions plus au sud du Québec ainsi qu'au nord-est des États-Unis (Brisson *et al.*, 1994; Whitney, 1998). L'utilisation des érablières pour la fabrication du sucre et du sirop d'érable par les colons n'est peut-être pas étrangère à l'augmentation de l'érable à sucre, puisqu'il était d'usage de conserver les érables et d'éliminer les espèces compagnes afin de

faciliter les déplacements et obtenir du bois de chauffage (Service d'extension en foresterie de l'Est du Québec, 1998; Whitney et Upmeyer, 2004). Aujourd'hui, 33,4% de la surface occupée par des peuplements classés « vieux et inéquiens » dans la région d'étude sont dominés par l'érable à sucre, contre 2,3% pour l'érable rouge et seulement 10,7% et 1,2% respectivement par le sapin et les épinettes, ce qui suggère que les érables à sucre ont été conservé préférentiellement aux autres espèces qui elles ont vue décroître leur nombre de semenciers. Outre la colonisation et les coupes, le réchauffement du climat au cours du XX^e siècle (Zhang *et al.*, 2000b) a probablement contribué à l'expansion des érables au nord-est de Amérique du Nord, surtout là où l'on retrouve des écotones entre la forêt feuillue et la forêt coniférienne (Beckage *et al.*, 2007). Dans la région du BSL, la température annuelle moyenne aurait augmenté que de 0.25°C à 0.5°C entre 1960 et 2003, et cette tendance n'est pas statistiquement significative (Yagouti *et al.*, 2006). Dans ce cas, l'augmentation des érables serait surtout attribuable aux coupes industrielles et aux caractéristiques écologiques de ces espèces, du moins à partir de la deuxième la moitié du XX^e siècle. Toutefois, compte tenue que les modèles climatiques prévoient une accélération du réchauffement climatique dans les prochaines décennies (Cox *et al.*, 2000), l'érable à sucre et de l'érable rouge vont vraisemblablement continués d'accroître leur fréquence et leur dominance au BSL.

Limites des archives d'arpentage

Parce que les relevés d'arpentage recueillis ont été réalisés à des moments différents, par des arpenteurs différents, et que ceux-ci n'avaient pas pour but premier de décrire la végétation, la qualité des informations forestières qu'ils contiennent réside dans les efforts

que chaque arpenteur a mis afin de décrire la forêt, mais aussi dans leur propre perception de la forêt (Gentilcore et Donkin, 1973). D'autres facteurs ont pu affecter la qualité des descriptions ou observations de végétation, comme la saison durant laquelle les arpentages étaient effectués, puisque pendant les mois d'hiver l'identification des feuillus est plus difficile étant donné qu'ils sont sans feuillage.

Environ 20% des observations d'arpentage qui décrivent la forêt ne fournissent pas d'information sur les taxons, mais uniquement sur le couvert forestier. Il est alors possible que la fréquence et la dominance de certains taxons soient surestimées ou sous-estimées. Par exemple, le thuya pourrait être l'un des taxons surestimés, parce que les arpenteurs semblaient toujours identifier les cédrières, qui ont été considérées dans les analyses comme des observations de thuya dans la position #1, alors que les expressions « bois mêlé » et « bois franc » qui ont été rejetées sont moins susceptibles de contenir du thuya, surtout comme espèce dominante. L'importance de ce biais peut être évaluée à partir des observations où un arpenteur a noté à la fois le couvert forestier et une énumération de taxons, comme par exemple « bois mêlé, sapin, épinette, bouleau », en posant l'hypothèse que de telles observations combinées permettent de préciser la composition des couverts forestiers.

Le biais en faveur du thuya semble peu important, puisque celui-ci était relativement fréquent et dominant dans la plupart des couverts forestiers (tableau 4). Le couvert de type « bois mêlé » était fortement associé à la présence du sapin et des épinettes. Beaucoup de ces peuplements étaient dominés par le bouleau jaune, le sapin et le thuya. Le type « bois franc » contenait en majorité les érables suivit du bouleau jaune comme taxons dominants.

Les conifères étaient présents, même le thuya, mais jamais dominants dans les « bois francs ». Dans les autres types de couverts excepté les érablières, les conifères étaient nettement plus fréquents et dominants, surtout le thuya dans les types « bois mou » et « *black growth* », et les épinettes dans le type « savane ». L'application de ces pourcentages sur les 248 km de couverts forestiers qui n'ont pas été considérés dans les analyses suggère que l'exclusion de ces observations modifie relativement peu les pourcentages de fréquence et de dominance des taxons (tableau 5). Les plus grands changements dans le pourcentage de dominance atteignent seulement -1,6% pour le thuya et +2,1% pour le bouleau jaune. Les hausses sont un peu plus importantes pour la fréquence, avec une augmentation de 8,3%, 7,4%, et 5,4% respectivement, pour le sapin, les épinettes et le bouleau jaune. Le biais amené par l'exclusion des couverts forestiers semblent plus important pour la fréquence que pour la dominance, et davantage pour les taxons qui composent les « bois mêlés » et les « cédrières », deux types de couverts forestiers fréquemment mentionnés dans les relevés d'arpentage.

Tableau 5. Estimation de la contribution des observations de couvert forestier aux pourcentages de fréquence et de dominance du tableau 2. Une différence positive indique une augmentation et une différence négative indique une baisse du pourcentage de fréquence ou de dominance.

