
**PORTRAIT DE LA FORET NATURELLE ET DES ENJEUX
ECOLOGIQUES DE L'ESTRIE**



**Commission régionale sur les ressources naturelles
et le territoire**

**Plan régional de développement intégré des ressources naturelles et du
territoire (PRDIRT)**

Version révisée en janvier 2015

PORTRAIT DE LA FORET NATURELLE ET DES ENJEUX ECOLOGIQUES DE L'ESTRIE

Coordination de l'édition

François Laliberté, ing.f., M.Sc.

Groupe Optivert inc.

Recherche et rédaction

François Laliberté, ing.f., M.Sc.

Julie Gauthier, géog., M.Sc.

Jean-François Boileau, ing.f.

Bernard Chauvette, géog., M.Sc.

Groupe Optivert inc.



Collaboration en Estrie

Alain Michaud, ing.f.

Direction des affaires régionales de la Direction générale régionale du ministère des ressources naturelles et de la faune, région de Laval-Laurentides-Lanaudière et Estrie, Montérégie-Montréal

Benoît Truax, Ph.D.

Dany Senay, ing.f.

Fiducie de recherche sur la forêt des Cantons-de-l'Est

Commission régionale sur les ressources naturelles et le territoire de l'Estrie

Lise Beauséjour, ing.f.

Louis Ménard, ing.f.

Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie

Direction de l'expertise régionale de la Direction générale régionale du ministère des ressources naturelles et de la faune, région de Laval-Laurentides-Lanaudière et Estrie, Montérégie-Montréal

Louise Gratton, biol., M.Sc.

Conservation de la Nature Canada et Corridor Appalachien

Martin Lajeunesse, ing.f.

Patrick Cartier, ing.f.

Syndicat des producteurs de bois de l'Estrie

Roch Grenier

Domtar

Sylvain Rajotte, ing.f.

Les Billots Sélect Mégantic inc.

Société d'aménagement de l'Estrie et Aménagement forestier et agricole des Sommets

Le contenu du document n'engage aucunement les personnes y ayant collaboré.

Janvier 2010

Version révisée en janvier 2015 (la proportion des types de couvert de la forêt naturelle a été revue).

Table de matières

Table de matières	i
Liste des figures	ii
Liste des tableaux	iii
Liste des annexes.....	iii
Remerciements et révision scientifique.....	1
Introduction	2
1 La région de l’Estrie	4
1.1. Territoire.....	4
1.2. Le climat.....	5
1.3. Le milieu physique	6
1.4. La végétation forestière	8
1.5. La tenure.....	8
1.6. L’utilisation du territoire	9
1.7. Les éléments d’intérêt	9
2 Méthodologie	11
2.1. Les unités de référence choisies	11
2.1.1. La région administrative de l’Estrie (05)	11
2.1.2. Le cadre écologique	11
2.1.3. Les régions et sous-régions écologiques	12
2.1.4. Les districts écologiques	13
2.2. Les sources d’informations	15
2.2.1. La revue de littérature	15
2.2.2. Les bases de données.....	15
2.3. Transposition des résultats scientifiques de Cogbill <i>et al.</i> (2002).....	17
2.3.1. Validation du concept méthodologique.....	18
2.3.2. Méthode de correspondance.....	18
2.3.3. Reconstitution des sères physiographiques	23
2.3.4. Validation avec les sources ponctuelles d’information	28
3 Portrait de la forêt naturelle.....	29
3.1 Revue de littérature et portrait estrien	29
3.1.1 Histoire forestière de la région	29
3.1.2 Composition forestière	33
3.1.3 Structure des peuplements.....	41
3.1.4 Dynamique forestière	44
3.1.5 Bois mort	47
3.1.6 Habitats des espèces fauniques	49
3.2 Mosaïque forestière naturelle résultante	55
4 Comparaison avec le portrait actuel	58
5 Portrait synthèse, constats et enjeux.....	72
5.1 Composition en essences et types de peuplement	72
5.2 Structure des peuplements.....	74
5.3 Bois mort	74
5.4 La faune et ses habitats.....	75
6 Projets futurs recommandés pour un approfondissement des connaissances	76
Conclusion.....	77
Bibliographie et références.....	79
ANNEXES	85

Liste des figures

Figure 1. La région de l’Estrie	4
Figure 2. Les subdivisions physiographiques de l’Estrie proposées par Dubois en 1974 (Agence de la mise en valeur de la forêt privée de l’Estrie (2000))	5
Figure 3. Les types de relief de l’Estrie à l’échelle du district écologique	7
Figure 4. Les sous-régions écologiques en Estrie	13
Figure 5. Les districts écologiques en Estrie	14
Figure 6. Quadrillage des moyennes climatiques à long terme (normales climatiques 1961-1990) pour le Canada et les États-Unis (Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, 2007).....	22
Figure 7. Classification des quatre groupes de Cogbill <i>et al.</i> (2002) sur la sère physiographique de la sous-région 3d-M (Coteaux de la rivière Chaudière).....	25
Figure 8. Classification des quatre groupes de Cogbill <i>et al.</i> (2002) sur la sère physiographique de la sous-région 3d-S (Collines du Mont-Mégantic).....	26
Figure 9. Classification des quatre groupes de Cogbill <i>et al.</i> (2002) sur la sère physiographique de la sous-région 2c-T (Coteaux de l’Estrie)	27
Figure 10. Localisation approximative du territoire couvert par les travaux de Booth et de Kesteman <i>et al.</i>	30
Figure 11. Défrichage des terres pour l’agriculture (Booth, 1971).....	31
Figure 12. Pourcentages de défrichage (Booth, 1971).....	32
Figure 13. Localisation approximative des forêts anciennes	41
Figure 14. Exemple d’utilisateurs associés aux différents stades de dégradation d’un arbre	53
Figure 15. Mosaïque forestière naturelle probable de l’Estrie	57
Figure 16. Portrait synthèse de la forêt actuelle	59
Figure 17. Comparaison de la composition arborescente – forêts naturelle et actuelle	62
Figure 18. Écart relatif de l’altération globale entre la forêt naturelle et la forêt actuelle des parties boisées	64
Figure 19. Écart relatif de l’altération globale entre la forêt naturelle et la forêt actuelle toutes superficies.....	66
Figure 20. Répartition de la superficie par district écologique, type de peuplement et stade de développement de la forêt actuelle.....	69

Liste des tableaux

Tableau I. Système hiérarchique de classification du territoire du MRNF	12
Tableau II. Cadre écologique de la région 05	12
Tableau III. Présentation des forêts anciennes inventoriées par le MRNF	16
Tableau IV. Composition des groupes selon Cogbill <i>et al.</i> (2002)	19
Tableau V. Données bioclimatiques associées aux groupes selon Cogbill <i>et al.</i> (2002)	20
Tableau VI. Données bioclimatiques associées aux unités de paysage du cadre écologique du MRNF.....	21
Tableau VII. Données bioclimatiques associées aux différentes stations météorologiques de la région de l'Estrie	21
Tableau VIII. Composition dominante des groupes de Cogbill <i>et al.</i> (2002)	23
Tableau IX. Composition végétale des forêts anciennes de l'Estrie inventoriées par MRNF	40
Tableau X. Structure et dynamique des forêts anciennes inventoriées par MRNF.....	42
Tableau XI. Synthèse de la composition et de la structure des forêts anciennes de la région de l'Estrie	43
Tableau XII. Synthèse de la composition et de la structure des forêts anciennes du nord-est des États-Unis	43
Tableau XIII. Disponibilité du bois mort dans les forêts anciennes et aménagées des domaines feuillus (tiré de Angers, 2009).....	49
Tableau XIV. Espèces fauniques vulnérables, menacées ou susceptibles d'être ainsi désignées au Québec (territoire de l'Estrie)	52
Tableau XV. Répartition par district écologique des groupes de composition végétale de la forêt naturelle	55
Tableau XVI. Proportion relative moyenne (%) des essences de la forêt naturelle régionale	56
Tableau XVII. Regroupement des essences pour la présentation des résultats à des fins de comparaison avec le portrait de la forêt naturelle selon les groupes de Cogbill <i>et al.</i> (2002).....	58
Tableau XVIII. Type forestier et structure moyenne actuels de la région toutes superficies	68
Tableau XIX. Comparaison de la proportion des types de peuplements	68
Tableau XX. Comparaison du bois mort, des forêts anciennes et des placettes échantillon permanentes de l'Estrie	70
Tableau XXI. Proportion relative moyenne des essences de la forêt naturelle régionale	73
Tableau XXII. Comparaison de la proportion des types de peuplements	73
Tableau XXIII. Proportion des superficies par stade de développement	74
Tableau XXIV. Comparaison du bois mort entre les données de Forêts Anciennes et la forêt actuelle estriennes	75

Liste des annexes

Annexe 1. Tableau chronologique (1800-1930) de la colonisation et de l'utilisation de la forêt des cantons de l'étude de Booth (1971).....	87
Annexe 2. Tableaux de production de bois équarri pour différentes essences forestières des cantons de l'étude de Booth (1971).....	89
Annexe 3. Reconstitution de la végétation postglaciaire de quatre sites par analyses polliniques.	93
Annexe 4. Distribution des groupes de Cogbill <i>et al.</i> (2002) dans le nord-est des États-Unis	99
Annexe 5. Regroupements des classes d'âge en stade de développement.....	103

Remerciements et révision scientifique

Nous tenons à remercier les personnes suivantes pour leur précieuse collaboration. Les échanges, discussions et partages d'informations ont permis d'éclairer notre travail à maintes occasions. Nous tenons aussi à les remercier d'avoir pris le temps de réviser et commenter ce document.

André B. Bouchard, Ph.D. (UM)
Charles V. Cogbill, Ph.D.
Daniel Gagnon, Ph.D. (UQAM)
Pierre J. H. Richard, Ph.D. (UM)
Dominique Arseneault, Ph.D. (UQAR)
Pierre Grondin, M.Sc. (MRNF)
Yan Boucher, Ph.D. (MRNF)

Introduction

Le portrait de la forêt naturelle s'inscrit dans le cadre de la confection du Plan régional de développement intégré des ressources naturelles et du territoire (PRDIRT). Le PRDIRT doit aborder les principaux enjeux écologiques régionaux dans le but d'aider les décideurs dans l'application d'une approche d'aménagement écosystémique. De plus, cette approche est une obligation de la certification forestière FSC, qui est l'objet de plusieurs initiatives d'implantation

Principaux enjeux écologiques à évaluer, tirés de Varady-Szabo *et al.*, 2008

Diminution des proportions de forêts mûres et surannées

Les attributs propres aux forêts mûres et surannées (structure, bois mort, etc.) favorisent des espèces animales ou végétales rares et spécialisées qui dépendent de ces habitats.

Raréfaction de certaines formes de bois mort

Le bois mort est un élément essentiel pour la conservation de la biodiversité biologique puisqu'une grande variété d'espèces fauniques et floristiques utilisent spécifiquement le bois mort. Ce dernier est également essentiel au maintien des processus écologiques des écosystèmes forestiers tels que la décomposition de la matière organique, la régénération des espèces, les cycles de l'eau et des éléments nutritifs.

Simplification des structures internes des peuplements

Les forêts qui ont une structure interne diversifiée soutiennent généralement une plus grande biodiversité que celles qui ont une structure interne uniforme. Certaines activités forestières tendent à créer des forêts équiennes régulières et moins diversifiées en essences.

Modification de la composition végétale des forêts

La composition végétale des forêts fait référence à la diversité et à la proportion relative des essences d'arbres, tant à l'échelle des peuplements qu'à celle des paysages. Le fait de perdre ou de gagner un élément de composition de la forêt pourrait mener à la raréfaction ou à l'envahissement de certaines essences. La modification de la composition végétale affecte les processus écologiques des forêts et le maintien de la biodiversité.

Modification de l'organisation spatiale des forêts

Dans un contexte forestier, l'organisation spatiale des écosystèmes porte sur l'arrangement des peuplements à différentes échelles de perception. La répartition des interventions sylvicoles sur un territoire façonne le paysage forestier. Or, la manière dont sont organisés les peuplements forestiers dans le paysage a un effet sur le maintien de la biodiversité et sur le fonctionnement des processus écologiques.

Maintien de l'habitat d'espèces fauniques et floristiques sensibles à l'aménagement forestier

La disparition d'une ou plusieurs espèces représente une perte pour la biodiversité; il s'agit donc d'un aspect essentiel à considérer dans la mise en oeuvre de l'aménagement écosystémique. Les activités humaines qui entraînent la modification et la dégradation de l'habitat, la surexploitation et l'introduction de nouvelles espèces sont les principales causes du déclin des espèces indigènes.

en Estrie. Finalement, dans le contexte des engagements internationaux du Québec en matière de conservation de diversité biologique, l'État a choisi deux stratégies : le développement du réseau d'aires protégées et l'implantation de l'aménagement écosystémique. La CRRNT de l'Estrie est engagée dans ces deux stratégies.

La forêt est une entité dynamique, s'adaptant aux contraintes et aux variations de son environnement. Son évolution a été manifeste depuis son implantation dans le paysage post-glaciaire, les variations climatiques en étant la principale cause. Mais aujourd'hui, après deux siècles d'occupation et d'exploitation du territoire, le paysage forestier a subi des transformations majeures et, à bien des endroits, a été remodelé par la présence humaine. L'agriculture, l'urbanisation et l'exploitation de la forêt ont grandement contribué à façonner la mosaïque forestière actuelle. Il est désormais nécessaire de se questionner sur l'état de la forêt et des enjeux écologiques qui en découlent, afin de mettre en oeuvre des stratégies favorisant les conditions permettant de préserver la richesse de ces écosystèmes complexes. Pour y parvenir, il devient incontournable de documenter, autant que possible, l'état de la forêt naturelle de l'Estrie avant tous ces changements de nature anthropique. Ce portrait agira comme

un état de référence pour déterminer l'ampleur des enjeux liés à l'aménagement de la forêt et des écosystèmes qui y sont reliés. En ce sens, le portrait de la forêt naturelle constitue l'une des premières étapes de la mise en œuvre d'une stratégie éclairée d'aménagement écosystémique (Varady-Szabo *et al.*, 2008).

La réalisation du portrait de la forêt naturelle de l'Estrie a pour objectifs :

- 1) la description de la forêt avant que celle-ci ne soit soumise aux interventions anthropiques, soit avant le 19^e siècle. La composition arborescente, la structure des peuplements et la dynamique forestière sont les éléments documentés dans le présent rapport;
- 2) la comparaison des éléments du portrait de la forêt naturelle avec ceux du portrait de la forêt actuelle;
- 3) l'évaluation des écarts entre les portraits naturel et actuel afin d'identifier les enjeux écologiques auxquels les stratégies d'aménagement devront apporter des solutions (Varady-Szabo *et al.*, 2008).

Mise en garde :

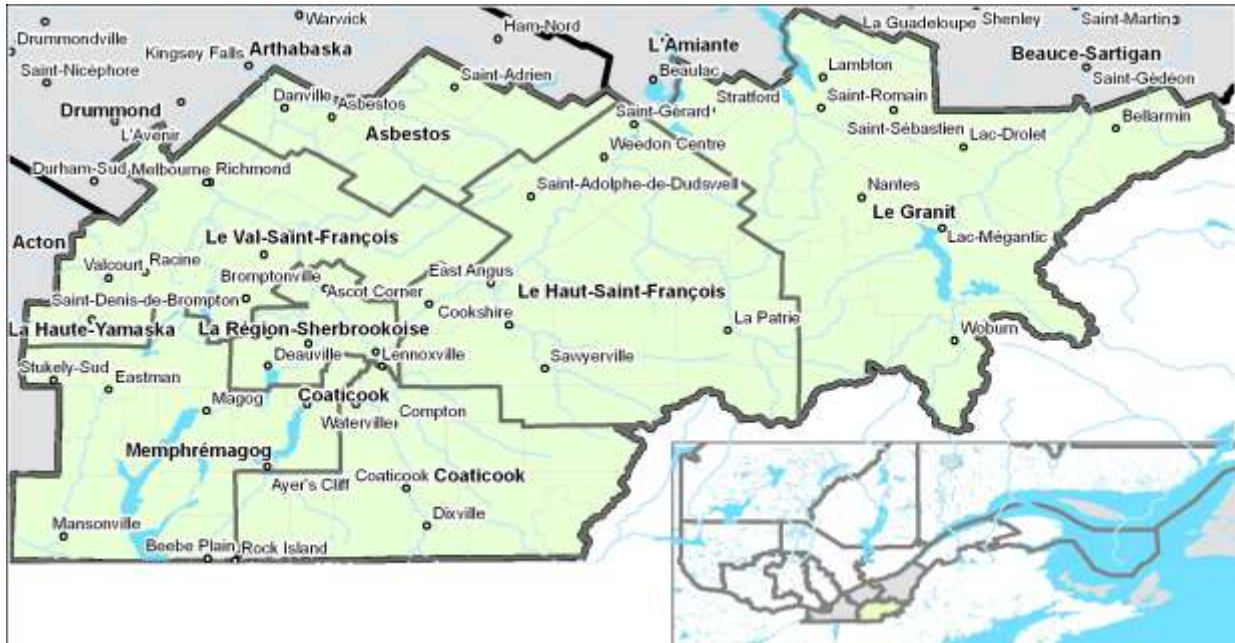
Le portrait tracé dans ce document s'appuie sur une revue de littérature la plus complète possible ainsi que sur des études réalisées sur la bases de relevés d'arpentage primitif dans les États du nord des États-Unis limitrophes à l'Estrie. Le lecteur doit tenir compte du caractère spatialement imprécis de l'information disponible à propos de l'état de la forêt avant l'arrivée des premiers colons. C'est pourquoi le portrait s'en tient à un niveau générique ou indicatif. Les conclusions ne sauraient donc être appliquées à l'échelle des peuplements pris individuellement.

1 La région de l'Estrie

Le portrait biophysique de l'Estrie est bien documenté dans la littérature et fort bien décrit dans le Plan de protection et de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie (Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie, 2000) et dans le PRDIRT (en préparation). Une description sommaire des éléments biophysiques du territoire est tirée de ces ouvrages pour dresser le cadre contextuel du milieu naturel. C'est l'objet des sections suivantes.

1.1. Territoire

La figure 1 présente la région de l'Estrie. Le territoire est situé dans la partie sud du Québec, à la limite avec la frontière des États-Unis. Il s'étend, du sud vers le nord, de 45° 00' N à 45° 57' N et de l'ouest vers l'est, entre 72° 29' O et 70° 23' O. Les régions en périphérie sont la Montérégie à l'ouest, le Centre-du-Québec et Chaudière-Appalaches au nord. Au sud, l'Estrie est bordée par les États du Vermont, du New-Hampshire et du Maine. L'Estrie est l'une des plus petites régions administratives du Québec avec une superficie totale de 10 134 km². Le territoire est subdivisé en 6 municipalités régionales de comté (MRC). Il s'agit des MRC de Coaticook, du Granit, du Val-Saint-François, du Haut-Saint-François, d'Asbestos et de Memphrémagog. L'agglomération de Sherbrooke est maintenant considérée comme une ville hors MRC. La population estrienne était de 304 702 en 2008 (Institut de la statistique du Québec).



Source : couvertures numériques du Système d'Information et de Gestion en Aménagement du Territoire (SIGAT), MAMR, 2009

Figure 1. La région de l'Estrie

1.2. Le climat

Par sa situation méridionale, l'Estrée profite de conditions climatiques plus clémentes que la majorité des autres régions québécoises. Les modifications climatiques intra-régionales sont principalement influencées par le gradient altitudinal du relief montagneux. Les plus hautes altitudes sont observées dans l'est de la région où sont situées les montagnes frontalières. Les écarts climatiques se manifestent ainsi de l'ouest vers l'est, occasionnant des températures plus basses et des précipitations plus élevées dans l'est. Le régime des précipitations est aussi soumis à l'influence du relief, les accumulations étant plus importantes dans l'est de la région (1400 mm de pluie et 425 cm de neige par année) que dans l'ouest (1050 mm de pluie et 250 cm de neige par année) (Portail gouvernemental/Région de l'Estrée, 2009).