Taxon	(A) Données du tableau 2		(B) Données tableau 2 + Couvert forestier		Différence (B) - (A)	
	fréquence	position #1	fréquence	position #1	fréquence	position #1
Conifères						
Thuya	54.0	32.7	52.5	31.2	-1.5	-1.6
Sapin	61.5	21.9	69.8	21.1	8.3	-0.8
Épinette	62.5	16.8	69.8	16.4	7.4	-0.4
Pin	4.9	0.8	5.9	1.1	0.9	0.3
Mélèze	1.2	0.2	1.2	0.3	0.0	0.1
Feuillus						
Érable	20.7	13.2	22.0	13.6	1.3	0.4
Bouleau jaune	35.2	6.5	40.7	8.6	5.4	2.1
Bouleau à papier	29.9	4.7	32.0	4.3	2.2	-0.5
Peuplier	5.9	1.4	6.0	1.7	0.1	0.3
Hêtre	5.4	0.7	7.1	0.8	1.7	0.1
Frêne	2.6	0.6	3.5	0.6	0.9	0.0
Autres	2.2	0.3	1.4	0.3	-0.7	0.0
Total		100		100		

Même si le thuya, le sapin, et les épinettes étaient des espèces fréquentes et dominantes au XIX^e siècle, les arpenteurs étaient peut-être enclin à décrire préférentiellement les peuplements contenant du bois de qualité marchande ou utile pour les colons. Par conséquent, une attention moins importante a pu être donnée aux espèces non commerciales ainsi qu'aux arbres de petites tailles et aux arbustes. Toutefois, le bouleau à papier et les érables, des espèces très peu prisées par l'exploitation forestière au XIX^e siècle, ont été mentionnés souvent, suggérant que ce biais est probablement peu important pour plusieurs arpenteurs, du moins en ce qui concerne les arbres.

Cela n'empêche pas que, lors des premiers arpentages, l'exploitation forestière était commencée depuis plusieurs années, ce qui pourrait avoir surestimé la fréquence et la dominance de certains taxons au détriment de d'autres. À partir des années 1820, la compagnie de William Price et fils de Rimouski récolte déjà les plus beaux spécimens de pins, et d'épinettes, avant même que le premier arpentage d'un canton ne soit effectué dans le BSL. De plus, plusieurs arpenteurs ont indiqué dans leur rapport que l'exploitation des bois de commerce était en cours sur le territoire qu'ils avaient arpenté. Il est toutefois peu probable que la fréquence et la dominance des pins et des épinettes soient sous-estimées de manière significative dans les analyses, d'abord parce que la majorité des cantons arpentés entre 1846 et 1900 étaient peu habités (Martin, 1959), mais aussi parce que les coupes étaient effectuées surtout à proximité de rivières permettant la drave (Fortin *et al.*, 1993; Boucher *et al.*, 2009).

Une autre source potentielle de biais provient de la comparaison entre les données d'arpentage et les inventaires de 1980-2009. Les énumérations des arpenteurs contiennent

en moyenne 2,8 ($\pm 1,5$) taxons par énumération alors que les inventaires modernes en contiennent 4,1 ($\pm 1,4$). De plus, le nombre d'observations d'arpentage où un seul taxon est nommé est particulièrement élevé en comparaison avec les inventaires modernes (figure 9). Même lorsque l'on retire de cette distribution les types de couverts forestiers comme les « cédrières », les « sapinières », et les « érablières » qui étaient susceptibles de comporter plus d'un taxon, la distribution du nombre de taxon par énumération demeure différente entre les arpenteurs et les inventaires de 1980-2009 (figure 9), même si le nombre moyen de taxon par énumération est un peu plus élevé avec 3,1 ($\pm 1,4$). Il est également possible que la majorité des arpenteurs ne nommaient que les arbres, en omettant, volontairement ou non, les arbustes comme l'érable à épis, le cerisier de Pennsylvanie, les saules, le noisetier, etc. Les arpenteurs ont mentionné beaucoup l'aulne, souvent en même temps qu'une zone humide (marais, « *swamp* », etc.). Puisque l'aulne est un arbuste associé aux zones humides et que celles-ci étaient notées et localisées avec attention par la plupart des arpenteurs, il est possible que la fréquence et la dominance de l'aulne soient surestimées par rapport aux autres arbustes. Cependant, si les forêts préindustrielles décrites par les arpenteurs étaient en fin de succession et peu altérées par l'homme, celles-ci seraient susceptibles de comporter moins d'espèces héliophiles et de début de succession comme les peupliers et les arbustes énumérés plus haut. Néanmoins, une évaluation visuelle de la végétation aura tendance à manquer des espèces, surtout si l'œil de l'observateur est davantage tourné vers le bois de commerce, en comparaison avec un inventaire forestier pour lequel l'unique but est de compiler l'abondance et le volume de toutes les espèces d'arbres et d'arbustes sur une surface donnée. La « méthode » employée par les arpenteurs aurait donc pu sous-

estimer la fréquence de certaines espèces dans les peuplements, surtout les espèces arbustives ou peu abondantes.