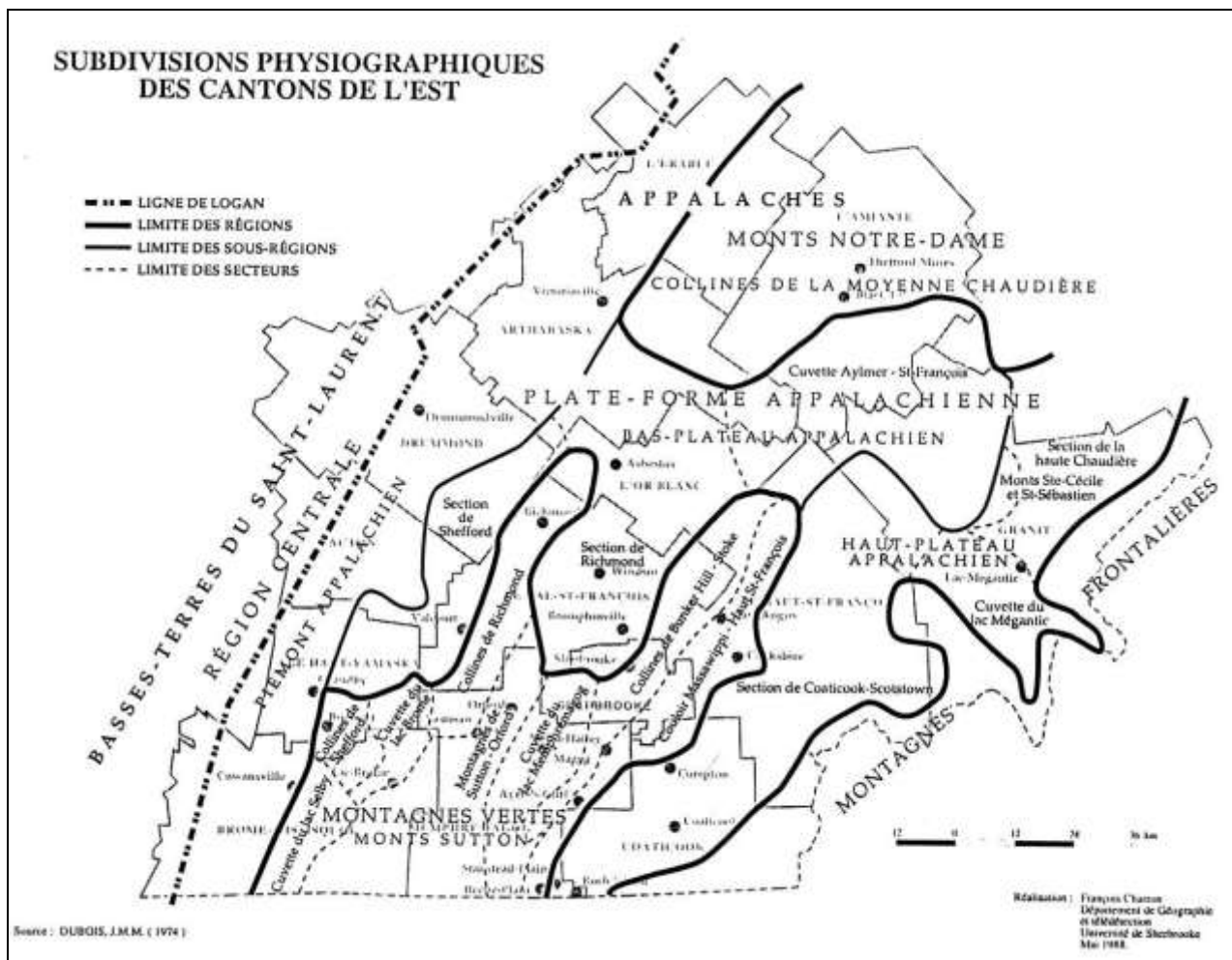


Figure 2. Les subdivisions physiographiques de l'Estrée proposées par Dubois en 1974 (Agence de la mise en valeur de la forêt privée de l'Estrée (2000)

1.3. Le milieu physique

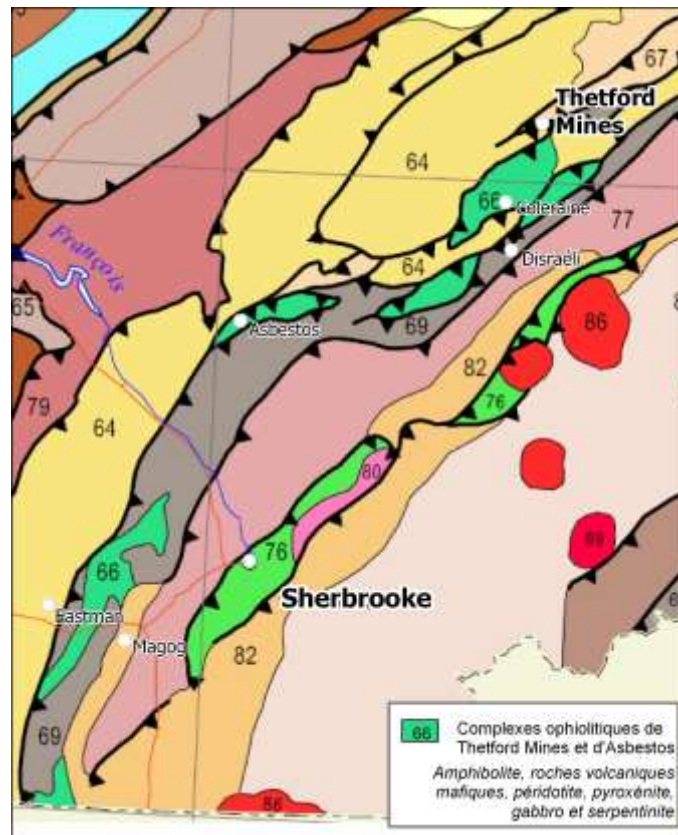
Physiographie

L'Estrie fait partie de l'ensemble physiographique des Appalaches. Cette chaîne de montagnes s'étend sur plus de 3300 km dans l'est de l'Amérique du nord, de l'État de l'Alabama aux États-Unis jusqu'à Terre-Neuve au Canada. Au Québec, la limite nord de cet ensemble physiographique coïncide avec la faille de Logan (Figure 2). L'ensemble des Appalaches est subdivisé en régions physiographiques, dont trois touchent le territoire de l'Estrie : 1) la Plate-forme appalachienne, qui correspond au piedmont, au bas plateau et au haut plateau appalachien; 2) les Montagnes Vertes et 3) les Montagnes frontalières (Figure 2).

Les Appalaches sont formées de roches sédimentaires (shale, grès) et volcaniques datant du Paléozoïque (il y a environ 500 millions d'années) qui ont subi un métamorphisme léger à moyen (schistes). Le massif granitique du mont Mégantic est un amas intrusif d'âge crétacé formé entre 65 et 135 millions d'années, qui fait partie des collines montréalaises (Dubois *et al.*, 1999). L'assise rocheuse du mont Mégantic est formée de roches ignées intrusives (gabbro, syénite et granite).

Complexes ophiolitiques

Les ophiolites sont des fragments de fond océanique transportés sur la marge continentale lors de la formation de chaînes de montagnes (Schroetter *et al.*, 2003). Lors de la première phase de construction de la chaîne appalachienne, un morceau du fond océanique Iapetus (Proto-Atlantique) a été préservé au sein de la nouvelle formation. Le résultat consiste en une bande de roches ultramafiques (ultrabasiques) composée de serpentine caractérisant la zone des Montagnes Vertes, et s'étendant en zones discontinues, du Vermont jusqu'à la municipalité de Saint-Joseph-de-Coleraine dans la région de Chaudière-Appalaches. Il s'agit des complexes ophiolitiques d'Orford-Chagnon-Baldface, de Thetford Mines et d'Asbestos (Laurent, 1978).



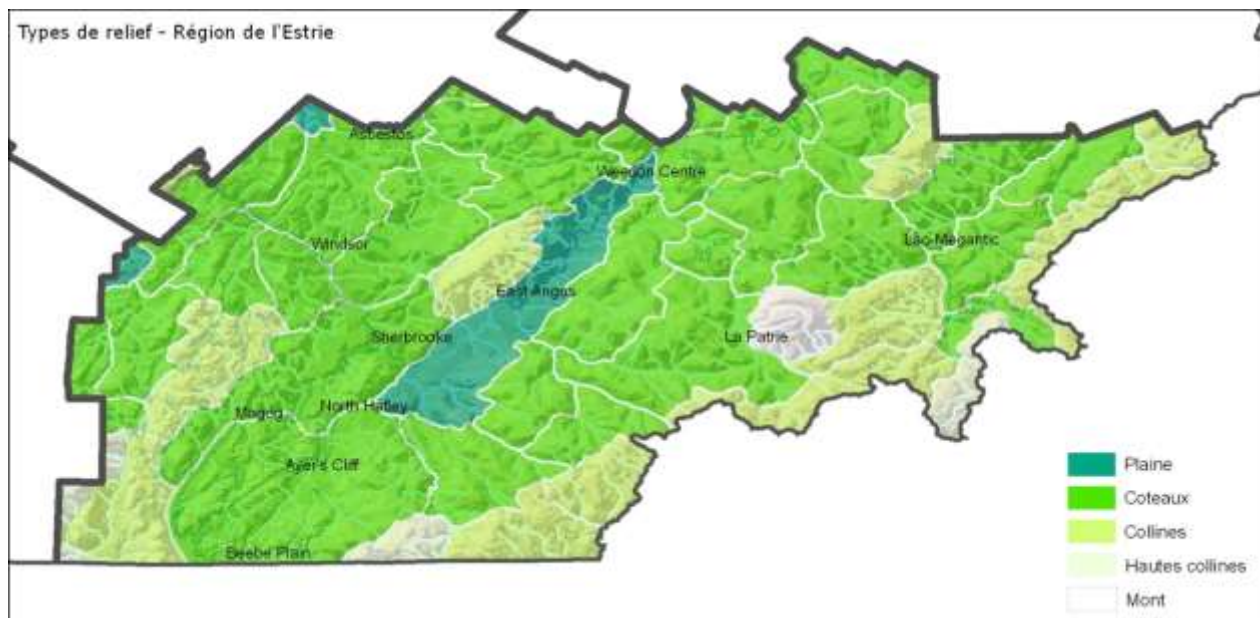
source : Adaptée de la carte géologique du Québec, édition 2002 (MRN, 2002)

Les écosystèmes serpentineux

Ils constituent un milieu d'intérêt particulier, tant pour la rareté de ce type de roche au Québec que pour la spécificité des espèces végétales qu'on peut y trouver. En effet, peu de végétaux peuvent croître adéquatement dans ces milieux, notamment à cause des contenus élevés en magnésium et en fer, dominant les échanges cationiques du sol, au détriment des éléments nutritifs (Ca, N, P, K). Des concentrations importantes de métaux lourds (Cr, Co, Ni) peuvent rendre le sol toxique pour certaines plantes. L'adiante des Montagnes Vertes (*Adiantum viridimontanum*), l'aspidotie touffue (*Aspidotis densa*), la doradille èbene (*Asplenium platyneuron*) et la verge d'or simple, variété de Rand (*Solidago simplex subsp. randii* var. *monticola*) sont des essences associées aux milieux serpentiniques de l'Estrie (MDDEP, 2002).

Relief

Les types de relief à l'échelle du district écologique sont répartis selon les ensembles physiographiques. La figure 3 montre le relief de la région, à l'échelle du district écologique. La zone des Montagnes Frontalières et des Montagnes Vertes présente les reliefs les plus accidentés. Les montagnes frontalières, prolongement des Montagnes Blanches du New-Hampshire, se définissent comme une chaîne de collines aux versants en pente modérée. Les monts Mégantic et Gosford, classés parmi les sommets les plus élevés de la portion sud du Québec culminent respectivement à 1105 et 1158 mètres d'altitude (Gosselin, 2005). Les Montagnes Vertes comprennent les Monts Sutton, constitués d'une série de crêtes et de profondes dépressions (Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie, 2000). Elles ont une altitude moyenne de 610 mètres et englobent, entre autres, les monts Orford (852 m), Owl's Head et Ham. Le reste du relief est généralement plus doux, spécialement dans la partie ouest de la région, bornée par la plaine du Saint-Laurent. La majorité du territoire est formée de coteaux de pentes faibles et régulières, alignés dans le sens du fleuve (Gosselin, 2005, 2007). Le relief s'accroît graduellement vers l'est dans les Appalaches (Gosselin, 2007). Dans sa partie en amont de la ville de Sherbrooke, la rivière Saint-François a formé une immense plaine qui contraste avec les coteaux et les collines qui l'entourent (Gosselin, 2007).



Source : Données numériques des districts écologiques du MRNF (1997)

Figure 3. Les types de relief de l'Estrie à l'échelle du district écologique

Dépôts de surface

La formation des Appalaches est le plus grand événement géologique déterminant les formes de l'assise physique du territoire. Cependant, le dernier épisode de glaciation du Quaternaire a certainement contribué à modifier le paysage actuel de l'Estrie. Le passage des glaciers a effectivement effacé toute trace de végétation présente et le matériel superficiel existant a été érodé, remanié et redéposé en vrac ou selon un mode précis, selon le processus glaciaire en cause.

Le territoire est ainsi recouvert en grande partie de till - plus de 80 % - possédant une matrice plutôt limoneuse issue de l'abrasion de la roche en place (till de Lennoxville). Cette particularité confère au till une compacité permettant de retenir plus efficacement l'eau, ce qui explique que les terrains situés sur les versants des vallées ou les interfluves sont plus souvent humides (Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie, 2000). Sur les pentes abruptes, les hauts versants et les sommets, le till est généralement mince et laisse parfois le roc affleurer.

Les autres types de dépôts (fluvioglaciaires, fluviaux, lacustres, marins, organiques) sont plus marginaux et occupent des portions de territoire généralement inférieures à 5 %.

Hydrographie

On retrouve environ 1700 cours d'eau et 91 lacs en Estrie. La région est divisée naturellement en sept bassins versants principaux : ceux des rivières Saint-François, Chaudière, Nicolet, Richelieu, Yamaska, Hall et Leach. Le bassin versant de la rivière Saint-François est le plus important puisqu'il draine 66 % du territoire de l'Estrie (Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie, 2000). Le bassin de la rivière Chaudière chevauche les régions de Québec et de l'Estrie et draine 16 % de la superficie de l'Estrie. Les autres bassins drainent les 17 % résiduels de la superficie de la région. Les rivières Saint-François, Chaudière, Yamaska et Nicolet sont soumises à l'orientation générale de la pente de la plateforme appalachienne qui dirige leur parcours vers le Saint-Laurent. Les bassins versants des rivières Leach et Hall se drainent vers les États-Unis.

1.4. La végétation forestière

L'ensemble de la région estrienne se situe dans la sous-zone de végétation de la forêt décidue. Cinquante-quatre pour cent du territoire est dans le domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune et 46 % dans le domaine bioclimatique de l'érablière à tilleul (MRNFP, 2004).

Un peu plus du tiers des peuplements forestiers est constitué d'essences de feuillues (36 %), un autre tiers d'essences mélangées (34 %) et le dernier tiers d'essences résineuses (17 %) et de peuplements en régénération (13 %) (Gouvernement du Québec – portail régional de l'Estrie).

1.5. La tenure

En Estrie, près de 93 % du territoire est de propriété privée laissant un peu plus de 7 % de la superficie en tenure publique (MRNFP, 2004). Il y aurait plus de 10 000 producteurs forestiers, petits et grands, dans la région (Gouvernement du Québec – portail régional de l'Estrie).

1.6. L'utilisation du territoire

Les forêts couvrent les trois quarts de la superficie de l'Estrie. Les eaux de surface occupent 3 % du territoire et les terrains à vocation non forestière, 22 %. De cette proportion, environ 17 % est affecté à l'agriculture (prairie, pâturage et culture) et 5 % aux milieux urbain et de villégiature ainsi qu'aux infrastructures anthropiques (routes, aéroports, etc.) (MRNFP, 2004).

1.7. Les éléments d'intérêt

Les éléments d'intérêt concernant le milieu naturel sont nombreux sur le territoire. Une liste non exhaustive est présentée ci-dessous. Mentionnons qu'un portrait des milieux naturels protégés de l'Estrie est présentement en cours de réalisation par le CRRNT de l'Estrie (2009b, en préparation).

Écosystèmes forestiers exceptionnels (EFE)

Le ministère des Ressources naturelles et de la Faune a répertorié 67 EFE dans la forêt privée de l'Estrie, totalisant plus de 2000 hectares:

- 41 forêts refuges de plantes menacées ou vulnérables,
- 18 forêts rares,
- 8 forêts anciennes qui sont, pour la plupart, de faible superficie (moins de 10 hectares) et seulement trois de ces forêts ont plus de 20 hectares (une érablière à hêtre et à pruche, une érablière à bouleau jaune et une cédrière).

Quatre EFE ont également été répertoriés sur les terres publiques de l'Estrie (CRRNT de l'Estrie, 2009b).

Écosystèmes serpentineux

On retrouve ces écosystèmes à certains endroits dans l'ensemble physiographique des Montagnes Vertes, notamment dans les zones de roches ultramafiques des complexes ophiolitiques (voir encadré, page 6) de la MRC du Val-Saint-François. Les cédrières sèches, les pinèdes rouges et les chênaies rouges sur serpentine sont des groupements forestiers considérés rares au Québec.

Parcs nationaux

- Parc national du Mont Mégantic
- Parc national du Mont Orford
- Parc national du Frontenac

Réserves naturelles

- Réserve naturelle de l'Anneda : le site est localisé en milieu privé et protège une rive boisée en bordure de rapides d'une longueur d'environ 500 mètres sur la rivière Saint-François.
- Réserve naturelle des Montagnes-Vertes : le site en milieu privé protège plus de 500 hectares du massif forestier des monts Sutton.

Réserves écologiques

- Réserve écologique de la Vallée-du-Ruiter : le site assure la protection d'écosystèmes représentatifs de la forêt feuillue de la région écologique de Sherbrooke, laquelle appartient au domaine de l'érablière à tilleul et de l'érablière à bouleau jaune.
- Réserve écologique Samuel-Brisson : le site assure la protection d'écosystèmes représentatifs des régions écologiques des Hautes Appalaches, des collines de Mégantic et des lacs Etchemin et Squatec.

Les enjeux de protection des milieux d'intérêt répertoriés sont importants puisque plusieurs d'entre eux abritent, selon les répertoires officiels, 49 espèces végétales et 23 animales menacées ou vulnérables. De récentes études réalisées en région porteraient à 41 le nombre d'espèces animales menacées ou vulnérables (CRRNT, 2009a, en préparation). Des efforts particuliers devront être déployés au regard de ces enjeux, tout spécialement pour les milieux d'intérêt se trouvant en terrain privé.

2 Méthodologie

2.1. Les unités de référence choisies

2.1.1. La région administrative de l’Estrie (05)

L’unité géographique de référence de la présente étude est la région administrative de l’Estrie (05). Bien que nous disposions de beaucoup d’informations forestières couvrant l’ensemble du territoire de l’Estrie, certaines données demeurent ponctuelles, fragmentaires ou couvrent des territoires différents de la région actuelle. C’est le cas de plusieurs études historiques qui couvrent l’ancien territoire administratif des Cantons-de-l’Est et dont une portion est devenue la Montérégie. Quant aux études scientifiques, plusieurs sont ponctuelles mais s’avèrent intéressantes dans la mesure où elles peuvent être extrapolées à d’autres milieux similaires de la région.

2.1.2. Le cadre écologique

Le cadre écologique de référence du MRNF et la description de ses composantes en Estrie sont fort bien décrits dans le Plan de protection et de mise en valeur de la forêt privée de l’Estrie (Agence de mise en valeur de la forêt privée de l’Estrie, 2000). Le présent document fait référence à certaines composantes du cadre écologique, jugées pertinentes pour une représentation du portrait de la forêt naturelle à l’échelle régionale. Il s’agit des sous-régions écologiques, utilisées pour représenter les sères physiographiques, et des districts écologiques, mis à profit pour présenter les résultats de la forêt naturelle. Ces deux composantes sont décrites dans les sections suivantes. Afin de les situer dans leur contexte, le système hiérarchique et le cadre écologique de référence de la région de l’Estrie sont présentés aux tableaux I et II, respectivement.