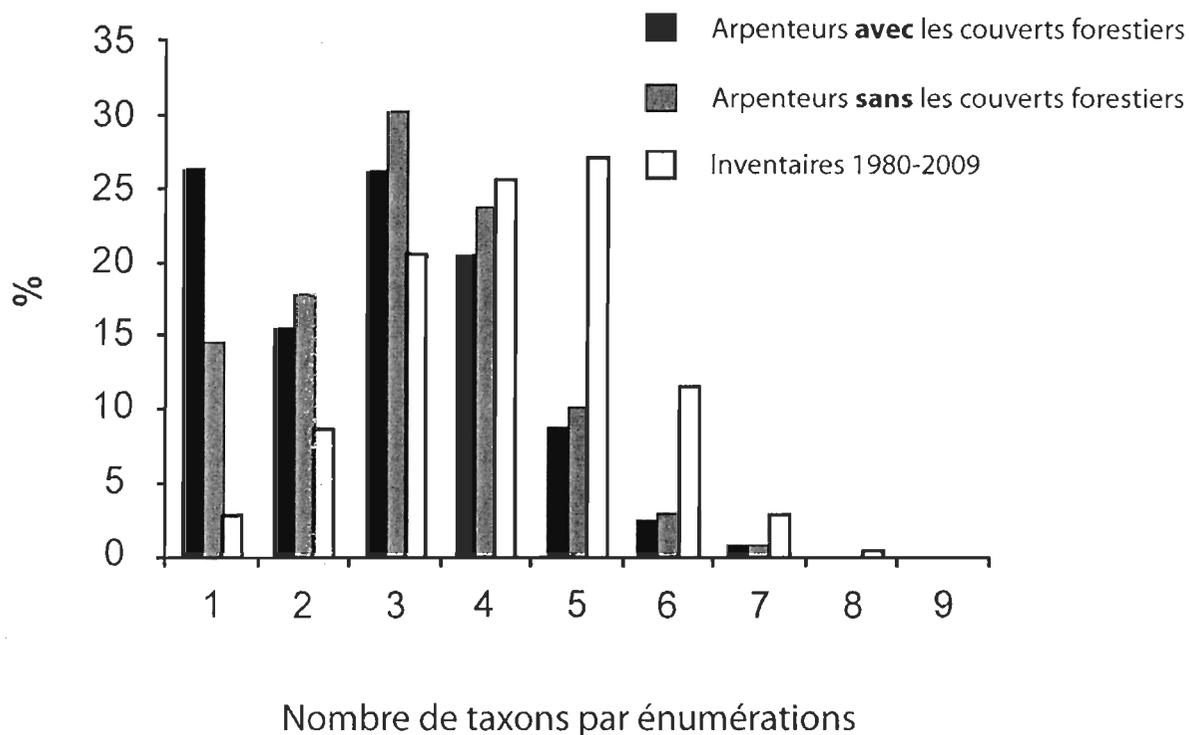


Figure 9. Nombre de taxons notés par énumération, comparé entre les inventaires de 1980-2009 et l'ensemble (1846-1949) des observations d'arpentage (non pondérées par le recouvrement linéaire) avec et sans couverts forestiers comme « cédrière », « sapinière », et « érablière » indiquant l'occurrence d'un seul taxon dominant.

CONCLUSION

Les forêts préindustrielles du Bas-Saint-Laurent étaient dominées par les conifères, particulièrement le thuya, le sapin, et les épinettes. Les peuplements dominés par les érables étaient surtout présents vers les plus hautes altitudes, et les peuplements de peupliers et de pins étaient très rares. Ces forêts évoluaient dans une dynamique naturelle dominée par des perturbations secondaires comme des chablis, des épidémies d'insectes et de rares feux. Les inventaires forestiers de 1980-2000 montrent un enfeuillage généralisé des forêts depuis l'époque préindustrielle, avec un accroissement important de la fréquence et de la dominance des érables et des peupliers au détriment des épinettes, du sapin et du thuya. Ces changements suggèrent une influence importante des activités humaines, spécialement des coupes totales qui ont cours depuis plus de 50 ans dans la région, mais aussi de la colonisation par l'entremise des feux de forêts et du défrichement pour l'agriculture.

Les conséquences de l'enfeuillage et du rajeunissement des forêts sont d'ordre écologique, économique et social (Arsenault *et al.*, 2004). Des efforts de conservation et de restauration des peuplements conifériens, surtout de thuya, devront être envisagés, et les objectifs d'aménagement écosystémique ciblés sur des pratiques sylvicoles qui favoriseront le retour de forêts ayant des caractéristiques de fin de succession.

Les données d'arpentage analysées ne sont pas parfaites. Elles comportent des biais potentiels qui semblent relativement mineurs mais qui doivent d'être évalués avec plus de rigueur, notamment en ce qui concerne la comparaison des fréquences entre ces données et les inventaires récents de végétation. Malgré cela, les archives d'arpentage méritent d'être

exploitées, puisqu'elles représentent la meilleure référence disponible sur la composition des forêts et leur répartition spatiale à l'époque préindustrielle.

CHAPITRE III

CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette étude s'inscrit dans un élan scientifique et gouvernemental en faveur d'un développement durable des écosystèmes forestiers (Arsenault *et al.*, 2004; MRNFQ, 2008). Elle visait à décrire les forêts du Bas-Saint-Laurent telles que vues par les premiers arpenteurs ayant divisé le territoire en canton au XIX^e siècle. Elle avait également pour but de mesurer les écarts de composition entre la forêt préindustrielle et l'actuelle, afin d'évaluer les impacts engendrés par les activités humaines au cours du XX^e siècle.

Les forêts préindustrielles du Bas-Saint-Laurent étaient dominées par les conifères, principalement le thuya, le sapin et les épinettes. Les feuillus les plus fréquents étaient les bouleaux et les érables. Les bouleaux étaient surtout codominants dans les peuplements, alors que les érables étaient plutôt dominants dans les plus hautes altitudes. Les pins et les peupliers étaient très rares. Au XX^e siècle, l'accroissement des activités humaines par le défrichement, l'augmentation de la fréquence des feux, et surtout les coupes totales, ont engendré un enfeuillage généralisé sur le territoire. Les peupliers, les érables, le bouleau à papier, et d'autres espèces de lumière ont aujourd'hui remplacés les conifères, surtout en dominance.

Que vont devenir ces forêts jeunes et dominées par les feuillus? La succession forestière vers des espèces de fin de succession est un processus long, surtout lorsque la dynamique naturelle est dominée par des perturbations secondaires à des intervalles plus courts que la révolution forestière. Même en laissant les forêts se régénérer naturellement,

l'expansion drastique des érables et des peupliers dans la région pourrait retarder encore plus la succession, en raison des caractéristiques écologiques propres à ces espèces maintenant bien établies. De plus, les coupes totales offrent les conditions idéales à l'expansion des espèces généralistes comme l'érable à sucre, l'érable rouge, le sapin, et des espèces héliophiles tel que les peupliers, le bouleau à papier, l'érable à épis, etc. Dans ces conditions, les espèces longévives comme le thuya n'ont que peu de chance de retrouver leur dominance préindustrielle sans interventions de restauration.