Tableau I. Système hiérarchique de classification du territoire du MRNF

Niveau hiérarchique	Facteurs écologiques déterminants	Échelle de représentation
Zone de végétation	Grandes formations végétales	Continentale 1/9 000 000 à 1/3 000 000
Sous-zone de végétation	Formation végétale dominante	
Domaine bioclimatique	Végétation potentielle exprimant l'équilibre entre le climat et les sites mésiques	Nationale 1/9 000 000 à 1/3 000 000
Sous-domaine bioclimatique	Régime de précipitations et de perturbations naturelles	
Région écologique	Végétation potentielle des sites mésiques et répartition des types écologiques dans le paysage	Régionale 1/1 250 000 à 1/100 000
Sous-région écologique	Abondance des végétations potentielles exprimant la transition vers un domaine plus méridional ou plus septentrional	
Unité de paysage	Nature, importance relative et récurrence des principaux facteurs écologiques permanents du milieu et de la végétation	
District écologique	Nature et arrangement spatial des facteurs physiques du milieu	
Étage de végétation	Structure de la végétation modifiée par les variations altitudinales	
Type écologique	Combinaison permanente de la végétation potentielle et des caractéristiques physiques de la station	Locale 1/50 000 et plus grande
Type forestier	Composition et structure actuelle de la végétation	

Adapté de Robitaille et Saucier (1998)

Tableau II. Cadre écologique de la région 05

Zones	Sous-zones	Domaines bioclimatiques	Sous domaines bioclimatiques	Régions écologiques	Sous-régions écologiques	Unité de paysage régional (nombre de districts écologiques)
Tempérée nordique	Forêt décidue	2 Érablière à tilleul	de l'est	2b Plaine du Saint-Laurent	2bT Plaine du Saint-Laurent	U-9 Drummondville (2 districts)
				2c Coteaux de l'Estrie	2cT Coteaux de l'Estrie	U-8 Sherbrooke (19 districts)
		3 Érablière à bouleau jaune	de l'est	3d Coteaux des basses Appalaches	3dM Coteaux de la rivière Chaudière	U-31 Lac Saint-François (15 districts)
					3dS Collines du Mont-Mégantic	U-30 Mont-Mégantic (9 districts écologiques)

2.1.3. Les régions et sous-régions écologiques

Les régions écologiques sont caractérisées par la composition et la dynamique forestière sur les sites mésiques ainsi que par la répartition des types écologiques dans le paysage. Ce concept est bien schématisé par les sères physiographiques. Les sous-régions présentent des variantes des caractéristiques de la région par une représentation plus méridionale (ex. : 3d-M) ou plus septentrionale (ex. : 3d-S). Les sous-régions typiques (ex. : 2c-T) présentent les mêmes caractéristiques que la région écologique à laquelle elles appartiennent.

Les sous-régions présentes en Estrie sont la plaine du Saint-Laurent, les Coteaux de l'Estrie, les Coteaux de la rivière Chaudière et les Collines du Mont-Mégantic (figure 4). Les sères physiographiques de ces sous-régions seront présentées plus loin dans la méthodologie.

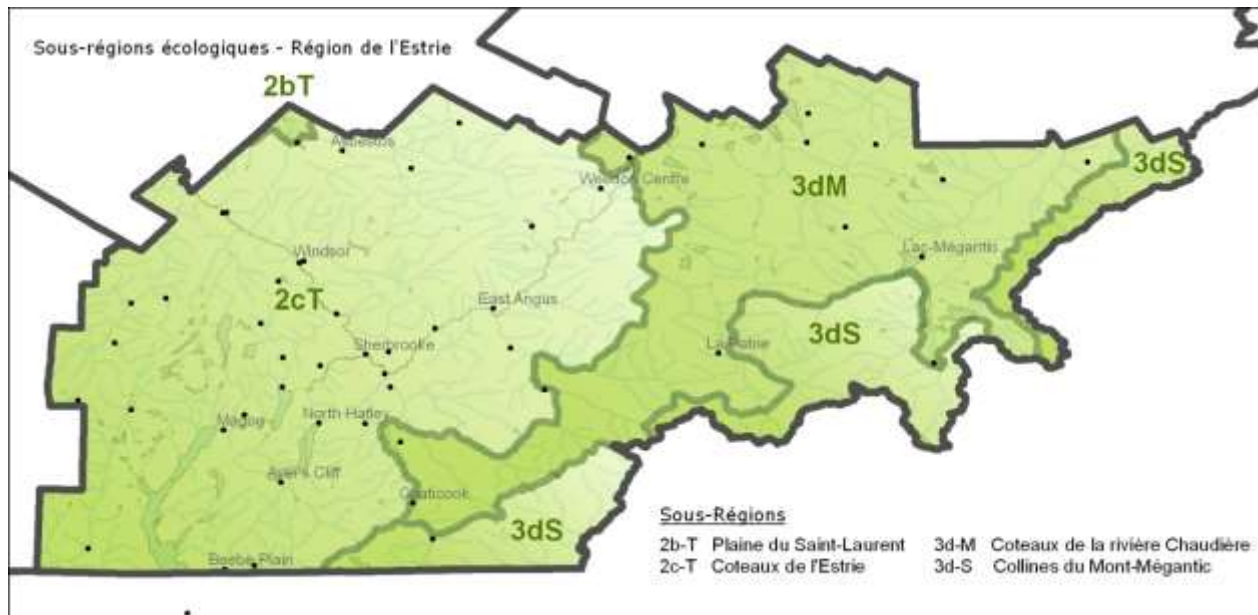


Figure 4. Les sous-régions écologiques en Estrie

2.1.4. Les districts écologiques

Le district écologique est une portion de territoire caractérisée par un patron propre du relief, de la géologie, de la géomorphologie et de la végétation régionale. Leur délimitation repose sur l'analyse et l'identification d'un mode d'organisation de ces éléments dans le milieu. La végétation est conditionnée par les caractéristiques physiques et par le climat que l'on considère homogène à l'échelle du district écologique. On compte 45 districts écologiques pour le territoire de l'Estrie (Figure 5).

Les bases de données des districts écologiques fournissent des renseignements utiles au présent travail, notamment sur le milieu physique et le climat. De plus, l'échelle de représentation est adéquate, présentant un niveau de détail adapté à un portrait régional. Plus de détails sur les bases de données sont présentés à la section suivante.

Les districts écologiques ont été choisis comme base de référence à cause de la différenciation des paramètres bioclimatiques qui permettent d'exprimer les contrastes régionaux. Ce cadre de référence devrait aussi permettre un bon arrimage avec les travaux menés par la Direction de la Recherche Forestière du MRNF où sont utilisées les unités homogènes de végétation, lesquelles s'apparentent à un regroupement de sous-domaines écologiques.

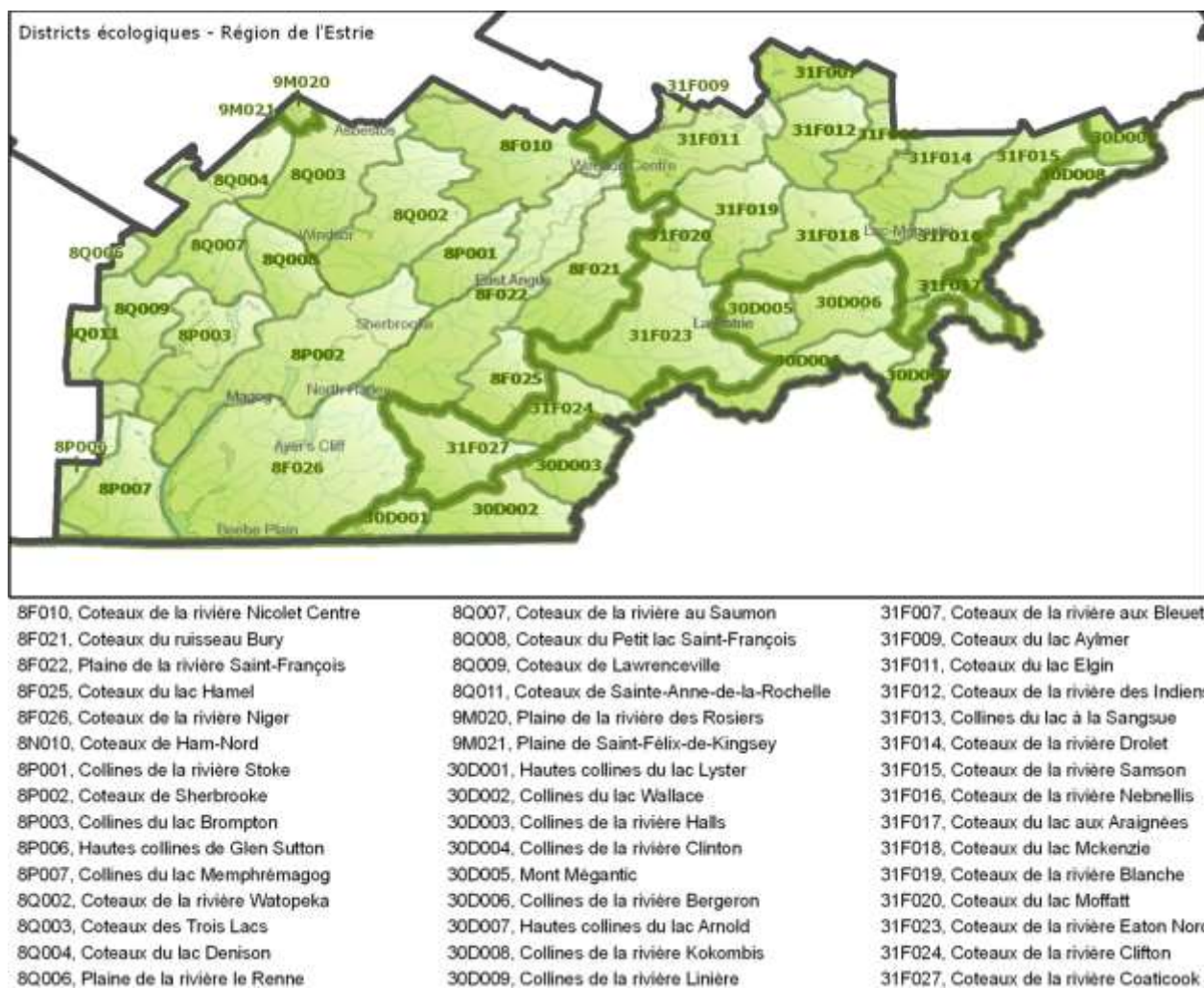


Figure 5. Les districts écologiques en Estrie

2.2. Les sources d'informations

2.2.1. La revue de littérature

Le travail de reconstitution de la forêt naturelle est basé sur des études existantes de chercheurs scientifiques qui couvrent divers domaines reliés à la forêt. Une synthèse de la revue de littérature est présentée à la section 3.1. La pertinence des travaux choisis est établie en fonction des éléments suivants :

- Similarité des objectifs
- Localisation géographique (proximité de la zone étudiée ou similarité des composantes écologiques)
- Spécificité locale
- Thèmes en lien avec la forêt naturelle
 - Composition forestière
 - Structure forestière
 - Dynamique forestière
 - Régimes de perturbations naturelles

Les méthodologies de recherche concernant la reconstitution de la forêt naturelle sont diversifiées et empruntent souvent des avenues combinant la science et l'histoire, livrant ainsi des démarches originales et des résultats fort pertinents. Parmi ces méthodes, nous avons relevé : la palynologie (ou analyse pollinique), l'étude des macrofossiles et des charbons, la dendrochronologie, les relevés d'arpentage primitif avec arbres témoins, les actes de vente notariés de lots, les cartes anciennes, les bois de drave coulés, l'étude de forêts anciennes ou peu perturbées et les études et récits historiques. L'utilité et les limites de ces méthodes sont décrites dans les travaux de Dupuis (2009).

La couverture temporelle du portrait naturel de l'Estrie est présentée en deux volets. Le premier est la reconstitution de la végétation par les études palynologiques couvrant l'époque postglaciaire, débutant en Estrie vers 13 500 AA (Avant l'Actuel, l'année 1950 étant l'année zéro par convention). Les grandes étapes de l'évolution de la végétation y sont présentées. Le deuxième volet couvre une ère plus récente, débutant aux premiers moments de la colonisation, vers 1780, et se terminant à l'époque où les actions anthropiques sont devenues assez significatives pour modifier le paysage forestier de la région, vers le début du 20^e siècle.

2.2.2. Les bases de données

Les cartes écoforestières du troisième décennal (Direction des inventaires forestiers, MRNF)

Les cartes écoforestières couvrent l'ensemble du Québec méridional, à l'échelle 1/20 000. Elles renseignent sur la forêt actuelle en livrant des données sur sa composition, sa structure et sa dynamique, ainsi que sur le milieu physique. L'unité de cartographie est le peuplement et la superficie minimale d'interprétation est généralement de 4 ha mais peut varier selon les conditions (8 ha lorsque la différence n'est que d'une classe de pente ou de drainage, 2 ha pour les îlots boisés ou déboisés et les pentes fortes, 1 ha pour les sites improductifs). Elles constituent

ainsi un outil essentiel pour la comparaison des portraits des forêts naturelle et actuelle. Mentionnons cependant que les informations qui touchent à l'écologie (type écologique) ont été obtenues par ajouts subséquents à l'interprétation initiale sans toutefois altérer le découpage cartographique en polygones écoforestiers.

Les forêts anciennes de l'Estrie répertoriées parmi les EFE (Direction de l'environnement et de la protection des forêts, MRNF)

Les bases de données des forêts anciennes de l'Estrie comprennent la compilation de douze relevés d'inventaire sur huit sites différents (Tableau III). Il s'agit de données précieuses puisqu'elles portent sur pratiquement les seuls vestiges tangibles de la forêt naturelle. Elles contribuent grandement à documenter la forêt naturelle, particulièrement en ce qui concerne la composition végétale, la structure interne des peuplements et les volumes et formes de bois mort. Ceci est d'un intérêt significatif pour l'évaluation des enjeux écologiques. Les données disponibles de l'Estrie ainsi que d'autres données de forêts anciennes du nord-est des États-Unis relevées dans la littérature scientifique seront utilisées à cette fin.

Tableau III. Présentation des forêts anciennes inventoriées par le MRNF

Nom du site	Municipalité	Groupe ment végétal	Sous Région écologique	Superficie	Situation sur la pente	Inclinaison de la pente	Texture sol	Dépôt	Drainage
Boisé Beckett	Sherbrooke	Érablière à hêtre	2cT	7	5	5	L	1A	30
		Érablière à hêtre	2cT	7	5	12	L	1A	30
Collines de la Baie Fitch	Stanstead	Érablière à hêtre et prucheraie	2cT	34	2	20	SFL	R1A	20
		Érablière à hêtre et prucheraie	2cT	34	5	15	LSF	1AY	20
Lac Massawippi	Sainte-Catherine-de-Hatley	Érablière à hêtre	2cT	6	4	45	LI	1AM	20
Cookshire	Cookshire-Eaton	Érablière à ostryer	2cT	8	5	7	L	1A	30
Morne de Saint-Sébastien	Saint-Sébastien	Érablière à bouleau jaune	3dM	23	5	18	L	1A	20
		Cédrrière à sapin	3dM	21	0	0	LSF	7T	60
Lac Brochet	Lingwick	Cédrrière à sapin	3dM	21	0	0	-	7E	61
		Cédrrière à sapin	3dM	21	4	15	LS	1AY	20
Lac Émilie	Saint-Robert-Bellarmin	Pessière blanche à sapin	3dS	31	5	68	LLI	1A	20
Duck Hole	Piopolis	Cédrrière tourbeuse	3dM	20	3	0	-	7E	60

Les données de districts écologiques de l'Estrie (MRNF)

L'information contenue dans les bases de données des districts écologiques est fort pertinente pour les objectifs de cette étude. Les données nous renseignent sur le milieu et expriment la dominance et la variabilité des différents paramètres mesurés : conditions climatologiques (T° annuelles moyennes, nombre de degrés-jours, longueur de la saison de croissance, précipitations annuelles moyennes); topographie (altitude, pente, dénivellation, type de relief); dépôts (type, texture, pierrosité) et drainages; utilisation du sol (forestier, agricole, urbain, anthropique).

2.3. Transposition des résultats scientifiques de Cogbill *et al.* (2002)

Parmi la littérature consultée, l'étude de Cogbill *et al.* (2002) nous est apparue comme étant la plus pertinente et la plus précise à ce jour pour étayer la reconstitution du portrait de la forêt naturelle de l'Estrée. Les données sur lesquelles repose cette étude proviennent en majeure partie de relevés d'arpentage du début de la colonisation du nord-est des États-Unis, et s'échelonnent de 1623 à 1850. Les données d'arpentage de la Nouvelle-Angleterre présentent un échantillonnage systématique du paysage, grâce à l'enregistrement des essences d'arbres relevées aux intersections de lots à l'intérieur d'un canton. Ces arbres témoins servaient de bornes « permanentes » visant à délimiter les lots.

Cette étude trace un portrait de la composition forestière générale précoloniale par grands groupes de végétation appelés *clusters*. Ces groupes ont été mis en relation avec les paramètres bioclimatiques, ce qui permet de réaliser une transposition d'une partie des résultats dans la région de l'Estrée étant donné la proximité et la similitude avec la partie nord de la Nouvelle-Angleterre.

2.3.1. Validation du concept méthodologique

Les données de l'étude de Cogbill *et al.* (2002) couvrent une grande partie du territoire de la Nouvelle-Angleterre. Ce sont spécifiquement les résultats de la partie nord (à partir d'environ 44° de latitude N) qui présentent le plus d'intérêt puisqu'ils se retrouvent dans des milieux très similaires à ceux de l'Estrie. De fait, une partie des relevés utilisés proviennent de deux sites inventoriés en Estrie, dans les comtés de Stukely et de Brome, et ont été classifiés dans les groupes représentatifs du nord de la Nouvelle-Angleterre (Cogbill, 2009, communication personnelle). Considérant qu'il s'agit d'une zone contiguë et que l'écart latitudinal est relativement faible, les valeurs bioclimatiques de l'Estrie sont donc peu éloignées de celles retrouvées dans le nord de la Nouvelle-Angleterre. Ajoutons que la topographie et la géomorphologie sont issues de la formation d'une même entité physiographique, les Appalaches. Également, les données de la Nouvelle-Angleterre révèlent l'influence de paramètres environnementaux - altitude, données climatiques, etc. - qui peuvent conditionner la distribution des espèces. Ceci est fort pertinent pour permettre de faire des associations raisonnables avec le territoire estrien. Ajoutons que Cogbill *et al.* (2002) ont tenu compte des changements de température entre l'époque de la colonisation et aujourd'hui pour étalonner leurs données et interpréter leurs résultats.

Des rencontres et des communications avec différents chercheurs, soient MM. Pierre J.H. Richard, Daniel Gagnon, Dominique Arseneault, André Bouchard et Charles V. Cogbill lui-même, ont permis de confirmer notre démarche méthodologique. Monsieur Cogbill estime, que la transposition des données de son travail en Nouvelle-Angleterre (Cogbill *et al.*, 2002) est envisageable pour le territoire, et que les facteurs environnementaux de l'Estrie nous autorisent à positionner les associations végétales qu'il a obtenues sur les sères physiographiques représentatives du territoire estrien. Cependant, les docteurs Cogbill et Richard mentionnent que cette approche pourrait comporter des biais compte tenu des légères différences de climat entre la région de l'Estrie et le territoire d'étude de Cogbill *et al.* (2002).

2.3.2. Méthode de correspondance

Dans leur étude, Cogbill *et al.* (2002) ont défini huit groupes (*clusters*) pour illustrer la répartition spatiale de la composition en essences à travers leur territoire d'étude à partir des données de relevés d'arpentage précoloniaux. De ces huit groupes, nous avons retenu les quatre premiers. Les groupes écartés représentent des régions sises au sud du 43° de latitude nord, montrant peu de similarités avec les paramètres bioclimatiques de l'Estrie. Les groupes retenus se retrouvent dans les quatre États du nord-est des États-Unis limitrophes avec le Québec – Maine, New-Hampshire, Vermont, Massachusetts – et comportent davantage de similitudes avec les conditions écologiques de l'Estrie. Les tableaux IV et V qui suivent, traduits et adaptés de Cogbill *et al.* (2002), illustrent la composition et les conditions écologiques moyennes qui caractérisent ces quatre groupes. Il est important de noter qu'il s'agit de valeurs moyennes, illustrant la composition et l'abondance des essences. À l'échelle du canton, les essences relevées proviennent de types de forêt variés (Cogbill *et al.*, 2002). L'extrapolation de ces données introduit nécessairement un biais qu'il faut considérer avant de tirer des conclusions sur les résultats. Une sur-représentation ou une sous-représentation d'une essence ou d'un groupe d'essences est possible.