Dans la mesure où les activités forestières doivent continuer pour des raisons économiques et sociales, des initiatives doivent être prises afin de restaurer et de conserver des peuplements de conifères, surtout de thuya et d'épinettes, dans l'optique où nous voulons continuer à couper du bois sans engendrer des conséquences irréversibles sur la biodiversité. Toutefois, les choix de restauration et de conservation peuvent être complexes, parce que nous devons décider à quelle échelle spatiale et avec quelle référence temporelle nous devons les effectuer (Wallenius *et al.*, 2007). Dans ce contexte, les archives d'arpentage sont une référence temporelle à considérer. Bien que ces archives comportent de l'hétérogénéité quand à la qualité de l'information, elles correspondent toutefois à la meilleure information que nous possédions sur la composition des forêts et leur répartition spatiale tout juste avant l'industrialisation des activités forestières. La méthodologie d'analyse des archives d'arpentage est à raffiner, mais elle est néanmoins un point de départ des plus intéressants, procurant des intrants de composition préindustrielle essentiels à l'élaboration de nouvelles pratiques sylvicoles comme l'aménagement écosystémique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abrams, M.D. 1998. The red maple paradox: What explains the widespread expansion of red maple in eastern forests ? *BioScience* **48**(5): 355-364.
- Abrams, M.D. 2003. Where has all the white oak gone? *BioScience* **53**(10): 927-939.
- Abrams, M.D., et McCay, D.M. 1996. Vegetation-site relationships in witness trees (1780-1856) in the presettlement forest of eastern West Virginia. *Canadian Journal of Forest Research* **26**(2): 217-224.
- Abrams, M.D., Orwig, D.A., et DeMeo, T.E. 1995. Dendroecological analysis of successional dynamics for a presettlement-origin white-pine mixed-oak forest in the southern Appalachians, USA. *Journal of Ecology* **83**(1): 123-133.
- Abrams, M.D., et Scott, M., L. 1989. Disturbance-Mediated Accelerated Succession in Two Michigan Forest Types. *Forest Science* **35**(1): 42-49.
- Archambault, L., Delisle, C., Larocque, G.R., Sirois, L., et Belleau, P. 2006. Fifty years of forest dynamics following diameter-limit cuttings in balsam fir – yellow birch stands of the Lower St. Lawrence region, Quebec. *Canadian Journal of Forest Research* **36**(11): 2745-2755.
- 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.
- Archambault, L., Morissette, J., et Bernier-Cardou, M. 1998. Forest succession over a 20-year period following clearcutting in balsam fir yellow birch ecosystems of eastern Quebec, Canada. *Forest Ecology and Management* **102**(1): 61-74.

- Arsenault, J., Bauce, E., Bernard, J.T., Bouchard, A., Coulombe, G., Huot, J., Liboiron, M.A., et Szaraz, G. 2004. Rapport. Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise, Québec, xiv, 307 p.
- Attiwill, P.M. 1994. The disturbance of forest ecosystems: the basis for conservative management. *Forest Ecology and Management* **63**(2-3): 247-300.
- Aubé, M. 2008. The pre-European settlement forest composition of the Miramichi River watershed, New Brunswick, as reconstructed using witness trees from original land surveys. *Canadian Journal of Forest Research* **38**(5): 1159-1183.
- Aubin, I., Messier, C., et Kneeshaw, D.D. 2005. Population structure and growth acclimation of mountain maple along a successional gradient in the southern boreal forest. *Écoscience* **12**(4): 540-548.
- Barras, N., et Kellman, M. 1998. The supply of regeneration micro-sites and segregation of tree species in a hardwood/boreal forest transition zone. *Journal of Biogeography* **25**(5): 871-881.
- Baskerville, G.L. 1975. Spruce budworm: Super silviculturist. *The Forestry Chronicle* **51**(4): 138-140.
- Beckage, B., Osborne, B., Gavin, D., G., Pucko, C., Siccama, T.G., et Perkins, T. 2007. A rapid upward shift of a forest ecotone during 40 years of warming in the Green Mountains of Vermont. *Ecology* **105**(11): 4197-4202.
- 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 Charron, D. 1994. Postfire stand dynamics in a southern boreal forest (Québec): A dendroecological approach. *Écoscience* 1(2): 173-184.
- Black, B.A., et Abrams, M.D. 2001. Analysis of temporal variation and species-site relationships of witness tree data in southeastern Pennsylvania. *Canadian Journal of Forest Research* 31(3): 419-429.
- Blackadar, J.E. 2002. Human disturbance in Kejimikujik national park: presettlement to present. Graduate Academic Unit of Forestry and Environmental Management. 97 pages
- Blais, J.R. 1983. Trends in the frequency, extent and severity of spruce budworm outbreaks in Eastern Canada. *Canadian Journal of Forest Research* 13(4): 539-547.
- Blanchet, P. 2003. Feux de forêt : l'histoire d'une guerre. Trait d'union, Montréal, 183 p.
- Bolliger, J., Schulte, L.A., Burrows, S.N., Sickley, T.A., et Mladenoff, D.J. 2004. Assessing ecological restoration potentials of Wisconsin (USA) using historical landscape reconstructions. *Restoration Ecology* 12(1): 124-142.
- Bouchard, A., et Domon, G. 1997. The transformation of the natural landscape of the Haut-Saint-Laurent (Québec) and their implications on future resource management. *Landscape and Urban Planning* 37(1-2): 99-107.
- Boucher, Y. 2008. Transformation des forêts de l'Est du Québec depuis le début de l'exploitation forestière (1820-2000). Thèse de doctorat. Université du Québec. Département de Biologie, Chimie, et Géographie.

- Boucher, Y., Arseneault, D., et 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**: 505-517.
- Boucher, Y., Arseneault, D., Sirois, L., et Blais, L. 2009. Logging pattern and landscape changes over the last century at the boreal and deciduous forest transition in Eastern Canada *Landscape Ecology* **24**(2): 171-184.
- Boulanger, Y., et Arseneault, D. 2004. Spruce budworm outbreaks in eastern Quebec over the last 450 years. *Canadian Journal of Forest Research* **34**(5): 1035-1043.
- Brisson, J., et Bouchard, A. 2003. In the past two centuries, human activities have caused major changes in the tree species composition of southern Quebec, Canada. *Écoscience* **10**(2): 236-246.
- Bürgi, M., Russel, E.W.B., et Motzkin, G. 2000. Effects of postsettlement human activities on forest composition in the north-eastern United States: a comparative approach. *Journal of Biogeography* **27**(5): 1123-1138.
- Burton, P.J., Messier, C., Smith, D.W., et Adamowicz, W.L.E. 2003. Towards Sustainable Management of the Boreal Forest. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada, 1039 p.
- 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. *Écoscience* **1**(2): 141-152.
- Clarke, J., et Finnegan, G.F. 1984. Colonial survey records and the vegetation of Essex County, Ontario. *Journal of Historical Geography* **10**(2): 119-138.

- Cogbill, C.V., Burk, J., et Motzkin, G. 2002. The forests of presettlement New England, USA: spatial and compositional patterns based on town proprietor surveys. *Journal of Biogeography* **29**(10-11): 1279-1304.
- Cornett, M., W., Reich, P.B., Puettmann, K., J., et Frelich, L.E. 2000. Seedbed and moisture availability determine safe sites for early *Thuja occidentalis* (Cupressaceae) regeneration. *American Journal of Botany* **87**(12): 1807-1814.
- Crossland, D.R. 2006. Defining a forest reference condition for Kouchibouguac National Park and adjacent landscape in eastern New-Brunswick using four reconstructive approaches. Graduate Academic Unit of Forestry and Environmental Management.
- Crutzen, P.J., et Steffen, W. 2003. How long have we been in the Anthropocene era? *Climatic Change* **61**(3): 251-257.
- Curtis, J., D. 1946. Preliminary observations on northern white cedar in Maine. *Ecology* **27**(1): 23-36.
- Day, G.M. 1953. The Indian as an ecological factor in the northeastern forest. *Ecology* **34**(2): 329-346.
- Dyer, J.M. 2001. Using witness trees to assess forest change in southeastern Ohio. *Canadian Journal of Forest Research* **31**(10): 1708-1718.
- Edmonds, M. 2001. The pleasures and pitfalls of written records. Dans Egan, D., et Howel, E. A., éditeur, *The historical ecology handbook: a restoration's guide to reference ecosystems*. Édité par Island Press, Covelo, CA. pp. 147-172.

- Environnement Canada. 2009. Normales climatiques au Canada 1971-2000. Services météorologiques du Canada. Disponible via http://www.climate.weatheroffice.ec.gc.ca/climate_normals/index_e.html.
- Etheridge, D.A., MacLean, D.A., Wagner, R.G., et Wilson, J., S. 2005. Changes in landscape composition and stand structure from 1945–2002 on an industrial forest in New-Brunswick, Canada. *Canadian Journal of Forest Research* **35**(8): 1965-1977.
- Etheridge, D.A., MacLean, D.A., Wagner, R.G., et Wilson, J., S. 2006. Effects of intensive forest management on stand and landscape characteristics in northern New Brunswick, Canada (1945-2027). *Landscape Ecology* **21**(4): 509-524.
- Fortin, J.-C., Lechasseur, A., Morin, Y., Harvey, F., Lemay, J., et Tremblay, Y. 1993. Histoire du Bas-Saint-Laurent. Québec, Québec, 861 pages
- Fortin, S. 2008. Expansion postcoloniale du tremble (*Populus tremuloides*) dans le bassin de la rivière York, en Gaspésie. Département des sciences fondamentales. Thèse de doctorat. 103 pages
- Foster, D.R. 2002. Insights from historical geography to ecology and conservation: lessons from the New England landscape. *Journal of Biogeography* **29**(10-11): 1269-1275.
- Foster, D.R., Motzkin, G., et Slater, B. 1998. Land-use history as long-term broad-scale disturbance: Regional forest dynamics in central New England. *Ecosystems* **1**(1): 96-119.
- Fraver, S., White, A.S., et Seymour, R.S. 2009. Natural disturbance in an old-growth landscape of northern Maine, USA. *Journal of Ecology* **97**(2): 289-298.

- Frelich, L.E., et Reich, P.B. 1995. Old forest in the Lake States today and before european settlement. *Natural Areas Journal* **15**(2): 157-167.
- Friedman, S.K., et Reich, P.B. 2005. Regional legacies of logging: departure from presettlement forest conditions in northern Minnesota. *Ecological Applications* **15**(2): 726-744.
- Fuller, J.L., Foster, D.R., McLachlan, J.S., et Drake, N. 1998. Impact of human activity on regional forest composition and dynamics in central New England. *Ecosystems* **1**(1): 76-95.
- Furyaev, V.V., Wein, R.W., et McLean, D.A. 1983. Fire influences in Abies-dominated forests. *In* The role of fire in northern circumpolar ecosystems. *Édité par* R.W. Wein, et D.A. McLean. John Wiley & Sons Ltd., New-York, NY, USA. pp. 221-234.
- Gentilcore, L., et Donkin, K. 1973. Land Surveys of Southern Ontario. An introduction and index to the field notebooks of the Ontario land surveyors. York University. Toronto, Canada.
- Grenier, D., J., Bergeron, Y., Kneeshaw, D., et Gauthier, S. 2005. Fire frequency for the transitional mixedwood forest of Timiskaming, Quebec, Canada. *Canadian Journal of Forest Research* **35**: 656-666.
- Grondin, P., Bélanger, L., Roy, V., Noël, J., et Hotte, D. 2003. *Envhaissement des parterres de coupe par les feuillus de lumière (enfeuillage)*, p. 131 à 174. *Dans* : Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière, P. Grondin et A. Cimon, coordonateurs. Ministère des ressources naturelles, de la Faune et de Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier.

- Grondin, P., Blouin, J., et Racine, P. 1999. Rapport de classification écologique du sous-domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune de l'est. Direction de la recherche forestière Ministère des Ressources naturelles de la Faune et des Parcs.
- Guay, J.E. 1942. Inventaire des ressources naturelles du comté municipal de Rimouski, section forestière. Ministère de l'Industrie et du Commerce, et Ministère des Terres et Forêt, de la Chasse et de la Pêche du Québec. Québec. p. 282 pages.
- Guyette, R.P., et Spetich, M.A. 2003. Fire history of oak-pine forests in the Lower Boston Mountains, Arkansas, USA. *Forest Ecology and Management* **180**(1): 463-474.
- Hall, B., Motzkin, G., Foster, D.R., Syfer, M., et Burk, J. 2002. Three hundred years of forest and land-use change in Massachusetts, USA. *Journal of Biogeography* **29**(10-11): 1319-1335.
- Harvey, B.D., et Bergeron, Y. 1989. Site patterns of natural regeneration following clear-cutting in northwestern Quebec. *Canadian Journal of Forest Research* **19**: 1458-1469.
- Heitzman, E., Pregitzer, K.S., et Miller, R., O. 1997. Origin and early development of northern white-cedar stands in northern Michigan. *Canadian Journal of Forest Research* **27**: 1953-1961.
- Heitzman, E., Pregitzer, K.S., Miller, R., O., Lanasa, M., et Zuidema, M. 1999. Establishment and development of northern white-cedar following strip clearcutting. *Forest Ecology and Management* **123**: 97-104.
- Hiley, W.E. 1922. Reports on the limits of Messrs. Price Brothers & Compagny Limited. Oxford. Page 11.