Ces arbres se situaient à divers endroits sur les sères physiographiques, et leur fréquence d'occurrence sur les sommets, les hauts versants, les bas versants, les fonds de vallée, les tourbières, etc. n'est pas connue. Elle est toutefois fonction du type de paysage et les proportions de chaque groupe traduisent aussi la physiographie, et non la composition des peuplements sur chaque segment d'une sère physiographique C'est pourquoi il importe de tenir compte des paramètres de station (dépôt et drainage) pour ajuster la localisation des groupes sur la sère.

Tableau IV. Composition des groupes selon Cogbill et al. (2002)

Espèce	Proportion de la composition (%) ⁶			
	Groupes			
	1	2	3	4
Nombre de towns	14	49	55	62
Nombre d'arbres-témoins	1441	11 230	17 004	17 603
Thuya de l'est	2.6	0.6	0.3	0.4
Sapin baumier	15.6	3.2	0.6	0.3
Mélèze laricin	0.5	0.1	0.0	0.1
Épinettes ¹	39.4	22.1	3.6	3.8
Bouleaux ²	21.9	10.6	6.4	6.6
Hêtre à grande feuille	8.7	33.9	45.4	26.5
Pruche de l'Est	2.6	11.8	12.0	21.5
Tilleul d'Amérique	0.1	0.7	2.4	1.7
Ostryer de Virginie	0.0	0.7	1.9	2.0
Érables ³	7.0	12.6	16.0	14.1
Frênes	0.7	1.4	2.8	4.0
Peupliers	0.1	0.2	0.4	0.8
Pins ⁴	0.4	0.9	2.2	7.5
Orme d'Amérique		0.6	1.7	1.3
Noyer cendré		0.2	0.4	0.2
Cerisiers		0.2	0.1	0.2
Platane d'occident		0.0	0.1	0.0
Chênes ⁵		0.3	2.7	6.8
Châtaignier			0.4	1.5
Caryer			0.3	0.5

¹ majoritairement épinette rouge et blanche (Cogbill 2009, correspondance personnelle)

² essentiellement bouleau jaune (Cogbill 2009, correspondance personnelle)

³ essentiellement érable à sucre (Cogbill 2009, correspondance personnelle)

⁴ essentiellement pin blanc (Cogbill 2009, correspondance personnelle)

⁵ essentiellement chêne rouge (Cogbill 2009, correspondance personnelle)

⁶ Les proportions furent calculées en considérant à quel taxon (genre, espèce) appartenait chacun des arbres utilisés par les arpenteurs pour signaler la fin ou le début de chaque coin d'un lot du cadastre de chaque town (unités constitutive de townships semblables à ceux des Cantons de l'Est). Le cadastre était systématique et les arbres-témoins y étaient identifiés par leur essence et estampillés avec le nom de l'arpenteur. Les valeurs à 0.0 signifient que l'essence a été observée mais que leur proportion est négligeable.

Différentes sources de données ont été consultées pour décrire les paramètres bioclimatiques de l'Estrée dans les mêmes termes que Cogbill *et al.* (2002) (Tableau V). En se référant aux unités de paysage, qui regroupent les districts écologiques de la région et qui sont au nombre de trois, nous avons tenté de comparer les principales caractéristiques bioclimatiques de notre région d'étude avec celles des groupes utilisées par Cogbill *et al.* (2002). (Tableaux VI et VII).

Certaines variables n'ont pu être comparées puisque les méthodes ayant servi à les déterminer sont différentes. C'est le cas de la longueur de la saison de croissance et du nombre de degrés-jours au-dessus de 10° C. Afin de s'assurer de la légitimité de notre approche, nous avons consulté des cartes climatiques issues d'une modélisation du Service canadien des Forêts (2007). La Figure 6 présente les paramètres bioclimatiques de cette cartographie pour les deux territoires.

Il importe toutefois de prendre acte de la période pour laquelle les normales furent calculées. En effet, il faut garder à l'esprit que les plus vieilles forêts existantes se sont établies bien avant cette période. Par ailleurs, les forêts naturelles que nous cherchons à connaître étaient toutes issues de la fin du Petit Âge Glaciaire, une oscillation généralement froide survenue entre environ 1450 et 1850 de notre ère (A.D.) (Richard, 2009, communication personnelle).

Tableau V. Données bioclimatiques associées aux groupes selon Cogbill *et al.* (2002)

Paramètre	Groupes			
	1	2	3	4
Altitude à partir de EC ¹ (m)	-98	-265	-442	-543
T° annuelle moy. (°C)	4.3	5.9	6.8	7.3
Saison de croissance (nb jours > 10°C)	136	148	155	159
T° janvier (°C)	-10.3	-8.2	-7.2	-6.6
Degrés-jours de croissance (nb degrés Celsius-jours > 10°C)	1513	1821	2048	2156
Latitude (°N)	44.9	44.0	43.7	43.3
T° juillet (°C)	18.8	19.9	20.7	21.1
Altitude max. (m)	890	844	586	441
Altitude moy. (m)	542	460	317	255
Altitude min. (m)	360	236	167	129
Précipitation (mm)	1016	1031	1015	1035
Longitude (°W)	71.2	72.4	72.8	72.7

¹ EC : écotone des conifères

Normales climatiques 1960-1990 dans Cogbill

Tableau VI. Données bioclimatiques associées aux unités de paysage du cadre écologique du MRNF

Paramètre	Unité de paysage		
	Sherbrooke (8)	Mont Mégantic (30)	Lac St-François (31)
Altitude à partir de EC ¹ (m)	ND	ND	ND
T° annuelle moy. (°C)	5,0	2,5	3,7
Saison de croissance (nb jours > 5,6°C)	185	170	112
T° janvier (°C)	ND	ND	ND
Degrés-jours de croissance (nb degrés Celcius-jours)	1611	1388	1472
> 5,6°C	824 ²	818 ³	
> 10 °C			
Latitude (°N)	45,4	45,4	45,7
T° juillet (°C)	ND	ND	ND
Altitude max. (m)	ND	ND	ND
Altitude moy. (m)	266	554	387
Altitude min. (m)	ND	ND	ND
Précipitation (mm)	1050	1050	1050
Longitude (°W)	72,1	71,0	71,2

¹ EC : écotone des conifères

² Station météorologique de Sherbrooke 1961-1990 (Environnement Canada)

³ Station météorologique de Lac-Mégantic 1961-1990 (Environnement Canada)

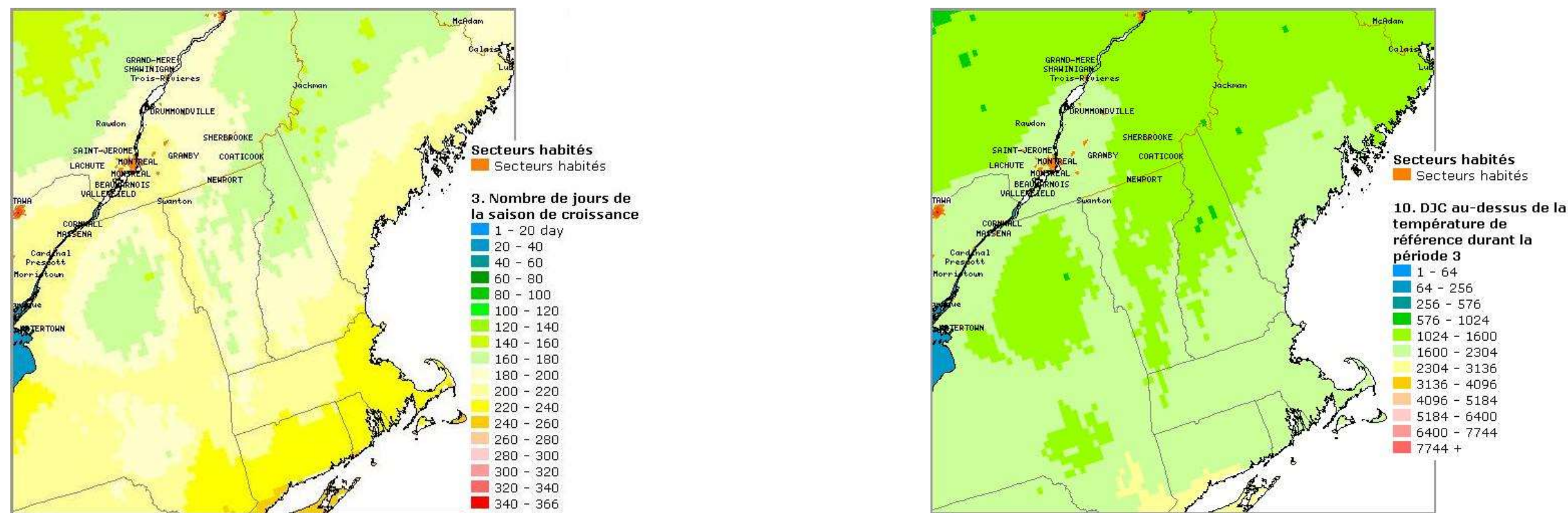
Source : Adapté de Robitaille et Saucier (1998)

Tableau VII. Données bioclimatiques associées aux différentes stations météorologiques de la région de l'Estrie

Paramètres	Sous régions écologiques/Districts écologiques								
	2cT				3dM			3dS	
	8Q009	8Q002	8F026	8P002	31F016	31F018	31F023	30D006	30D003
	Bonsecours	Bromptonville	Magog	Sherbrooke	Lac-Mégantic2	Milan	Sawyerville N	N-D-des-Bois*	St-Malo-d'Auckland
T° annuelle moy. (°C)	4,2	5,2	5,3	4,1	3,9	3,1	4,9	3,6	4,1
Degrés-jours de croissance (nb degrés C° jours > 5°C)	1648	1888	1869	1621	1612	1460	1779	1536	1648
Altitude (m)	297,2	130,0	274,0	241,4	426	481	345,9	502,9	564,0
Précipitation (mm)	1177,9	1087,8	1126,8	1108,9	1036,3	1306,9	1154,8	1316,6	1251,1
Latitude (°N)	45°24'N	45°29' N	45°16'N	45°25,8'N	45°36'N	45°34,8'N	45°22,2'N	45°24'N	45°12'N
Longitude (°W)	72°16' O	71°58' O	72°7' O	71°41' O	70°53' O	71°7' O	71°32' O	71°5' O	71°30' O

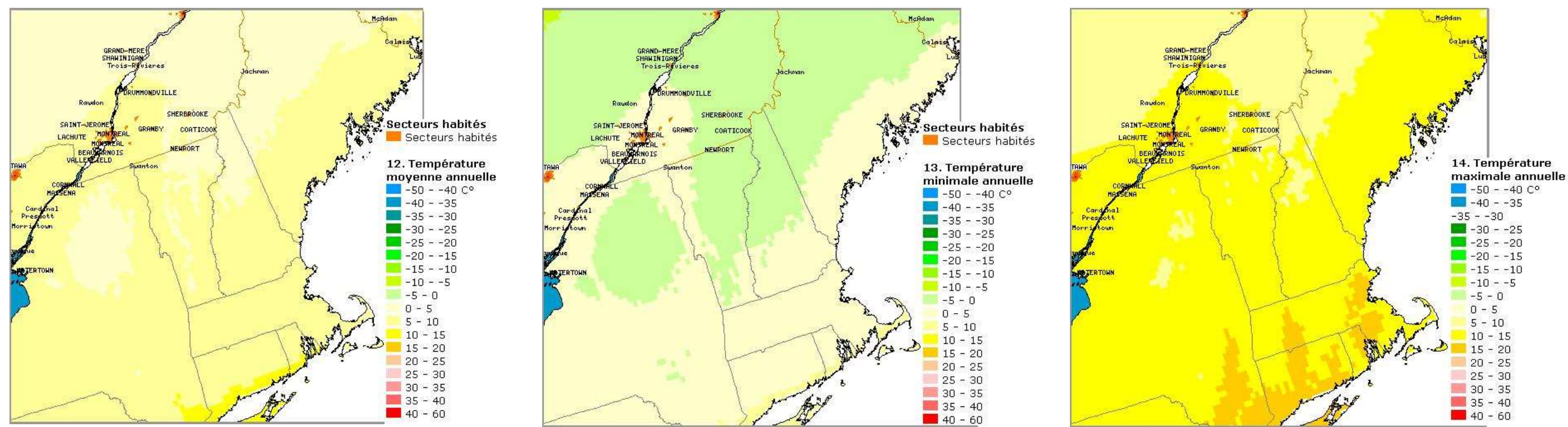
Source : Normales climatiques 1961-1999 (Environnement Canada)

Figure 6. Quadrillage des moyennes climatiques à long terme (normales climatiques 1961-1990) pour le Canada et les États-Unis (Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, 2007)



La saison de croissance commence quand la température moyenne quotidienne est supérieure ou égale à 5°C sur cinq jours consécutifs après le 1^{er} mars, et elle se termine quand le minimum moyen est inférieur à -2°C après le 1^{er} août. Comme ils correspondent plutôt à la période sans gel, ces critères de définition de la saison de croissance visent davantage les arbres que les cultures agricoles (McKenney et al., 2007).

Degrés-jours-Celcius (DJC) au-dessus de la température de référence (5°C) durant la période 3 (saison de croissance) (McKenney et al., 2007).



2.3.3. Reconstitution des sères physiographiques

Pour chaque sous-région écologique, les données topographiques sont représentées sur la sère et les regroupements de Cogbill *et al.* (2002) reportés aux stations correspondantes, d'abord en fonction de l'altitude moyenne des groupements respectifs puis en prenant en compte des caractéristiques écologiques de la station (dépôt et drainage). Ainsi, des sères physiographiques représentant la forêt naturelle seront présentées pour les sous-régions 2c-T – Coteaux de l'Estrie, 3d-S Collines du Mont Mégantic et 3d-M Coteaux de la rivière Chaudière. Notons cependant que la sous-région 2b-T ne représente qu'une infime partie du territoire d'étude. La sère physiographique de cette région n'a donc pas été retenue.

De façon générale, les quatre groupes retenus ont été associés à un type de végétation et à une position comme suit :

- Groupe 1 : Résineux sur haut versant, sommet et vallée¹
- Groupe 2 : Feuillu et mixte à feuillus sur moyen et haut versants
- Groupe 3 : Feuillu sur stations riches de moyen et bas versants
- Groupe 4 : Feuillu mixte sur bas versant

Le tableau VIII rappelle la composition dominante pour chaque groupe. Les essences sont présentées par ordre d'importance.

Tableau VIII. Composition dominante des groupes de Cogbill *et al.* (2002)

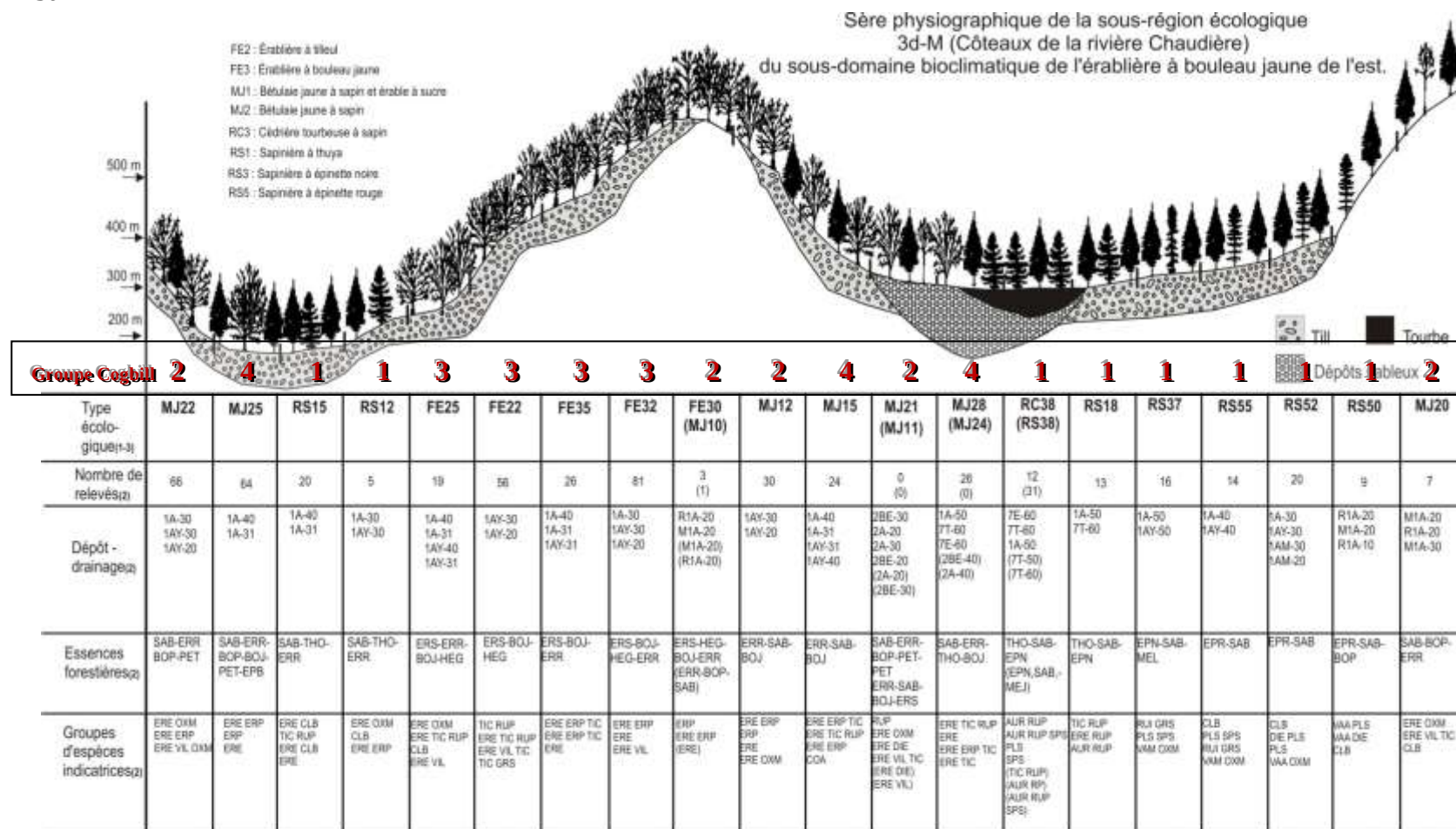
Groupe	Essences principales
1	Épinette (rouge), Bouleau (jaune), Sapin baumier, Hêtre, Érable à sucre
2	Hêtre, Épinette (rouge), Érable à sucre, Pruche, Bouleau (jaune)
3	Hêtre, Érable à sucre, Pruche, Bouleau (jaune), Chêne (rouge), Pin (blanc)
4	Hêtre, Pruche, Érable à sucre, Pin (blanc), Chêne (rouge), Bouleau (jaune)

¹ Ce groupe peut aussi se retrouver sur des fonds de vallée (figures 7 à 9). En effet, les résineux du groupe 1 y sont fréquents en raison du drainage, et du drainage d'air froid qui s'y accumule (Jurdant et Roberge, 1965 ; Cogbill et White, 1991).

La procédure géomatique suivante a ensuite été utilisée afin d'assigner un des quatre groupes à chaque polygone de la couverture écoforestière. Elle s'appuie principalement sur les limites de classification écologique et l'altitude. Nous indiquons entre parenthèses le pourcentage de la superficie représentée par chacune des assignations.