- Jackson, S.M., Pinto, F., Malcolm, J.R., et 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**(4): 605-612.
- Kennedy, R.S.H., et Spies, T.A. 2004. Forest cover changes in the Oregon Coast Range from 1939 to 1993. *Forest Ecology and Management* **200**(1-3): 129-147.
- Langelier, J.-C. 1906. Les arbres de commerce de la province de Québec. *Édité par* Département des Terres et Forêts. Dussault et Proulx, Québec.
- Leadbitter, P., Euler, D., et Naylor, B. 2002. A comparison of historical and current forest cover in selected areas of the Great Lakes-St. Lawrence Forest of central Ontario. *The Forestry Chronicle* **78**(4): 522-529.
- Larouche, C. 2007. Exemples of browsing impact on cedar. Rapport interne pour Maibec Industries. 10 pages.
- Leahy, M.J., et Pregitzer, K.S. 2003. A comparison of presettlement and present-day forest in northeastern lower Michigan. *American Midland Naturalist* **149**(1): 71-89.
- Lin, Y., et Augspurger, C., K. 2008. Long-term spatial dynamics of *Acer saccharum* during a population explosion in an old-growth remnant forest in Illinois. *Forest Ecology and Management* **256**: 922-928.
- Lindenmayer, D.B., et Franklin, J.F. 2003. Towards Forest Sustainability. Island Press, Washington DC, 231
- Lorimer, C.G. 1977. The presettlement forest and natural disturbance cycle of northeastern Maine. *Ecology* **58**(1): 139-148.

- Lorimer, C.G. 1980. The use of land survey records in estimating presettlement fire frequency. *In* Proceedings of the Fire History Workshop, October 20-24, 1980, Tucson, Arizona. General technical report RM. *Édité par* University of Arizona. Laboratory of Tree-Ring Research., et Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station (Fort Collins Col.). The Station, Fort Collins, Colorado. pp. 57-62.
- Lorimer, C.G. 2001. Historical and ecological roles of disturbance in eastern North American forests: 9,000 years of change. *Wildlife Society Bulletin* **29**(2): 425-439.
- Lutz, S.G. 1997. Pre-european settlement and present forest composition in Kings county, New Brunswick, Canada. Faculty of Forestry and Environmental Management.
- Marie-Victorin, F. 1995. Flore Laurentienne, 3e édition mise à jour et annotée par Luc Brouillet, Stuart G. Hay, Isabelle Goulet, Marcel Blondeau, Jacques Cayouette, et Jacques Labrecque. Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 1093
- Martin, Y. 1959. Étude Démographique de la région du Bas Saint-Laurent. Conseil d'orientation économique du Bas Saint-Laurent Rimouski, 129 p.
- McLachlan, J.S., Foster, D.R., et Menalled, F. 2000. Anthropogenic ties to late-successional structure and composition in our New England hemlock stands. *Ecology* **81**(3): 717-733.
- Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. 1982. L'arpentage primitif: plus de 350 ans d'histoire. 12.
- Ministère des ressources naturelles de la Faune du Québec. Archives des arpentages. 5700, 4e Avenue Ouest, F 308. Québec (Québec) G1H 6R1.

- Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 2007. Normes d'inventaire forestier, placettes-échantillons temporaires. *Édité par* Direction des inventaires forestiers, Forêt Québec. Gouvernement du Québec.
- Mladenoff, D.J., White, M.A., Pastor, J., et Crow, T.R. 1993. Comparing spatial pattern in unaltered old-growth and disturbed forest landscape. *Ecological Applications* **3**(2): 294-306.
- MRNFQ. 2008. La forêt, pour construire le Québec de demain. Gouvernement du Québec.
- MRNFQ. 2009. Disponible via www.mrnf.gouv.qc.ca.
- Niklasson, M., et Granström, A. 2000. Numbers and sizes of fires: long-term spatially explicit fire history in a swedish boreal landscape. *Ecology* **81**(6): 1484-1499.
- Nolet, P., Delagrange, S., Bouffard, D., Doyon, F., et Forget, É. 2008. The successional status of sugar maple (*Acer saccharum*), revisited. *Annals of Forest Science* **65**(2). Pages 208.
- Paradis, T. 1995. La forêt, la surexploitation et la conscience de conservation: le cas du Bas-Saint-Laurent entre 1930 et 1950. *Revue d'histoire du Bas-Saint-Laurent* **18**(2): 24-32.
- Parshall, T., et Foster, D.R. 2002. Fire on the New England landscape: regional and temporal variation, cultural and environmental controls. *Journal of Biogeography* **29**(10-11): 1305-1317.
- Pinto, F., Romaniuk, S., et Ferguson, M. 2008. Changes to preindustrial forest tree composition in central and northeastern Ontario, Canada. *Canadian Journal of Forest Research* **38**(7): 1842-1854.

- Prévost, M. 2008. Effect of cutting intensity on microenvironmental conditions and regeneration dynamics in yellow birch - conifer stands. *Canadian Journal of Forest Research* **38**(2): 317-330.
- Québec, Service de protection contre les incendies. 1906-1939. Dans le Rapport annuel du ministre des Terres et Forêts du Québec. Documents de la Session.
- Radeloff, V.C., Mladenoff, D.J., Hong, H.S., et 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**(11): 1649-1659.
- Robitaille, A., et Saucier, J.-P. 1998. Paysage régionaux du Québec méridional, Direction de la gestion des stock forestiers et Direction des relations publiques, Ministère des Ressources naturelles du Québec. Publication du Québec, Québec,
- Rowe, J.S. 1972. Forest regions of Canada. Information Canada, Ottawa, x, 172 page.
- Ruel, J.-C., et Pineau, M. 2002. Windthrow as an important process for white spruce regeneration. *The Forestry Chronicle* **78**(5): 732-738.
- Russell, E.W.B., et Davis, R.B. 2001. Five centuries of changing forest vegetation in the Northeastern United States. *Plant Ecology* **155**(1): 1-13.
- Russell, E.W.B., Davis, R.B., Anderson, R.S., Rhodes, T.E., et Anderson, D.S. 1993. Recent centuries of vegetational change in the glaciated north-eastern United States. *Journal of Ecology* **81**(4): 647-664.
- Schulte, L.A., et Mladenoff, D.J. 2005. Severe wind and fire regimes in northern forests: historical variability at the regional scale. *Ecology* **86**(2): 431-445.

- Schulte, L.A., Mladenoff, D.J., Crow, T.R., Merrick, L.C., et Cleland, D.T. 2007. Homogenization of northern US Great Lakes forests due to land use. *Landscape Ecology* **22**(7): 1089-1103.
- Scott, M., L., et Murphy, P., G. 1987. Regeneration Patterns of Northern White Cedar, an Old-growth Forest Dominant. *The American Midland Naturalist* **117**: 10-16.
- Scull, P., et Richardson, J.L. 2007. A method to use ranked timber observations to perform forest composition reconstruction from land survey data. *American Midland Naturalist* **158**(2): 446-460.
- Service d'extension en foresterie de l'Est du Québec. 1998. Revue de littérature sur l'aménagement durable des érablières en vue de la production acéricole. La forêt modèle du Bas-Saint-Laurent 18 pages et annexes
- Shumway, D.L., Abrams, M.D., et Ruffner, C.M. 2001. A 400-year history of fire and oak recruitment in an old-growth oak forest in western Maryland, USA *Canadian Journal of Forest Research* **31**(8): 1437-1443.
- Siccama, T.G. 1971. Presettlement and present forest vegetation in northern Vermont with special reference to Chittenden county. *American Midland Naturalist* **85**(1): 153-172.
- Simard, H., et Bouchard, A. 1996. The precolonial 19th century forest of the Upper St Lawrence Region of Quebec: A record of its exploitation and transformation through notary deeds of wood sales. *Canadian Journal of Forest Research* **26**(9): 1670-1676.
- Sorel, C. 2004. Impacts des perturbations anthropiques du XX^e siècle sur deux forêts du Bas-Saint-Laurent. Département de biologie, chimie et géographie. 45 pages.

- Turner, M., G., Romme, W., H., Gardner, R., H., O'Neil, R., V., et Kratz, T., K. 1993. A revised concept of landscape equilibrium: Disturbance and stability on scaled landscapes. *Landscape Ecology* **8**(3): 213-227.
- Vitousek, P., et Mooney, H.A. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* **277**(5325): 494-499.
- Wallenius, T.H., Lilja, S., et Kuuluvainen, T. 2007. Fire history and tree species composition in managed *Picea abies* stand in southern Finland: Implication for restoration. *Forest Ecology and Management* **250**(1-2): 89-95.
- Wang, Y.-C. 2005. Presettlement land survey records of vegetation: geographic characteristics, quality and modes of analysis. *Progress in Physical Geography* **29**(4): 568-598.
- Wein, R.W., et Moore, J.M. 1977. Fire history and rotations in the New Brunswick Acadian Forest. *Canadian Journal of Forest Research* **7**(2): 285-294.
- Wein, R.W., et Moore, J.M. 1979. Fire history and recent fire rotation periods in the Nova Scotia Acadian Forest. *Canadian Journal of Forest Research* **9**(2): 166-178.
- White, M.A., et Mladenoff, D.J. 1994. Old-growth forest landscape transition from pre-European settlement to present. *Landscape Ecology* **9**(3): 191-205.
- Whitney, G.G. 1994. From coastal wilderness to fruited plain : a history of environmental change in temperate North America, 1500 to the present. Cambridge University Press, Cambridge, xxxiv, 451 p.

- Whitney, G.G. 1998. Sugar maple: Abundance and site relationships in the pre- and post-settlement forest, dans *Sugar maple ecology and health: Proceedings of an international symposium*, Warren, Pennsylvania. USDA Forest Service. Page 14-18.
- Whitney, G.G., et DeCant, J. 2001. Government land office survey and other early land surveys. Dans Egan, D., et Howel, E. A., éditeur, *The Historical ecology handbook : a restoration's guide to reference ecosystems*. Island Press, Covelo, CA. pp. 147-172.
- Whitney, G.G., et Upmeyer, M.M. 2004. Sweet trees, sour circumstances: the long search for sustainability in North American maple products industry. *Forest Ecology and Management* **200**(1-3): 313-333.
- Yagouti, A., Boulet, G., Vescovi, Luc. 2006. Homogénéisation des séries de températures et analyse de la variabilité spatio-temporelle de ces séries au Québec méridional, rapport no. 4. Homogénéisation des séries de températures du Québec méridional et analyse de l'évolution du climat à l'aide d'indicateurs. Consortium Ouranos, Montréal, Canada, 140 pages
- Zhang, Q., Pregitzer, K.S., et Reed, D.D. 1999. Catastrophic disturbance in the presettlement forests of the Upper Peninsula of Michigan. *Canadian Journal of Forest Research* **29**(1): 106-114.
- Zhang, Q., Pregitzer, K.S., et Reed, D.D. 2000a. Historical changes in the forests of the Luce district of the upper peninsula of Michigan. *American Midland Naturalist* **143**(1): 94-110.
- Zhang, X., Vincent, L.A., Hogg, W.D., et Niitsoo, A. 2000b. Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th Century. *Atmosphere Ocean* **38**: 395-429.

ANNEXE 1

Tableau A1. Nom, Occurrence, et synonyme moderne inféré pour les 16 564 observations recueillies dans cette étude concernant les énumérations de taxons, les types de couverts forestiers et les perturbations; [] indique qu'un autre synonyme est possible; un ? indique un degré d'incertitude dans l'identification.