1. Tous les polygones improductifs (eau, dénudés secs et humides, etc.) ont conservé leur appellation (4,6 %)
2. Les polygones d'altitude inférieure à l'altitude minimum du groupe 4 ont été assignés à ce groupe (0,4 %)
3. Les polygones d'altitude supérieure à l'altitude maximum du groupe 1 ont été assignés à ce groupe (0,3 %)
4. Les polygones de type écologique R ont été associés au groupe 1 sans égard à l'altitude (8,8 % dont 4,1 compris dans la fourchette d'altitude du groupe 1) sauf les types écologiques RP et RT qui ont été associés au groupe 4 (0,5 %);
5. Les polygones de types écologiques FE1, FE2 et FE3 ont été associés au groupe 3 lorsque l'altitude le permet (26,5 %)
6. Les polygones de types forestiers feuillus et mixtes en milieu subhydrique ont été associés au groupe 4 lorsque l'altitude le permet (12,2 %)
7. Lorsque l'altitude n'a pas permis d'associer les polygones aux étapes 5 et 6, ceux-ci ont été assignés au groupe le plus ressemblant en fonction des caractéristiques écologiques (similarité de la végétation potentielle versus la composition du groupe) (0,4 %)
8. Les polygones de type forestier MJ ont été assignés au groupe 2 lorsque l'altitude le permet (22,7 %). Sinon, ils ont été assignés au groupe 4 puisque l'altitude était inférieure au minimum du groupe (2,3 %)
9. Les polygones avec perturbations anthropiques permanentes ou semi-permanentes (agriculture, milieu urbain, etc.) ont été assignés au groupe le plus représenté sur les pentes de classes A, B et C du district écologique (21,3 %)

Suivant cette procédure, nous pouvons reporter la classification des quatre groupes sur chacune des sères physiographiques afin d'obtenir un portrait de la forêt naturelle sur la toposéquence. Les figures qui suivent illustrent le résultat.

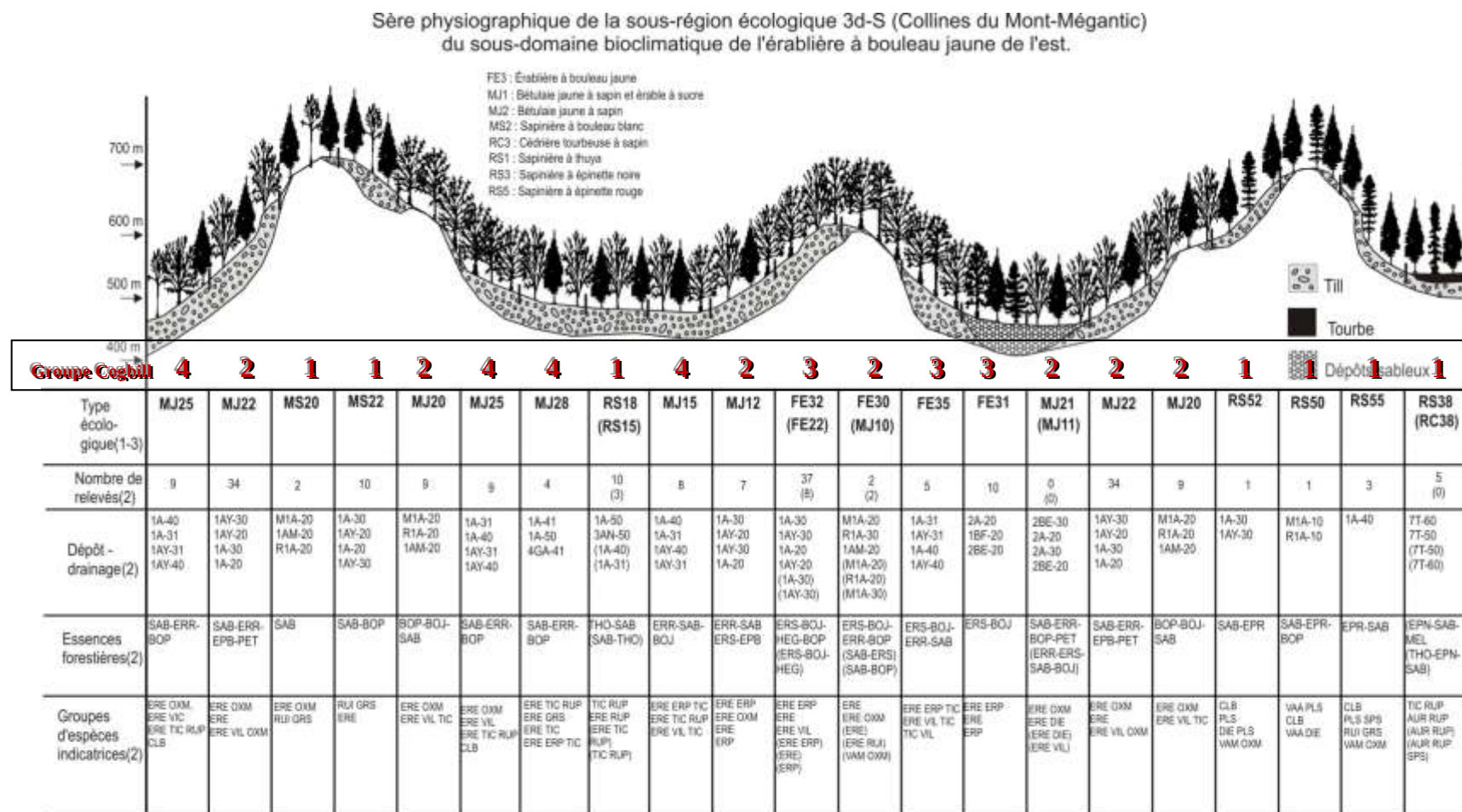


(1) Les types écologiques entre parenthèses signifient qu'ils peuvent également occuper ces positions.

(2) Les données sur les dépôts-drainage, les essences forestières et les groupes d'espèces indicatrices qui sont entre parenthèses se rapportent exclusivement au type écologique entre parenthèses.

(3) Certains types écologiques couvrant une faible superficie ne figurent pas sur cette sère: FE12 (0), FE20 (4), FE21 (3), FE31 (0), FE33 (0), FE32H (17), FE36 (0), FE50 (0), FE52 (3), FE62 (0), FO18 (2), MF14 (0), MF15 (2), MF16 (0), MF18 (20), MJ14 (0), MJ23 (0), MJ26 (0), MS20 (1), MS21 (1), MS22 (21), MS25 (19), RB10 (0), RB11 (1), RB12 (9), RB14 (0), RB15 (2), RB16 (0), RE20 (0), RE22 (4), RE24 (0), RE25 (9), RE37 (9), RE38 (0), RE39 (8), RP10 (0), RP11 (0), RP12 (3), RP15 (0), RS10 (1), RS11 (0), RS14 (0), RS16 (0), RS20 (0), RS21 (1), RS22 (1), RS25 (3), RS26 (0), RS39 (4), RS51 (0), RS54 (0), RT12 (5), RT14 (0), RT15 (0).

Figure 7. Classification des quatre groupes de Cogbill *et al.* (2002) sur la sère physiographique de la sous-région 3d-M (Coteaux de la rivière Chaudière)



(1) Les types écologiques entre parenthèses signifient qu'ils peuvent également occuper ces positions.

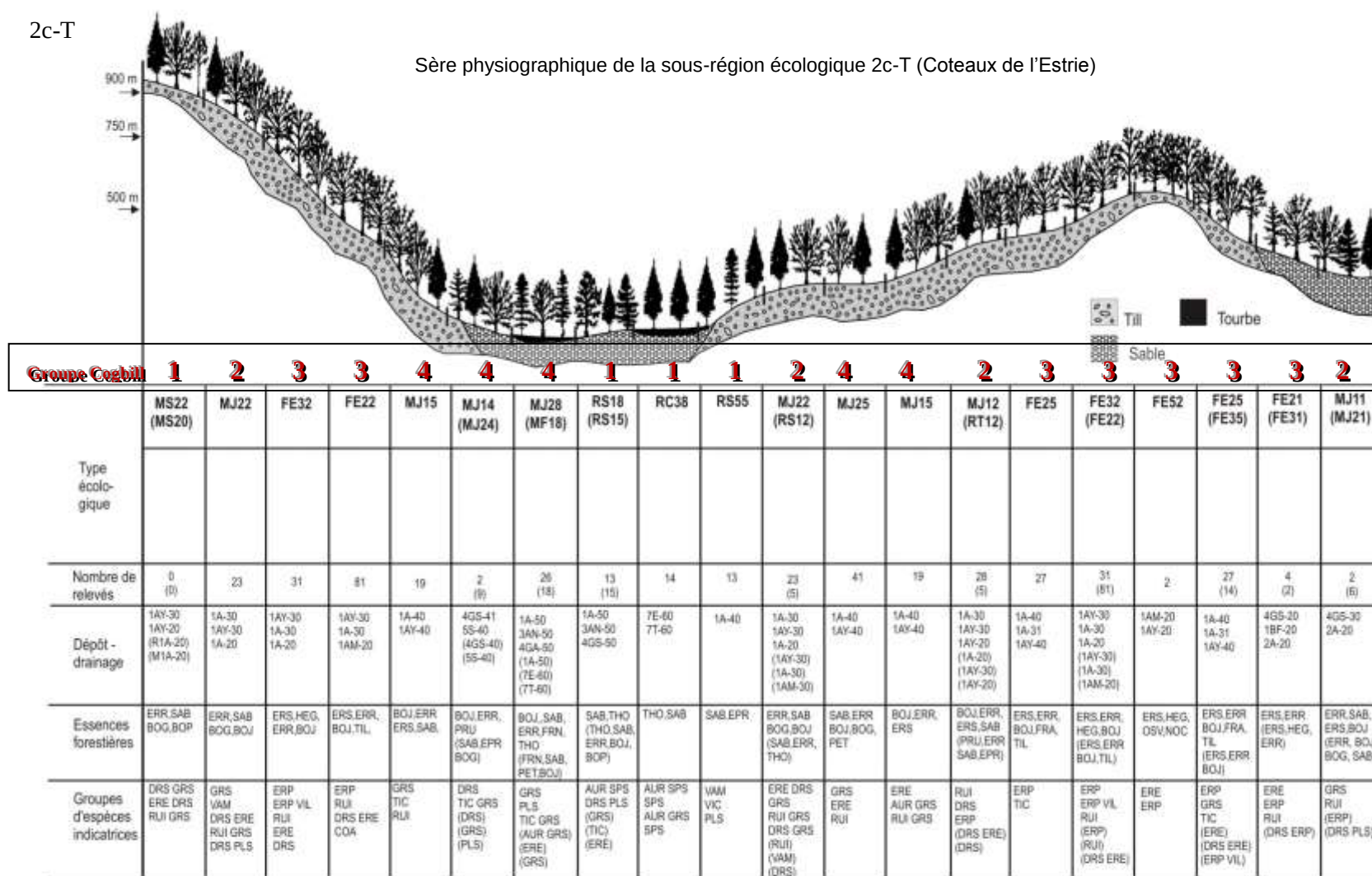
(2) Les données sur les dépôts-drainage, les essences forestières et les groupes d'espèces indicatrices qui sont entre parenthèses se rapportent exclusivement au type écologique entre parenthèses.

(3) Certains types écologiques couvrant une faible superficie ne figurent pas sur cette sère: FE20 (0), FE21 (0), FE25 (1), FE32H (1), MF14 (0), MF15 (2), MF18 (2), MJ14 (0), MJ24 (0), MJ26 (0), MS25 (3), RB11 (0), RB12 (4), RB15 (0), RE25 (0), RE38 (0), RE39 (0), RP10 (0), RS10 (0), RS11 (0), RS12 (2), RS20 (0), RS22 (0), RS25 (0), RS37 (0), RS39 (0), RS51 (0), RS54 (0).

Figure 8. Classification des quatre groupes de Cogbill *et al.* (2002) sur la sère physiographique de la sous-région 3d-S (Collines du Mont-Mégantic)

2c-T

Sère physiographique de la sous-région écologique 2c-T (Coteaux de l'Estrie)



(1) Les types écologiques entre parenthèses signifient qu'ils peuvent également occuper ces positions.

(2) Les données sur les dépôts-drainage, les essences forestières et les groupes d'espèces indicatrices qui sont entre parenthèses se rapportent exclusivement aux types écologiques entre parenthèses.

(3) Certains types écologiques moins importants (faible nombre de relevés) ne figurent pas sur cette sère: FC10 (0), FE12 (1), FE15 (1), FE16 (01), FE20 (13), FE23 (0), FE26 (0), FE30 (2), FE32H (0), FE33(0), FE36(0), FE50 (0), FE51 (0), FE60 (1), FE61 (0), FO18 (1), MF14 (0), MF15 (1), MF16 (0), MJ10 (4), MJ13 (0), MJ16 (0), MJ18 (0), MJ20 (2), MJ23 (0), MJ26 (4), MS25 (0), RB11 (1), RB12 (2), RB14 (0), RB15 (1), RE20 (0), RE21 (1), RE22 (0), RE24 (0), RE25 (0), RE37 (0), RE38 (0), RE39 (0), RP10 (1), RP11 (2), RP12 (4), RP13 (0), RP14 (0), RP15 (1), RS10 (0), RS11 (3), RS13 (0), RS14 (4), RS15 (15), RS16 (1), RS20 (1), RS21 (1), RS22 (0), RS24 (0), RS25 (0), RS37 (1), RS38 (1), RS39 (6), RS50 (4), RS51 (1), RS52 (9), RS54 (1), RS56 (0), RT10 (2), RT11 (4), RT13 (1), RT14 (0), RT15 (8), RT16 (0).

Figure 9. Classification des quatre groupes de Cogbill et al. (2002) sur la sère physiographique de la sous-région 2c-T (Coteaux de l'Estrie)

2.3.4. Validation avec les sources ponctuelles d'information

Les bases de données des forêts anciennes de l'Estrie serviront à valider l'information issue de la correspondance des données de Cogbill. Cependant, les faibles superficies des forêts anciennes répertoriées et l'impossibilité de savoir avec certitude si elles sont représentatives de la forêt naturelle posent une limite aux conclusions tirées de cette source. Les données écoforestières du troisième décennal (MRNF) a permis de localiser les peuplements mûrs et surannés et de les utiliser à des fins de comparaison et de bonification des résultats de notre méthode. Enfin, les données ponctuelles d'études scientifiques disponibles seront mises à contribution dans la même optique.

3 Portrait de la forêt naturelle

3.1 Revue de littérature et portrait estrien

3.1.1 Histoire forestière de la région

Les informations pouvant être tirées de travaux historiques de la colonisation au Québec, et plus spécifiquement de la région de l'Estrie, sont pertinentes dans l'optique d'une reconstitution de la forêt naturelle. Certes, il ne s'agit pas de données scientifiques, mais les données d'arpentage, les actes notariés et dans une certaine mesure les récits historiques, renferment beaucoup d'informations quantitatives sur la composition végétale du territoire. La reconstitution historique de l'utilisation du territoire par les premiers arrivants livre plusieurs indices sur l'occurrence et l'abondance des espèces forestières du milieu.

L'histoire de la colonisation et de l'évolution de l'utilisation du territoire de l'Estrie est documentée par les travaux de Booth (1971), Little (1986) et Kesteman *et al.* (1998). En revanche, il n'existe pour le moment que très peu d'informations détaillées sur la forêt naturelle de l'Estrie. Des reconstitutions de la forêt pré-industrielle à l'aide de documents historiques d'arpentage, d'actes de vente de lots boisés notariés et de cartes anciennes ont été effectuées pour les régions du Bas-Saint-Laurent (Boucher *et al.*, 2009; Dupuis, 2009) et de la Montérégie (Brisson et Bouchard, 2003; Domon et Bouchard, 2007). Il existe des données d'arpentage primitif pour la région de l'Estrie, mais ces dernières n'ont pas encore fait l'objet d'études exhaustives. Il est important de préciser que la reconstitution du portrait de la forêt naturelle à partir de ces informations dépasse le cadre du présent mandat.

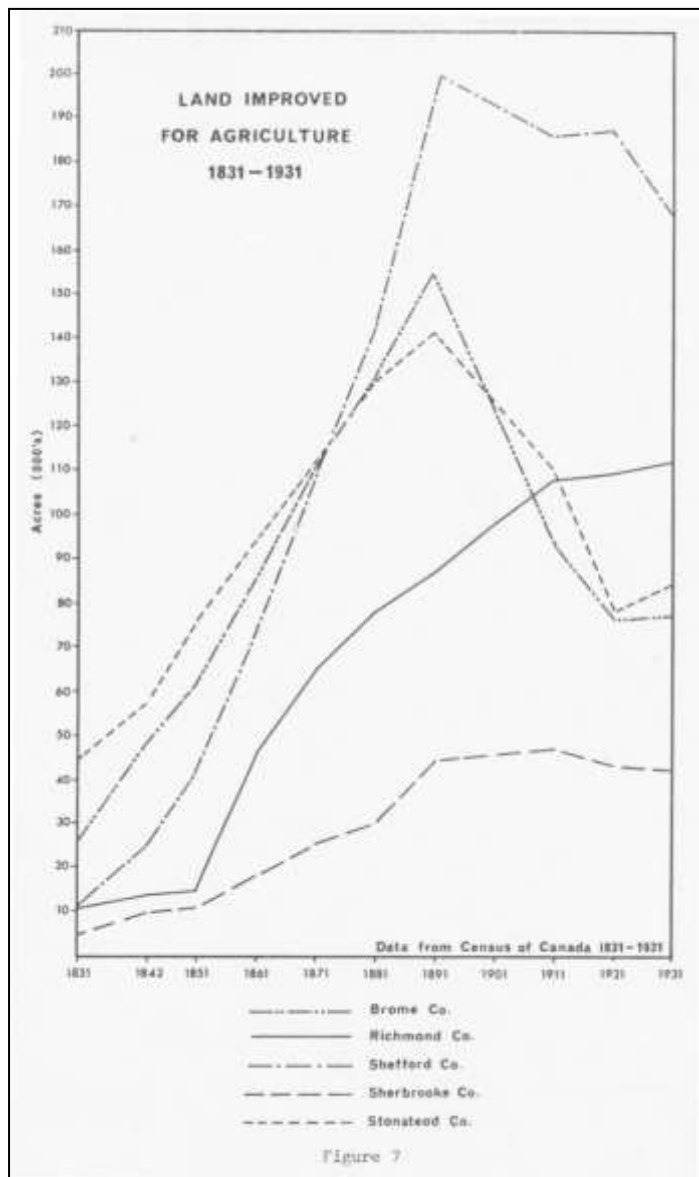
Les travaux de Brisson et Bouchard (2003) et Domon et Bouchard (2007) ont mis en lumière les éléments de la transformation du paysage forestier de la MRC du Haut-Saint-Laurent en Montérégie. La compilation des résultats de plusieurs années d'études est fort intéressante et pertinente, puisqu'elle permet de dresser un portrait général des modifications au paysage d'une partie du Québec méridional, et particulièrement de la plaine du Saint-Laurent, où l'établissement de l'agriculture et l'exploitation des ressources forestières ont créé de fortes pressions sur le milieu.

D'autre part, plusieurs études en Nouvelle-Angleterre peuvent être utilisées pour reconstituer la forêt naturelle de l'Estrie. Mentionnons entre autres les travaux de Lorimer (1977, 2001), Whitney (1994), Foster (2002) et Cogbill *et al.* (2002).

L'étude de Booth (1971) portait sur cinq comtés des Cantons-de-l'Est, à savoir Brome, Richmond, Shefford, Sherbrooke et Stanstead. Ce territoire ne correspond pas à la limite régionale actuelle, et on peut voir à la figure 10 qu'une partie (comtés de Brome et de Shefford) est à l'extérieur de la limite régionale. Conséquemment, les informations tirées de cette référence ne sont nécessairement pas applicables à l'ensemble de l'Estrie. Un tableau chronologique (1800-1930) retraçant les grandes étapes de la colonisation et de l'utilisation de la forêt des cantons de l'étude de Booth (1971) est présenté à l'annexe 1. Le territoire visé par les travaux de Kesteman *et al.* (1998) couvre l'ensemble des Cantons-de-l'Est et, par conséquent, la totalité du territoire de l'Estrie (Figure 10).

essences feuillues (bois francs), puisqu'elles étaient dominantes sur les hautes terres identifiées comme les plus prometteuses à cette époque. La figure 12 présente le pourcentage de territoire défriché en 1851 dans les cantons étudiés par Booth (1971). Certains cantons, comme celui de Stanstead, présentaient des conditions favorables à l'agriculture, et la destruction de la forêt au profit de l'agriculture y a été plus intensive. Les zones les plus au sud furent les premières à être colonisées, ce qui fait que ce territoire a été marqué de façon plus significative par l'implantation de l'agriculture. Les résineux furent peu affectés par ces pratiques et servirent à d'autres usages spécialisés avant d'être exploités dans les industries du sciage (vers 1850) et des pâtes et papiers (vers 1880).