Nom donné par l'arpenteur	Occurrence	Taxon inféré	Regroupement dans cette étude
Taxon			
Aulne ou <i>alder</i>	438	<i>Alnus rugosa</i>	Aulne
<i>Birch</i>	434	<i>Betula alleghanensis</i>	Bouleau jaune
<i>Black birch</i>	2	<i>Betula alleghanensis</i>	Bouleau jaune
Bois barré	6	<i>Acer pennsylvanicum</i>	Érables arbustifs
Bois blanc ou <i>white wood</i>	45	?	Autres
Bois bock	241	<i>Acer spicatum</i> [<i>Acer Pennsylvanicum</i>]	Érables arbustifs
Bois rouge	16	?	Autres
Bouleau	3607	<i>Betula papyrifera</i> [<i>Betula populifolia</i>]?	Bouleau à papier
Bouleau mentionné avec <i>birch</i> et <i>white birch</i>	283	<i>Betula</i> spp.	Autres
Cèdre ou <i>cedar</i>	4473	<i>Thuja occidentalis</i>	Thuya
Cerisier ou <i>cherry</i>	18	<i>Prunus</i> spp.	Cerisier
Chêne	1	<i>Quercus</i> spp.	Autres
Cormier	98	<i>Sorbus</i> spp.	Sorbier
Coudrier	107	<i>Corylus cornuta</i> ?	Noisetier
Cyprès	4	<i>Pinus banksiana</i>	Pins
Épinette blanche	1	<i>Picea glauca</i>	Épinette
Épinette grise	16	<i>Picea glauca</i>	Épinette
Épinette noire ou <i>black spruce</i>	199	<i>Picea mariana</i>	Épinette
Épinette ou <i>spruce</i>	6616	<i>Picea</i> spp.	Épinette
Épinette rouge	62	<i>Larix laricina</i>	Mélèze
Érable ou <i>maple</i>	2144	<i>Acer saccharum</i> [<i>Acer rubrum</i>]	Érable
Érable à épis	9	<i>Acer spicatum</i>	Érables arbustifs
Foin	3	<i>Carex</i> spp.?	Autres
Framboise	3	<i>Rubus</i> spp.	Autres
Frêne ou <i>ash</i>	230	<i>Fraxinus</i> spp.	Frêne
Hart	1	<i>Cornus</i> sp.	Autres
Hêtre ou <i>beech</i>	500	<i>Fagus grandifolia</i>	Hêtre
Liard	2	<i>Populus deltoïdes</i>	Peuplier
Mélèze	11	<i>Larix laricina</i>	Mélèze
Merisier	3682	<i>Betula alleghanensis</i>	Bouleau jaune

Tableau A1. Continué.

Nom donné par l'arpenteur	Occurrence	Taxon inféré	Regroupement dans cette étude
Couvert forestier			
Résineux	3		Bois mou
Sapinage	15	<i>Abies balsamea</i>	Sapin
Sapinière	54	<i>Abies balsamea</i>	Sapin
Savane	196		Savane
Sucrierie	116	<i>Acer saccharum</i> [<i>Acer rubrum</i>]	Érable
Perturbation			
Abatis ou abattis	72		Colonisation
Bois cassé par le vent	1		Chablis
Bois renversé par le vent	176		Chablis
Bois sec	104		Autres
Brulé	696		Feux
Buché	229		Coupes
Chablis ou <i>windfall</i>	16		Chablis
Champ ou culture	105		Colonisation
Chemin ou chemin de chantier ou route	816		Colonisation
Défriché	61		Colonisation
Friche	2		Colonisation
Jeune bois ou petit bois	369		Autres
Maison, habitation, moulin, etc.	34		Colonisation
Occupé	47		Colonisation
Portage ou chemin de portage	234		Colonisation
Seconde pousse ou <i>second growth</i>	41		Autres
Souches	9		Coupes
Vieux brûlé	113		Feux
Vieux buché	384		Coupes

Tableau A1. Continué.

Nom donné par l'arpenteur	Occurrence	Taxon inféré	Regroupement dans cette étude
Taxon			
Orme	19	<i>Ulmus spp.</i>	Orme
Peuplier ou <i>poplar</i>	234	<i>Populus spp.</i>	Peuplier
Pin blanc	16	<i>Pinus strobus</i>	Pin
Pin jaune ou <i>yellow pine</i>	2	<i>Pinus strobus</i>	Pin
Pin ou <i>pine</i>	287	<i>Pinus spp.</i>	Pin
Pin rouge	4	<i>Pinus resinosa</i>	Pin
Plaine	68	<i>Acer rubrum</i>	Érable
Sapin ou <i>fir</i>	7452	<i>Abies balsamea</i>	Sapin
Saule	44	<i>Salix spp.</i>	Autres
Sycomore	17	<i>Acer saccharinum?</i>	Autres
<i>Tamarack</i>	3	<i>Larix laricina</i>	Mélèze
Tremble ou <i>aspen</i>	620	<i>Populus tremuloïdes</i>	Peuplier
<i>White birch</i>	165	<i>Betula papyrifera</i>	Bouleau à papier
<i>White maple</i>	1	<i>Acer saccharinum?</i>	Érable
Couvert forestier			
Aulnage ou aunage	10	<i>Aulus rugosa</i>	Aulnes
Aulnaie ou aunaie ou aulnière ou aunière	30	<i>Aulus rugosa</i>	Aulnes
<i>Black growth</i>	112		Black growth
Bois dur	2	<i>Ostrya virginiana ?</i>	Bois franc
Bois franc ou <i>hardwood</i>	763		Bois franc
Bois mêlé	1735		Bois mêlé
Bois mou ou <i>softwood</i>	428		Bois mou
Cédrrière ou <i>cedar swamp</i>	1289	<i>Thuja occidentalis</i>	Thuya
Érablière	275	<i>Acer saccharum</i> [<i>Acer rubrum</i>]	Érable
Feillus	3		Bois franc
Frenière	1	<i>Fraxinus spp.</i>	Frêne
<i>Hard growth</i>	2		Bois franc
<i>Hard timber</i>	1		Bois franc
<i>Mixed</i>	35		Bois mêlé
<i>Mixed growth</i>	172		Bois mêlé
<i>Mixed timber</i>	331		Bois mêlé
<i>Mixed wood</i>	6		Bois mêlé
Pessière ou épinetière ou <i>spruce swamp</i>	96	<i>Picea spp.</i>	Épinette
Praire	3		Praire