Figure 11. Défrichage des terres pour l'agriculture (Booth, 1971)



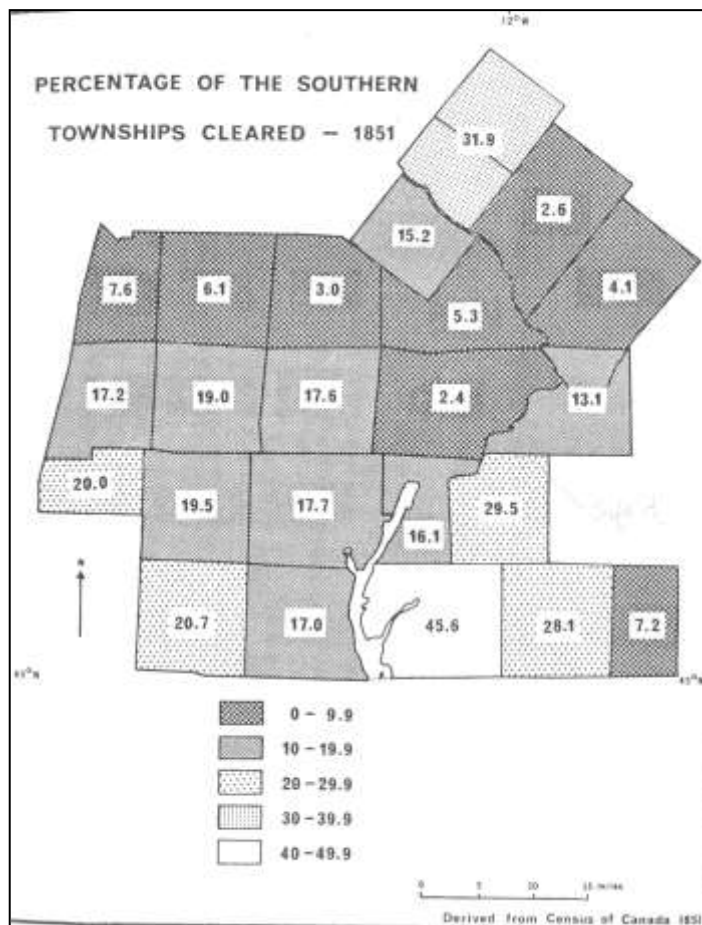
Une certaine désillusion face à des rendements en agriculture aurait poussé les habitants à exploiter la ressource forestière. Les terres moins accessibles qui n'avaient pas trouvé preneur au début de la colonisation sont demeurées la propriété de la Couronne (Little, 1986). Aussi, Booth (1971) rapporte que de grandes superficies avaient été acquises par des particuliers absenteïstes pour de la spéculation foncière et que ces terrains boisés ont longtemps été bloqués, entravant ainsi le développement de la colonisation et de l'agriculture. Ces deux types de lot constituent la base de l'exploitation forestière dans la région et l'arrivée du chemin de fer, le début de l'exportation commerciale des bois dans la dernière partie du 19^e siècle.

L'industrie locale dérivée de l'exploitation forestière devient très importante: scieries, tanneries, potasseries et perlalleries constituent plus de la moitié des établissements industriels des Cantons-de-l'Est (Kesteman *et al.*, 1998).

L'arrivée des chemins de fer vers 1850 aura deux implications importantes au niveau de la ressource forestière: 1) l'utilisation massive de certaines essences telles le mélèze et la pruche

comme bois de traverses dans la construction du chemin de fer; et 2) l'augmentation des possibilités d'exportation du bois.

Figure 12. Pourcentages de défrichage (Booth, 1971)



La ressource forestière est principalement destinée au marché des États-Unis (Booth, 1971; Kesteman *et al.*, 1998). Le marché du bois équarri pour la Grande-Bretagne serait également l'un des moteurs de l'exploitation forestière avec des demandes pour des essences feuillues, principalement le bouleau et l'érable. Booth (1971) et Kesteman *et al.* (1998) mentionnent que l'absence de grands peuplements de pins et de chênes accessibles aurait exclu les Cantons-de-l'Est de l'industrie du bois équarri pour la Grande-Bretagne pendant la première moitié du 19^e siècle. Jusqu'en 1850 environ, les exportations de matières premières étaient freinées par l'absence de voies de communication. Les rivières qui descendent vers le fleuve ont une configuration peu propice au flottage du bois (Kesteman *et al.*, 1998), mais certains cours d'eau et lacs ont été utilisés pour transporter le bois sur de plus faibles distances pour alimenter les scieries locales (Booth, 1971). MacKay

(1987) fait état d'importantes livraisons de chênes et de pins en provenance du sud de l'Ontario et du Québec, dont les Cantons-de-l'Est, vers la Grande-Bretagne. Des tableaux issus des recensements de 1871, 1881, 1891 et 1901 (annexe 2) quantifient la production de bois équarri pour différentes essences forestières des cantons de l'étude de Booth (1971). Le chêne est parmi les essences qui y figurent, avec des volumes totaux de 16 800 pieds cubes (environ 1 540 m³) récoltés dans l'ouest de l'Estrie (cantons de Stanstead et de Shefford) en 1871 et 1881, respectivement.

Kesteman *et al.* (1998) rapportent que quelques cantons profitent de la proximité de certaines voies d'eau permettant le transport du bois à l'extérieur de la région. Près de Danville, en Estrie, deux scieries débitent des madriers et les acheminent jusqu'au fleuve sous forme de radeaux via la rivière Nicolet. Plus au sud, les bois peuvent être transportés vers les scieries agglutinées près de la baie Missisquoi, d'où ils peuvent transiter vers les États-Unis (Kesteman *et al.*, 1998).

Le début de l'exploitation, entre 1852 et 1910 selon Booth (1971), se concentre sur des coupes sélectives d'espèces matures, principalement résineuses (épinettes, pins et pruche). Les peuplements de pins sont plus rares et la pruche a grandement été affectée par l'utilisation de son écorce pour l'industrie du tannage. Les épinettes constituent ainsi les plus grands volumes coupés, principalement à cause de leur abondance sur le territoire et de la demande pour les pâtes

et papiers (Booth, 1971; Kesteman *et al.*, 1998). L'introduction de cette industrie a d'ailleurs été favorisée par l'abondance de la ressource, mais aussi par la disponibilité de main-d'œuvre et par l'électricité fournie par les cours d'eau à proximité. Les propriétaires y ont trouvé un moyen pour réduire les pertes de ressources sur les sites de coupe (Booth, 1971). Cela a eu des répercussions importantes sur la mosaïque forestière, en délaissant les coupes sélectives pour des coupes totales. Au début du 20^e siècle, la ressource résineuse mature est déjà largement appauvrie.

Après la première guerre mondiale, l'industrie prendra d'assaut la forêt pour récolter les feuillus matures résiduels, jusqu'à leur épuisement. Après 1920, l'industrie forestière est sérieusement affectée par la pénurie de matière première (Kesteman *et al.*, 1998) à l'échelle du Québec. Ce sera la fin des opérations sur de grandes surfaces dans les Cantons-de-l'Est. Dans les localités du plateau appalachien par contre, les coupes forestières se poursuivent durant toute la période de l'entre-deux-guerres (Kesteman *et al.*, 1998).

3.1.2 Composition forestière

La reconstitution du climat et de la végétation postglaciaire est d'un intérêt certain pour comprendre la composition et la distribution spatiale des paysages végétaux actuels, qui sont l'héritage de ce passé. Nous aurions tort de ne considérer que la période juste avant l'arrivée des premiers colons, puisque le climat était différent de l'actuel (Petit Âge Glaciaire 1450-1880 A.D.). Cogbill *et al.* (2002) soulignent d'ailleurs cet aspect dans leur reconstitution de la forêt précoloniale. D'autres époques antérieures, vraisemblablement plus représentatives du climat actuel, peuvent fournir des informations pertinentes sur la végétation précoloniale, pour la forêt présente, et sur la végétation future.

Plusieurs études palynologiques ont permis de reconstituer les conditions climatiques et l'évolution de la végétation durant la période postglaciaire i.e. les derniers 26 000 ans (Davis, 1983; Richard, 1994, 2007; Muller *et al.*, 2003). La chronologie de la déglaciation au Québec a été précisée par des études sédimentologiques et de nouvelles datations au radiocarbone (Occhietti et Richard, 2003; Richard, 2007). Les arbres se sont implantés dès le retrait des glaces, à tous les endroits propices à leur croissance. La composition végétale s'est transformée à mesure que le climat se réchauffait, montrant une dynamique temporelle s'apparentant au gradient nord-sud actuel de la composition végétale du Québec. Des exceptions à ce scénario général ont toutefois été relevées, principalement à cause de conditions climatiques persistantes à différents endroits au Québec et de régimes de perturbation variables dans l'espace et dans le temps (Richard et Grondin, 2009). Les paysages végétaux qui se sont succédés au sud de la Mer de Champlain sont la toundra, la pessière noire, la sapinière à bouleau blanc, la sapinière à bouleau jaune, puis l'érablière. Dans leurs travaux, ces études précisent que le recul des glaces a libéré la région de l'Estrie, tout près de la frontière des États-Unis, entre 13 500 et 13 200 ans AA.

Entre 6000 et 4000 AA au sud du Québec, ce sont les érablières avec le hêtre, la pruche et le bouleau jaune qui dominent le paysage. Il y avait abondance du noyer cendré, du tilleul et des caryers associés à un réchauffement du climat, d'un à deux degrés plus chaud qu'actuellement. Le pin blanc était important, surtout dans l'ouest du Québec. Le hêtre, profitant de températures plus chaudes, était en pleine expansion territoriale depuis 8000 ans (Bennett, 1985). Les pruches ont été décimées dans tout l'est de l'Amérique du Nord il y a 5500 ans environ (Davis, 1981).

Entre 4000 et 2000 AA, on assiste à un refroidissement du climat dans toute l'Amérique du Nord. Le hêtre est bien établi parmi les érables; il était alors sans aucun doute plus abondant qu'actuellement. Le pin blanc demeure important par rapport à l'époque précédente, malgré la croissance du bouleau jaune. Les populations de noyer cendré, tilleul et caryers commencent à diminuer.

Les derniers 2000 ans s'inscrivent dans la tendance au refroidissement amorcée depuis 4500 ans (Richard et Grondin, 2009). Des études polliniques dans la région de Québec montrent que les résineux (épinette rouge et sapin baumier) ont pris de l'expansion à cette époque, au détriment de l'érable et du hêtre, mais pas du bouleau jaune. C'est alors le début du Petit Âge Glaciaire vers 1450.

Des études polliniques et macrofossiles ponctuelles au lac Albion en Estrie (Lavoie et Richard, 2000b), à la tourbière du parc Frontenac dans Chaudière-Appalaches (Lavoie et Richard, 2000a) et près du Mont Yamaska en Montérégie (Muller *et al.*, 2003) montrent que l'évolution de la végétation a suivi sensiblement le même patron. Les diagrammes polliniques de ces trois sites sont présentés à l'annexe 3. Ils présentent la succession végétale postglaciaire à proximité de ces sites, pour les douze à quatorze derniers millénaires.

D'autres études palynologiques sont en cours dans la région (Richard, 2009, communication personnelle), dans le cadre de recherches archéologiques sur les Paléoindiens du lac Mégantic (Chapdelaine, 2004). Ces derniers auraient été les premiers à coloniser le territoire, dès le retrait des glaciers, entre 12 500 et 12 200 AA (Chapdelaine, 2004). Un diagramme pollinique du lac Dubuc dans ce secteur est également présenté à l'annexe 3.

Il existe peu d'études polliniques et macrofossiles pouvant nous renseigner sur la période juste avant la colonisation. Un certain nombre d'études s'étendent jusqu'à l'apparition d'espèces associées à l'humain (agrophytes), mais leur résolution temporelle est généralement insuffisante pour décortiquer cette période charnière (Richard, 2009, communication personnelle).

D'autres types de travaux permettent d'investiguer davantage la composition forestière au début de la colonisation. Les conclusions de plusieurs recherches (Brisson et Bouchard, 2003; Domon et Bouchard, 2007; Doyon et Bouffard, 2009) dans la partie du sud du Québec montrent que l'association érable à sucre – hêtre – bouleau jaune - pruche était dominante à l'époque précoloniale sur une grande partie de ce territoire, probablement dans les domaines actuels des érablières. La plaine du Saint-Laurent, devenue très agricole aujourd'hui, devait être quelque peu différente, avec de grandes zones de tourbières telles que le Tea Field Swamp, décrit dans les travaux de Jean et Bouchard en 1987 (Brisson et Bouchard, 2003). Comme la majeure partie de la région de l'Estrie est située sur la plateforme appalachienne et que la physiographie y est très variable, il semble plausible que la végétation précoloniale y ait présenté quelques variantes de ce schème général. Les travaux de Cogbill *et al.* (2002) sur la reconstitution de la forêt naturelle et la répartition des espèces forestières de la Nouvelle-Angleterre montrent que les facteurs climatiques, notamment l'altitude, sont des éléments déterminants dans la composition forestière observée.

Ces résultats montrent que quatre groupes distincts d'espèces forestières caractérisaient la partie nord de son territoire d'étude, qui inclut des points d'échantillonnage sur le territoire de l'Estrie. Les paramètres discriminant ces quatre groupes ainsi que la carte de distribution des huit groupes déterminés par Cogbill *et al.* (2002) sont présentés à l'annexe 4.

La composition principale de chaque groupe est présentée ci-dessous. La fréquence relative de tous les genres ou espèces par groupe est présentée dans la section précédente (Tableau IV).

- Groupe 1 : Épinette rouge, Bouleau, Sapin baumier, Hêtre, Érable à sucre
- Groupe 2 : Hêtre à grandes feuilles, Épinette rouge, Érable à sucre, Pruche du Canada, Bouleau
- Groupe 3 : Hêtre à grandes feuilles, Érable à sucre, Pruche du Canada, Bouleau, Épinette rouge, Chêne, Pin
- Groupe 4 : Hêtre à grandes feuilles, Pruche du Canada, Érable à sucre, Pin, Chêne, Bouleau

Ces quatre groupes sont composés d'un mélange, en proportions variables, de hêtres, d'érables et de bouleaux. L'épinette prend graduellement de l'importance dans les 2 groupes les plus nordiques, donc les plus élevés en altitude, tandis que la pruche devient plus importante dans le groupe 4 (le plus méridional). Le gradient altitudinal peut être mis en relation avec le gradient latitudinal, et représenter la succession des groupes sur la sère physiographique (Cogbill 2009, communication personnelle). Ainsi, l'épinette rouge devait être dominante aux altitudes plus élevées, en combinaison avec le sapin, puis former une zone de transition avec les essences feuillues (bouleau, hêtre et érable à sucre) avec une diminution de l'altitude. Le thuya et le mélèze sont communs dans les montagnes ainsi que dans les fonds froids des vallées, généralement en association avec l'épinette rouge. Dans plusieurs cas, il n'y a que l'indication du genre dans les registres d'arpentage compilés par Cogbill. Dans le cas du bouleau, Cogbill mentionne cependant qu'il s'agirait vraisemblablement du bouleau jaune, avec des possibilités pour le bouleau blanc aux altitudes plus élevées.

Le groupe 4 se retrouve généralement dans les vallées et dans les basses terres du nord de la Nouvelle-Angleterre, avec des quantités significatives de pins et de chênes. Le frêne, le tilleul, l'orme, le noyer et l'ostryer ont des occurrences éparées, mais sont plus abondants dans les vallées. En Estrie, la présence de pins, de chênes et de caryers dans les vallées, sur les basses terres riches et les sols calcaires est également très probable. Gagnon (2009, communication personnelle) mentionne que les chênes européens (blanc et à gros fruits) devaient être présents dans les dépôts fluviaux de la vallée Saint-François, possiblement en association avec le frêne rouge et l'érable argenté.

Dans ses recherches, Booth (1971) a trouvé que de façon générale, il y avait une conformité entre la composition principale actuelle (c'est-à-dire en 1971), en termes d'espèces principales, et la composition précoloniale. Certaines espèces subsistent encore aujourd'hui, mais ne sont pas aussi abondantes dans les communautés végétales. Tous les résineux et quelques feuillus (érables et ormes) présents aujourd'hui ne forment pas d'aussi grands peuplements. D'autres essences sont plus éparées ou sont pratiquement disparues dont le chêne, le tilleul, le frêne et le noyer cendré. Le hêtre, autrefois très présent, est maintenant très dispersé. Booth mentionne également que les

mêmes relations peuvent être observées entre l'occurrence d'une espèce ou d'une association d'espèces et les variables environnementales du milieu (sol, pente, altitude). Cela implique qu'il serait possible de localiser les sites probables de ces espèces qui ne sont plus représentées sur le territoire actuellement. Des précautions devraient être prises cependant, car plusieurs sites ont pu être affectés par des actions anthropiques comme les brûlis et les modifications au drainage (Booth, 1971; Whitney, 1994; Brisson et Bouchard, 2003). Les endroits où l'on retrouve aujourd'hui des essences autrefois abondantes correspondent aux endroits où elles devaient se trouver dans le passé (Richard, 2009, communication personnelle). La consultation d'études phytogéographiques documentant les associations végétales en fonction des paramètres environnementaux peuvent être utiles pour aider à la reconstitution des paysages forestiers passés. En ce sens, les travaux de Grandtner sur la végétation forestière du Québec méridional (1966), de Bouchard et Maycock sur les forêts décidues et mixtes de la région appalachienne du sud québécois (1978), de Gauvin et Bouchard sur la végétation du Mont Orford (1983), et les nombreux documents de classification écologique du MRNF méritent d'être étudiés.

Par ailleurs, dans leurs études sur le chêne rouge en Estrie, Gagnon *et al.* (2003) ont montré qu'il existait des peuplements de chênes rouges sur des sites mésiques à l'époque précoloniale. Quelques vestiges oubliés sont demeurés après la grande période d'exploitation pour l'industrie navale où bons nombres de chênes et de pins ont été coupés. Aujourd'hui, les chênes rouges sont présents sur le territoire, dans les milieux xériques. La forte compétition, notamment avec l'érable à sucre, aurait entravé la régénération du chêne rouge dans les autres milieux. Le broutage sélectif par les cerfs pourrait aussi être en cause.

3.1.2.1 Particularités de certaines espèces

Hêtre

Le hêtre s'est installé à la frontière canadienne il y a 7000 ans environ. Les températures plus clémentes auraient favorisé son expansion et son implantation dans les érablières à sucre (Bennett, 1985; Cogbill, 2005). Les variations climatiques, la maladie corticale du hêtre, et les facteurs anthropiques sont quelques éléments qui expliqueraient les cycles de dominance/régression du hêtre par le passé (Brisson et Bouchard, 2003; Cogbill, 2005). Il y a 1700 ans AA, le hêtre était deux fois plus abondant qu'actuellement (Richard et Grondin, 2009). Au Petit Âge Glaciaire, il a régressé (Richard, 2009, communication personnelle) et lors du réchauffement subséquent, sa remontée a été freinée par la vigueur de l'érable à sucre qui l'a supplanté. Dans le nord de la Nouvelle-Angleterre, le hêtre est toujours l'espèce la plus abondante dans les inventaires, mais sa dominance relative est à 10-20 % de ce qu'elle était à l'époque précoloniale (Cogbill, 2000). La défaveur intentionnelle de cette essence dans les érablières et même la maladie corticale du hêtre seraient des facteurs ayant contribué à la régression du hêtre, laquelle s'étant amorcée bien avant l'apparition de ces phénomènes (Cogbill, 2005; Houston, 1994).

L'augmentation récente des populations de hêtres dans certaines érablières du sud du Québec serait probablement un retour à la normale, considérant le réchauffement actuel du climat (Saucier *et al.*, 2009). D'autres pistes sont également présentées par Paquin et Noël (2003), notamment 1) une meilleure adaptation du hêtre à l'ombre; 2) une capacité à se reproduire par

drageonnement; 3) une modification des propriétés du sol causée par l'augmentation graduelle du feuillage du hêtre dans la litière, ce phénomène pouvant être nuisible à la régénération de l'érable à sucre; 4) la phytotoxicité du hêtre pour la régénération de l'érable à sucre; 5) la préférence du cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) pour l'érable à sucre comparativement au hêtre.

Pin blanc

Le pin blanc est observé dans presque toutes les études sur les forêts anciennes du nord-est des États-Unis. Au Québec, plusieurs chercheurs notent que sa présence était importante à l'époque précoloniale, spécialement dans le sud et l'ouest de la province (Saucier *et al.* 2009). Doyon et Bouffard (2009) rapportent que l'implantation du pin blanc au sein de la mosaïque forestière était facilitée par les perturbations de trouées. Grâce à sa longévité et à sa hauteur dominante dans la canopée, il peut se maintenir sans souffrir de la compétition avec les espèces tolérantes (Doyon et Bouffard, 2009). Selon les résultats de l'étude de Cogbill *et al.* (2000) en Nouvelle-Angleterre, le pin blanc ne semble pas avoir été aussi abondant que le sous-entend la croyance populaire, et il aurait été une composante mineure de la forêt. Les auteurs retrouvent le pin blanc en proportion significative seulement dans les vallées de l'Hudson et du lac Champlain (20 %) mais très peu sur le plateau Appalachien.

Le pin blanc fut l'une des premières essences à être exploitée au Québec et ce, jusqu'à un quasi épuisement de la ressource qui a forcé les colons à se tourner vers d'autres bois. La littérature révèle que l'exploitation massive de cette ressource dans la première moitié du 19^e siècle a touché l'ensemble de son aire de peuplement.

Chêne rouge

Il y a des indications démontrant que le chêne rouge couvrait jadis de grandes superficies en Estrie mais il fut beaucoup exploité (Gagnon *et al.*, 2003). Dans leurs études en Estrie, Gagnon *et al.* (2003) estiment que cette espèce était bien représentée à plusieurs endroits sur le territoire, sur les stations xériques en particulier, mais également sur les sites mésiques où son abondance était plus importante qu'aujourd'hui. Une autre particularité du chêne rouge soulevée par Gagnon *et al.* (2009, communication personnelle) est qu'il tolère des concentrations élevées de magnésium dans le sol, phénomène rare mais présent en Estrie et associé aux roches serpentiniques, tel qu'au mont Orford, faisant partie du complexe ophiolitique d'Orford-Chagnon-Baldface. À ces endroits, il réussit à supplanter la compétition. Il est donc possible qu'il ait pu être un élément important du paysage naturel dans ces milieux particuliers.

Doyon et Bouffard (2009) notent que les données historiques portant sur l'exploitation et l'exportation font mention de quantités importantes de chênes rouges, ce qui pourrait expliquer la faible représentation actuelle de cette essence dans la plaine du Saint-Laurent et en Estrie. Bien que l'abondance du chêne rouge est mise en évidence par Gagnon *et al.*, (2003), d'autres études scientifiques semblent toutefois contredire les propos historiques rapportés. Les diagrammes polliniques (Lavoie et Richard, 2000a, 2000b; Muller *et al.*, 2003) présentés à l'annexe 3 indiquent que le chêne aurait été plutôt abondant entre 7000 et 12 000 A.A. (pic pollinique à 30 %) et aurait régressé considérablement depuis. Avant le début de la colonisation, les pourcentages polliniques associés aux chênes étaient inférieurs à 5 %.

Aussi, les données de Cogbill *et al.* (2002) montrent que les chênes (toutes espèces confondues) étaient peu abondants, composant entre 0,3 et 6,8 % de la composition forestière dans les zones où ils sont susceptibles d'être rencontrés en Estrie (groupes 1 à 4). Selon Cogbill (2009, communication personnelle), les plus grandes proportions de chênes exprimées dans ses résultats seraient dominées par le chêne à gros fruits ou le chêne blanc dans les vallées (groupe 4 : 6,8 %). Le prélèvement sélectif des chênes (blancs ou rouges) ainsi que d'autres essences désirées comme les noyers et les frênes, présentes autrefois sur le territoire, a favorisé l'établissement de d'autres espèces sur les stations mésiques, notamment l'érable à sucre (Majcen, 2003). D'Orangeville (2008) rapporte que la faible représentation actuelle du chêne rouge pourrait être liée à sa relative intolérance à l'ombre et à sa croissance lente.

Érable à sucre

Selon les résultats de Cogbill *et al.* (2002) pour la Nouvelle-Angleterre, l'érable à sucre était l'espèce la plus étendue dans l'espace et sa distribution était uniforme. Au Québec, elle est passée de co-dominante à dominante dans les grandes zones où le hêtre était jadis abondant, et a remplacé certaines autres espèces autrefois plus importantes sur les sites mésiques. Selon les observations rapportées par Brisson et Bouchard (2003), son abondance s'expliquerait par 1) sa dissémination d'un grand nombre de graines, 2) son taux d'établissement élevé et 3) sa tolérance à l'ombre, trois éléments contribuant à sa résilience.

Érable rouge

Il existe peu d'indications sur la présence de l'érable rouge dans la période précoloniale. Dans leurs recherches en Montérégie, Brisson et Bouchard (2003) indiquent qu'il aurait très bien pu évoluer sur la plaine argileuse, aux côtés de l'érable argenté. Par contre, la compilation des actes notariés de vente de bois montre que l'érable rouge était peu représenté malgré son potentiel pour le bois de chauffage, ce qui laisse croire qu'il était peu abondant.

Épinette rouge

Les données historiques montrent que l'épinette rouge était présente en importance dans les forêts feuillues tempérées nordiques (northern hardwoods) (Cogbill et White, 1991; Cogbill *et al.*, 2002). La répartition spatiale de la végétation précoloniale, telle que présentée par Cogbill *et al.* (2002), montre que l'écotone coniférien (zone de transition délimitant les résineux et les feuillus) était jadis positionné à une altitude inférieure à la limite actuelle. Il était, selon Cogbill *et al.* (2002), moins élevé de 150 m par rapport à l'actuel. Le réchauffement des températures serait vraisemblablement la cause de cette variation et, par conséquent, pourrait en partie expliquer le déclin graduel de l'épinette rouge dans les peuplements mixtes sous la limite de l'écotone coniférien actuel (Hamburg et Cogbill, 1988).

Booth (1971) mentionne que cette essence était exploitée dès le début de la colonisation pour différents usages liés à l'établissement domestique (matériaux de charpente, châssis de portes et de fenêtres, meubles, bardeaux) mais aussi pour la fabrication de tonneaux servant entre autres à l'industrie de la potasse. Plus tard, vers la fin du 19^e siècle, les scieries commerciales et l'industrie des pâtes et papier vont grandement appauvrir cette ressource. De leur côté, Doyon et Bouffard (2009) notent que l'exploitation sélective de l'épinette rouge, couplée à une sylviculture ne correspondant pas aux exigences de régénération de cette espèce, sont des éléments qui

pourraient expliquer la diminution de son abondance dans le paysage de la forêt feuillue tempérée.

Épinette blanche

Les travaux de Cogbill *et al.* (2002) font mention du genre « épinette » dans leurs compilations, sans préciser l'espèce. Il s'agirait de l'épinette rouge principalement puisque c'est la dominante dans les Appalaches, mais l'épinette blanche devait certainement être présente également (Cogbill *et al.*, 2002). Peu de travaux sur la période précoloniale ou coloniale documentent l'épinette blanche en particulier. Il est donc difficile, compte tenu des grandes similitudes génétiques entre ces deux espèces, d'évaluer les proportions de chacune. Selon les propos de Kesteman *et al.* (1998), l'épinette rouge et l'épinette blanche servaient aux mêmes usages.

Sapin baumier

Selon les compilations de Cogbill *et al.* (2002), le sapin était commun dans les montagnes du nord de la Nouvelle-Angleterre, mais pas aussi abondant que l'épinette rouge ou le bouleau (jaune). Il représentait entre 3 et 15 % de la composition forestière dans les deux groupes les plus nordiques (groupes 1 et 2) et était quasi absent des groupes du sud, avec des fréquences inférieures à 0,6 %. Le sapin est aujourd'hui plus abondant, ce qui peut être expliqué en partie par un réchauffement du climat depuis la fin du Petit Âge Glaciaire et par la modification de la limite de l'écotone coniférien (Cogbill *et al.*, 2002) qui auraient avantagé le sapin, là où il cohabitait auparavant avec l'épinette. Doyon et Bouffard (2009) font également mention de la compétition entre le sapin et l'épinette pour expliquer la diminution de l'abondance de l'épinette rouge dans la forêt feuillue tempérée québécoise.

Pruche du Canada

La pruche du Canada était une composante importante de la forêt naturelle du sud du Québec, tel que rapporté par plusieurs auteurs (Domon et Bouchard, 2007; Doyon et Bouffard, 2009). La pruche est l'une des essences dont la régénération est favorisée par la présence des monticules créés par les chablis (Doyon et Bouffard, 2009). Le régime de trouées caractéristique des forêts feuillues et l'occurrence de chablis dans le temps auraient donc pu contribuer à son essor dans le paysage estrien. Les données de Cogbill *et al.* (2002) montrent qu'elle était peu abondante dans les montagnes, mais qu'elle devenait plus importante à des altitudes inférieures, sur les plateaux et particulièrement dans les vallées (21,5 % de la composition forestière). La région de l'Estrie, à cause de son relief plus prononcé, aurait possiblement compté moins de pruches que dans les Basses-Terres du Saint-Laurent, par exemple.

L'écorce de pruche était utilisée dans l'industrie de la tannerie dès le début du 19^e siècle (Booth, 1971; Kesteman *et al.*, 1998). L'essence n'avait à ce moment pas d'autres usages, selon Booth. Whitney (1994) raconte qu'il s'agissait d'une espèce recherchée dans la sélection de lots voués au défrichage, considérant que cette dernière était plus facile à déraciner que le hêtre (à cause de son mode de propagation). C'est avec l'arrivée du chemin de fer que cette ressource a subi les plus grandes pertes, avec des demandes croissantes pour la confection de traverses de chemin de fer.

3.1.2.2 Composition des forêts anciennes (FA)

Les inventaires de forêts anciennes et/ou peu perturbées, parmi les EFE existant en Estrie, nous renseignent sur certaines espèces qui étaient présentes avant ou au tout début de la colonisation et sont pertinents du point de vue de la structure et de la dynamique des peuplements naturels. Il s'agit de données précieuses puisqu'elles sont des vestiges tangibles de la mosaïque précoloniale et que très peu de peuplements ont été ainsi préservés. Cependant, une attention particulière doit être apportée dans l'extrapolation des données au-delà des limites de l'occurrence, aussi bien que dans la désignation du peuplement comme étant le stade climacique (Whitney, 1994). Le fait que ces forêts aient été maintenues à travers toutes ces années pourrait s'expliquer par des conditions environnantes particulières, voire uniques, qui auraient favorisé la protection de l'écosystème en place. De plus, les sites recensés sont généralement de faibles superficies et peu étendus sur le territoire estrien.

Des huit FA inventoriées dans la région (figure 13), deux sont des cédrières, une est une pessière, les cinq autres sont des érablières. Le tableau IX présente la synthèse des résultats d'inventaires effectués par la Direction de l'environnement et de la protection des forêts du MRNF. Leur âge estimé (âge depuis la dernière perturbation majeure) varie de 175 à 400 ans. Les plus vieilles sont les cédrières. On retrouve sensiblement les mêmes essences que celles apparaissant dans les travaux de Cogbill sauf pour le chêne qui est complètement absent et l'épinette rouge qui est en trace. Ceci est peut-être dû à la récolte quasi systématique des ces dernières par les Européens au début de la colonisation. Combiné à leur faible taux de régénération, ceci peut expliquer cette différence.

Tableau IX. Composition végétale des forêts anciennes de l'Estrie inventoriées par MRNF

Nom du site	TYP_ ORI PERT	Groupe ment végétal	Group. d'essences	Essences dominantes	TYPE_FOR	Type écologique	Âge du site
Boisé Beckett	M	Érablière à hêtre	RFT		PRU-ERS/ ERP-DRS	FE32	195
	F	Érablière à hêtre	ERFT		ERS-HEG/DRS	FE32	255
Collines de la Baie Fitch	R	Érablière à hêtre et prucheraie	PUPU		PRU/ERP	RT10	275
	F	Érablière à hêtre et prucheraie	ERFT		ERS-FRA-HEG/ ERP	FE22	190
Lac Massawippi	F	Érablière à hêtre	ERFT	HEG,ERS, BOJ,PRU	HEG-ERS/ X01-MAT-DRM	FE32	225
Cookshire	F	Érablière à ostryer	ER	ERS,OSV,SAB, HEG,BOJ,PRU	ERS-HEG-OSV/ X01-DRS	FE52	215
Morne de Saint- Sébastien	F	Érablière à bouleau jaune	ER	ERS,BOJ	ERS / ERP	FE32	175
	R	Cédrière à sapin	CS	-	THO-SAB / ERE-GRS	RC38	400
Lac Brochet	R	Cédrière à sapin	CS	-	THO / ERE-GRS	RC38	400
	R	Cédrière à sapin	PUC	-	PRU-THO / ERE-oxm	RT12	245
Lac Émilie	R	Pessière blanche à sapin	SS	EPB,SAB,BOJ	EPB-SAB/ERE	MJ22	205
Duck Hole	R	Cédrière tourbeuse	CC	THO,SAB	THO/AUR-SPS	RC38	200

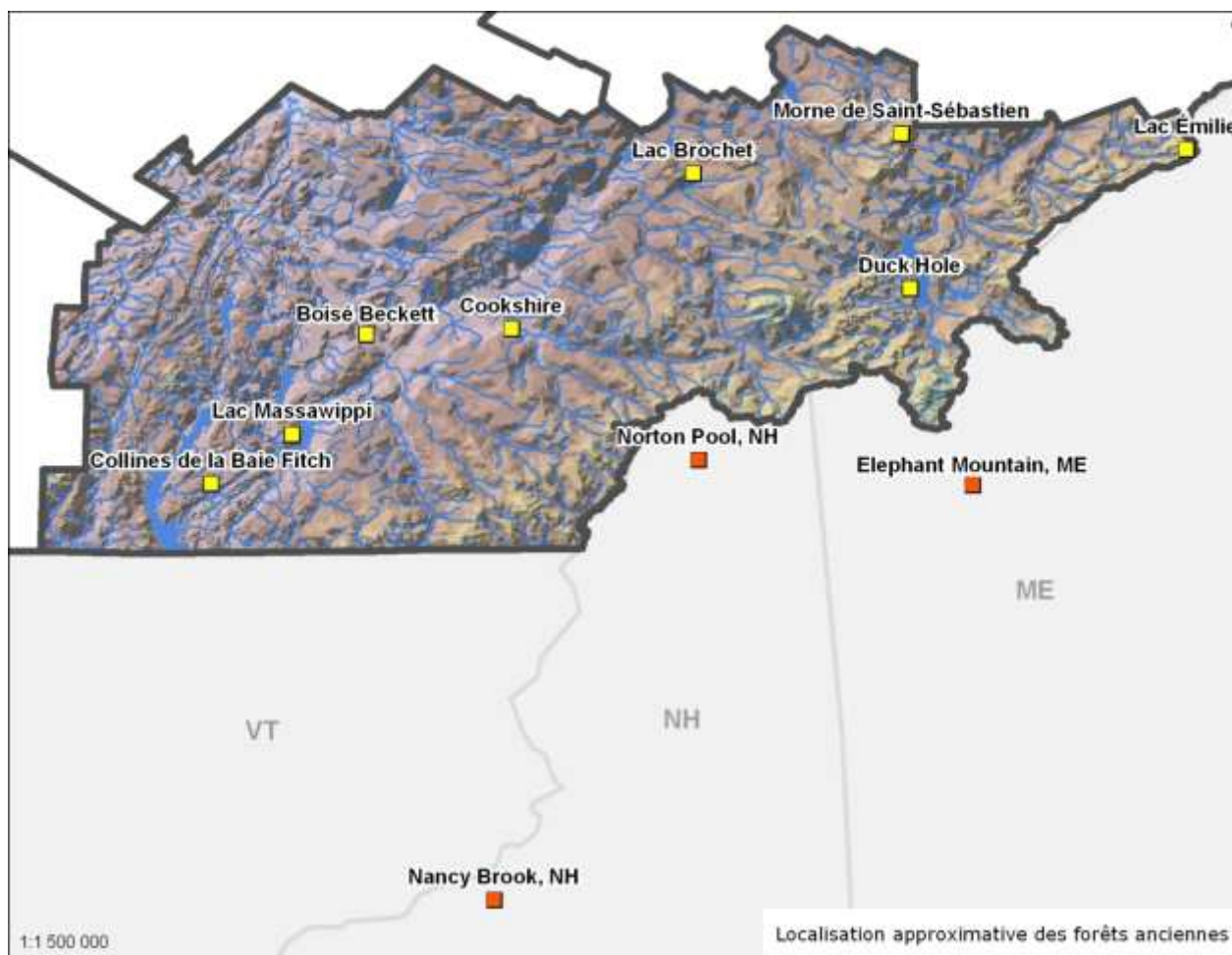


Figure 13. Localisation approximative des forêts anciennes

3.1.3 Structure des peuplements

La majorité des récits historiques relate que l'Amérique était une vaste forêt continue, peuplée d'arbres matures (Doyon et Bouffard, 2009). Les scientifiques ont relativisé ce constat, mais il reste qu'une grande partie du Québec méridional était effectivement dominée par la forêt et généralement composée de peuplements matures. Frelich et Lorimer (1991) estiment que 87,4 % du paysage de la forêt feuillue tempérée précoloniale étaient composés de peuplements âgés de feuillus tolérants.

Les huit forêts anciennes sont quelques vestiges de cette époque qui subsistent dans la région de l'Estrie. Ces données sont fort pertinentes afin d'évaluer la structure de certains peuplements, en ce qui concerne l'âge, la taille des arbres, la densité du couvert végétal et la biomasse (Tableaux X et XI). Il existe des données pour des forêts anciennes de la Nouvelle-Angleterre dont certaines sont à proximité de la région de l'Estrie (Figure 13 et Tableau XII). Toutes sont dominées par l'épinette rouge ou le sapin baumier.

Doyon et Bouffard (2009) mentionnent que le peuplement précolonial non perturbé est généralement de structure inéquienne avec plusieurs classes d'âges, près de dix selon Frelich et Lorimer (1991). La forêt est principalement composée d'arbres qui ont une très grande longévité, c'est pourquoi la surface terrière est très élevée ($> 30 \text{ m}^2/\text{ha}$). La présence de pruche et de pin blanc dans le peuplement contribue à faire augmenter les valeurs de surface terrière à $40 \text{ m}^2/\text{ha}$. Le régime de trouées, principale perturbation naturelle de la forêt feuillue, pourrait expliquer la structure inéquienne puisqu'il permet à la régénération de profiter.

Tableau X. Structure et dynamique des forêts anciennes inventoriées par MRNF

Nom du site	TYP_ORI PERT	Group. d'essences	Densité Hauteur	Classe d'âge	Perturbation moy./légère	Hauteur dominante	Structure du couvert	TYPE_FOR	Type écologique	Âge du site
Boisé Beckett	M	RFT	A1	VIN	CP	27	Inéquienne	PRU-ERS / ERP-DRS	FE32	195
	F	ERFT	B1	VIN	CP	30	Inéquienne	ERS-HEG / DRS	FE32	255
Collines de la Baie Fitch	R	PUPU	B1	VIN	-	23	Inéquienne	PRU / ERP	RT10	275
	F	ERFT	B1	VIN	-	33	Inéquienne	ERS-FRA-HEG / ERP	FE22	190
Lac Massawippi	F	ERFT	B1	VIN	-	29	Inéquienne	HEG-ERS / X01-MAT-DRM	FE32	225
Cookshire	F	ER	B1	VIN	-	28	Inéquienne	ERS-HEG-OSV / X01-DRS	FE52	215
Morne de Saint- Sébastien	F	ER	A1	VIN	CP	30	Inéquienne	ERS / ERP	FE32	175
Lac Brochet	R	CS	B1	VIN	-	21	Inéquienne	THO-SAB / ERE-GRS	RC38	400
	R	CS	B2	VIN	-	20	Inéquienne	THO / ERE-GRS	RC38	400
	R	PUC	B1	VIN	-	25	Inéquienne	PRU-THO / ERE-OXM	RT12	245
Lac Émilie	R	SS	C2	VIN	EL	21	Inéquienne	EPB-SAB / ERE	MJ22	205
Duck Hole	R	CC	C2	120	-	17	Équienne	THO / AUR-SPS	RC38	200

Tableau XI. Synthèse de la composition et de la structure des forêts anciennes de la région de l'Estrie

Site	Groupe ment végétal/ Espèces dominantes	Âge moyen (années)	Âge maximal (années)	Diamètre maximal (cm)	Hauteur du couvert (m)	Densité des tiges > 20 (cm)	Surface terrière vivant (m ² /ha)	Surface terrière mort (m ² /ha)
Duck Hole	Cédrière tourbeuse THO,SAB	177	200	40	17.2	500	36	12
Boisé Beckett	Érablière à hêtre PRU,ERS,ERR,BOJ,ERP	150	195	54	25.2	350	33	10
Boisé Beckett	Érablière à hêtre ERS,HEG,FRA	184	255	108	31	150	54	2
Collines de la Baie Fitch	Érablière à hêtre et prucheraie PRU,ERP	205	275	58	23.5	250	37	4
Collines de la Baie Fitch	Érablière à hêtre et prucheraie ERS,HEG,FRA,OSV	155	190	78	34.8	150	33	4
Lac Massawippi	Érablière à hêtre HEG,ERS,BOJ,PRU	193	225	68	28.38	375	43	4
Cookshire	Érablière à ostryer ERS,OSV,SAB,HEG,BOJ,PRU	180	215	80	26.56	150	31	10
Morne de Saint- Sébastien	Érablière à bouleau jaune ERS,BOJ	161	175	78	24.38	225	36	6
Lac Brochet	Cédrière à sapin ND	370	400	ND	ND	ND	ND	ND
Lac Brochet	Cédrière à sapin ND	320	400	ND	19.25	ND	ND	ND
Lac Brochet	Cédrière à sapin ND	225	245	ND	22.05	ND	ND	ND
Lac Émilie	Pessière blanche à sapin EPB,SAB,BOJ	184	205	52	21.04	350	34	10

Adapté des données d'inventaire des Écosystèmes forestiers exceptionnels (MRNF, 2009)

Tableau XII. Synthèse de la composition et de la structure des forêts anciennes du nord-est des États-Unis

Site	Espèces dominantes	Âge moyen (années)	Âge maximal (années)	Diamètre maximal (cm)	Hauteur du couvert (m)	Densité des tiges > 20 (cm)	Surface terrière vivant (m ² /ha)	Surface terrière mort (m ² /ha)
Norton Pool, NH	EPR, SAB	240	303	46	ND	220	22	31.4
Elephant Mountain, ME	SAB, EPR	194	320	53	20	538	42.7	61.3
Nancy Brook, NH	EPR, SAB	254	415	58	23	274	28.5	33.3

Adapté de Cogbill, 1996.

3.1.4 Dynamique forestière

Il n'est pas toujours facile de démêler l'origine (anthropique ou naturelle) des perturbations étant donné la présence de l'humain dans le paysage nord-américain depuis environ 12 000 ans (Whitney, 1994; Lorimer, 2001). Plusieurs chercheurs s'entendent pour dire qu'avant la colonisation européenne, les perturbations naturelles étaient généralement peu fréquentes et de faible intensité dans les domaines de la sous-zone tempérée nordique (érablières), tel que rapporté dans Saucier *et al.* (2009).

Les perturbations catastrophiques peuvent toutefois avoir un effet très structurant à long terme en modifiant la mosaïque du paysage, par l'ouverture du couvert et l'apparition subséquente de jeunes peuplements (Doyon et Bouffard, 2009). Les feux intenses et les glissements de terrain occasionnent une succession végétale classique, avec l'apparition des espèces pionnières au premier stade. Par contre, plusieurs perturbations sévères n'initient pas de succession végétale. Par exemple, les dommages causés par le vent, la glace, la sécheresse, les insectes et les maladies touchent plus particulièrement les étages supérieurs, laissant le sous couvert et le sol intacts ce qui n'engendre pas de véritable succession dans les peuplements de feuillus tolérants à l'ombre, car la régénération avancée sera avantagée pour constituer la nouvelle forêt (Lorimer, 2001).

Les principales perturbations naturelles de la forêt feuillue tempérée sont présentées ci-dessous.

3.1.4.1 Trouées

Les régimes de perturbations sont souvent décrits dans les termes suivants :

Cycle :

Temps requis pour perturber une superficie équivalente à la superficie totale de l'aire étudiée par un agent perturbateur.

Intervalle de retour ou de rotation :

Moyenne des intervalles entre deux mêmes types de perturbation, calculée à différents endroits sur une période de temps donnée.

Fréquence ou taux :

Proportion moyenne du territoire affectée par une perturbation annuellement.

Dimension :

Taille de l'aire perturbée par un agent perturbateur durant un seul événement de perturbation.

Occurrence :

Nombre d'événements perturbateurs ayant eu cours pendant un temps donné, dans un territoire donné, peu importe leur taille.

Le vent est un agent perturbateur important de la forêt feuillue tempérée. Le résultat de son action se traduit par des dynamiques variables ayant des effets à court et long termes sur la structure forestière. Les perturbations qui y sont reliées sont les chablis et le régime de trouées, deux types de perturbations qui s'opposent dans leurs régimes respectifs, mais qui ont chacune des effets non négligeables sur la mosaïque forestière résultante.

Les trouées sont causées par la mort naturelle d'un arbre ou de plusieurs arbres âgés : il s'agit ici d'un processus normal et continu. C'est la principale perturbation naturelle dans les forêts feuillues dominées par l'érable à sucre (Runkle 1985; Payette *et al.*, 1990).

Les dimensions des trouées sont petites et relativement uniformes, généralement inférieures à 200 m² (Payette *et al.*, 1990). La distribution spatiale des trouées ne suit pas un patron spécifique. Il en

résulte des occurrences aléatoires et diffuses dans la mosaïque forestière (Doyon et Bouffard, 2009).

Runkle (1982) a étudié la dynamique de trouées aux États-Unis pour différents peuplements composés, en proportions variables, de pruches, de hêtres, d'érables à sucre et de bouleaux jaunes principalement. L'intervalle de rotation des trouées répertoriées est estimé entre 50 et 200 ans avec une moyenne de 100 ans. Ce chiffre peut sembler incohérent étant donné que la longévité des arbres dépasse généralement cette valeur. Runkle conclut qu'il faut prendre en considération seulement la période à partir de laquelle un arbre est en mesure de créer une trouée ($d_{hp} = 25$ cm).

Les résultats de Runkle sur le taux de renouvellement du couvert forestier sont similaires à ceux rapportés par d'autres chercheurs (Doyon et Bouffard, 2009; Fraver *et al.* 2009) et varient entre 0,5 et 2,0 %, avec une moyenne de 1 %.

La dynamique des trouées favorise la régénération par l'exposition du sol minéral et le passage de la lumière. Les espèces tolérantes à l'ombre (érable, hêtre, pruche) sont généralement avantagées puisque la régénération est déjà en place. Le maintien des espèces moins tolérantes, comme le bouleau jaune, peut être observé dans les trouées de plus grandes dimensions. Il en résulte des peuplements de structure inéquienne - en J inversé (Boucher, 2005).

3.1.4.2 Chablis

Les chablis touchent surtout les forêts nordiques tempérées. Dans la forêt feuillue, ils sont plutôt localisés et les grands chablis causés par le passage de tornades sont peu fréquents mais peuvent laisser des traces importantes (ouvertures, accumulations de débris, etc.) pouvant modifier la structure et la composition des peuplements. La microtopographie de bosses et de creux résultant de chablis d'un arbre ou d'un groupe d'arbres a des implications directes dans les processus de germination d'espèces et, par conséquent, dans la composition subséquente de la forêt (Doyon et Bouffard, 2009). La microtopographie peut donc être indicatrice de chablis passés. L'origine des monticules peut être datée selon la structure, la hauteur, les dommages aux arbres adjacents et l'âge des arbres y croissant (Whitney, 1994).

Lorimer (1977) mentionne que la fréquence des chablis est si faible que les forêts inéquiennes pouvaient se renouveler entre les perturbations. L'intervalle de retour est évalué entre 500 et 6000 ans (Doyon et Sougainviski, 2002).

3.1.4.3 Verglas

Le verglas est un type de perturbation naturelle relativement fréquente dans la région de l'Estrie, avec des zones plus sujettes dans les collines du mont Mégantic (Doyon et Bouffard, 2009). Localement, il peut causer des dégâts sévères, mais il engendre généralement peu de mortalité.

L'intensité du verglas peut être très variable spatialement, causant des ouvertures de tailles variées dans le couvert végétal.

L'intervalle de retour de la perturbation est estimé entre 10 et 20 ans pour les verglas légers, et entre 220 et 290 ans pour les verglas sévères causant la mortalité dans les peuplements. Des verglas de l'importance de celui de janvier 1998 devaient donc être très rares (Hooper *et al.* 2001).

3.1.4.4 Feux

Le climat relativement humide et la composition floristique du sous-bois favorisaient peu les feux de forêt, sauf sur les sites xériques. Les peuplements mixtes ou à dominance résineuse présents sur le territoire de l'Estrie seraient plus susceptibles d'être perturbés par les feux. Il est toutefois difficile de quantifier l'importance des feux et leurs effets sur la mosaïque forestière (Saucier *et al.* 2009). Selon Doyon et Sougainviski (2002), les feux catastrophiques expliqueraient seulement 2,7 % du renouvellement de la forêt feuillue du nord-est de l'Amérique du Nord. Des études mentionnent toutefois que cet élément est déterminant dans la répartition actuelle des communautés végétales, tel que rapporté par Saucier *et al.* (2009). Plusieurs auteurs s'entendent pour dire que les feux de surface sont plus importants que les feux de couronne, mais l'incidence et les caractéristiques de ces feux n'ont pas été démontrées (Doyon et Bouffard, 2009).

L'intervalle de retour est estimé entre 500 et 4500 ans pour l'érablière. L'amplitude de ces valeurs d'intervalle s'explique par le gradient pluviométrique qui augmente d'ouest en est. Les intervalles plus longs seraient associés à des milieux de plus forte pluviométrie. Le cycle est de 1000 ans pour les types écologiques associés à l'érablière et de 250 ans pour les types écologiques associés aux peuplements mixtes présents en Estrie à l'époque précoloniale (Doyon et Bouffard, 2009).

3.1.4.5 Insectes et maladies

Les insectes et maladies peuvent jouer un rôle important dans la dynamique forestière.

La livrée des forêts (*Malacosoma disstria*) est un insecte indigène de l'Amérique du nord. Il est le défoliateur le plus commun dans les forêts feuillues. L'insecte est connu depuis longtemps et la première invasion signalée au Canada remonte en 1791. Depuis ce temps, la livrée des forêts s'est manifestée à intervalles réguliers au Canada. Elle s'attaque surtout aux peupleraies et aux érablières (RNCAN, 2009a).

Les épidémies de tordeuses des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) ont un intervalle de retour de 30 ans environ et ont un impact important une fois sur deux. Des analyses sur l'accroissement radial des arbres ont démontré que des invasions cycliques se seraient produites entre le 18^e et le 20^e siècle. Les populations de la tordeuse auraient fluctué sur des intervalles de 30 à 40 ans au cours de cette période. Depuis le début du 20^e siècle, trois invasions

se sont succédées dans l'est de l'Amérique du Nord. Notons cependant que la région de l'Estrie est peu fréquemment touchée par les épidémies.

L'arpenreuse de la pruche est un insecte indigène. Il y aurait eu une infestation majeure par l'arpenreuse de la pruche dans tout l'est de l'Amérique du Nord (Bhiry et Fillion, 1996) il y a 5 550 ans environ. L'apparition de cet insecte serait reliée à un climat plus sec et surtout moins neigeux (Lavoie et Richard, 2000a).

Plusieurs insectes et pathogènes se sont introduits au Québec depuis le début de la colonisation. La rouille vésiculeuse du pin blanc (*Cronartium ribicola*) est apparue au début du 20^e siècle (Doyon et Bouffard, 2009). Plus récemment, le charançon du pin blanc, lui aussi introduit, a fait des ravages dans plusieurs plantations d'épinette de Norvège et de pin blanc. Par crainte de ces ravageurs, le reboisement du pin rouge et du pin gris a été favorisé, occasionnant une modification au paysage forestier partout au Québec. Mais l'apparition ultérieure du chancre sclérodérien affectant le pin rouge menace aujourd'hui plusieurs années de reboisement (Laflamme et al., 2009)

Des études sur la dynamique spatiale et temporelle des épidémies et de leur impact sont rapportées par Saucier et al. (2009) et Boulet et al. (2009).

3.1.5 Bois mort

Il est difficile de déterminer avec précision les quantités de bois mort dans la forêt naturelle. La sénescence naturelle des plus vieux arbres suggérerait des volumes importants de bois mort. Mais peu d'observations ont été rapportées historiquement sur la présence même de débris, possiblement par désintérêt pour cette matière (Whitney, 1994). Whitney mentionne toutefois que la plupart des observations se concentrent sur la forêt du nord-est des États-Unis, composée de pruches, de pin blanc et des feuillus nordiques (Northern hardwoods). De grandes quantités de débris ligneux grossiers y ont été observées. Aujourd'hui, on accorde plus d'importance à ce facteur lors des inventaires de placettes permanentes du gouvernement du Québec et de l'inventaire des forêts nationales (IFN) du gouvernement fédéral.

La présence de bois mort est une des composantes importantes des écosystèmes forestiers. Plusieurs communautés animales et végétales dépendent de leur présence, surtout celle des chicots et débris de fort diamètre (Angers 2009). Les principaux facteurs influençant la quantité de bois mort sont, selon certaines études rapportées par Whitney :

- 1- La fréquence des perturbations (feux)
- 2- La quantité de biomasse vivante
- 3- Le taux de décomposition
- 4- La température

Ainsi, la quantité élevée de bois mort observée historiquement dans les forêts de pruches – pin blanc – feuillus nordiques s’expliquerait par :

- 1- La faible fréquence des feux, ces forêts évoluant dans des climats plutôt humides;
- 2- La grande quantité de biomasse vivante, le pin blanc et la pruche en étant en grande partie responsables;
- 3- Le faible taux de décomposition des résineux. À titre d’exemple, la pruche conserverait une forme reconnaissable jusqu’à deux cents ans après sa mort, contrairement à la plupart des feuillus nordiques dont la décomposition rapide empêche l’accumulation de grandes quantités de bois mort.
- 4- Les faibles températures ralentissant la décomposition. Par exemple, les volumes de bois mort de forêts du centre des États-Unis (*Central hardwoods*) atteignent un maximum de 15 à 30 T/ha et ceux de forêts plus nordiques (*Northern hardwoods*), 40 à 50 T/ha (Whitney 1994).

Le régime de perturbation a une incidence importante sur le recrutement de débris ligneux et entraîne des variations temporelles dans les taux de bois mort généré. Dans les domaines des érablières à tilleul et à bouleau jaune, la principale perturbation est le régime des trouées. Ce type de perturbation s’effectue en continu, à mesure que les plus vieux arbres meurent et tombent. Il en résulte donc de petites parcelles diffuses dans l’espace et dans le temps, où l’accumulation et la décomposition de gros débris ligneux a lieu (Angers, 2009; Côté *et al.*, 2009). Doyon et Bouffard (2009) rapportent que dans les vieilles forêts feuillues tempérées, la quantité de bois mort était significative ($>50\text{m}^3/\text{ha}$) et provenait surtout de grandes pièces en état de décomposition avancée. À l’échelle du paysage, on observe donc une bonne représentation de tous les stades de décomposition, et le total de toutes les superficies affectées devient important. Angers (2009) rapporte que la disponibilité de bois mort maintenue dans les vieilles forêts feuillues, en l’absence de perturbations plus sévères, est relativement stable dans le temps. Le Tableau XIII présente une synthèse des disponibilités de bois mort rapportées dans les forêts anciennes ou peu aménagées des deux sous-domaines de végétation de l’Estrie.

Les autres types de perturbation pouvant avoir lieu ont aussi une incidence sur le recrutement de bois mort. Lors d’une perturbation majeure, de grandes quantités de débris ligneux peuvent être générées immédiatement. Leur décomposition se fait plus ou moins rapidement, sans grand apport nouveau provenant de la strate en régénération (Côté *et al.*, 2009). Les chablis produisent surtout des débris au sol, allant de quelques branches à des arbres déracinés, et des chicots brisés à différentes hauteurs (Vaillancourt, 2008). Les chicots et les sujets épargnés mais grandement affectés finiront par tomber en phases subséquentes et contribueront à l’accumulation de débris ligneux au sol (Angers, 2009). Quant au verglas, il produit généralement des débris ligneux de petites tailles qui se décomposent rapidement et sont de moindre intérêt pour les communautés animales (Angers, 2009).

Par ailleurs, l’étude des données des forêts anciennes identifiées sur le territoire estrien révèle la présence de bois mort sous forme de chicots pour 7 m^2 en moyenne soit 16,1 % de la surface terrière de toutes les tiges sur pied, mortes ou vivantes. Leur diamètre moyen pondéré est de 34 cm, ce qui donne environ 77 chicots par hectare.

Tableau XIII. Disponibilité du bois mort dans les forêts anciennes et aménagées des domaines feuillus (tiré de Angers, 2009)

Domaine bioclimatique et référence	Région	Type de peuplement	Type d'aménagement (nb de sites)	Densité de chicots (tiges/ha)	Densité de gros chicots (tiges/ha)	Volume de débris ligneux au sol (m3/ha)
Érablière à tilleul de l'Est						
Leduc et Bergeron, 1998 ¹	Estrie	Érablière à sucre, érablière à bouleau jaune et érablière à érable rouge	Forêts anciennes (n = 4)	-	-	54 (28-100) 41 (18-82) (≥ 20 cm)
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2009 (non publié) ^{2, 3}	Estrie, Mauricie, Chaudière-Appalaches	Érablière à hêtre, érablière à hêtre et prucheraie, érablière à bouleau jaune et à hêtre, érablière à bouleau jaune, érablière à ostryer et érablière rouge à bouleau jaune	Forêts anciennes (n = 7)	46 (15-76)	28 (15-51) (≥ 29,1 cm)	-
Érablière à bouleau jaune de l'Est						
Bergeron et autres, 1997	Bas-Saint-Laurent	Érablière à bouleau jaune	Peu touché par l'activité humaine (n = 1)	-	40a (≥ 20 cm) 11a (≥ 30 cm)	-
			Acériculture/bois de chauffage (n = 1)	-	10a (≥ 20 cm) 5b (≥ 30 cm)	-
Leduc et Bergeron, 1998 ¹	Chaudière-Appalaches	Érablière à sucre	Forêts anciennes (n = 2)	-	-	112 (93-130) 51 (18-83) (≥ 20 cm)
		Érablière à hêtre	Forêts anciennes (n = 3)	-	-	60 (7-115) 55 (6-103) (≥ 20 cm)
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2009 (non publié) ^{2, 3}	Capitale-Nationale, Estrie	Érablière à bouleau jaune	Forêts anciennes (n = 3)	58 (46-81)	48 (31-71) (≥ 29,1 cm)	-

1. DHP ≥ 10 cm

2. DHP ≥ 9,1 cm

3. Réseau des écosystèmes forestiers exceptionnels (forêts anciennes). Seuls les sites dominés par les feuillus tolérants ont été retenus.

3.1.6 Habitats des espèces fauniques

Il est facile d'imaginer que la région de l'Estrie était, avant l'arrivée de l'homme, un continuum naturel où se succédaient des écosystèmes forestiers variés. Tel que cités précédemment, de nombreux propos dans la littérature mentionnent que la forêt était prédominante dans la région. La mosaïque forestière d'alors permettait une connectivité de tous les habitats fauniques et l'expression maximale de la diversité et de la richesse écologiques. Les éléments susceptibles de modifier les habitats de la forêt naturelle sont associés aux perturbations naturelles et aux variations climatiques. Les variations climatiques majeures, telles que le réchauffement climatique postglaciaire, ont nécessairement eu un impact sur la faune. Il est raisonnable de penser que des manifestations de moindre mesure, comme le refroidissement du climat au Petit Âge Glaciaire (1450-1880 A.D.), ont aussi pu engendrer des modifications notables aux habitats fauniques ainsi que sur la répartition des espèces.

La dynamique des perturbations naturelles de l'Estrie laisse croire que celles-ci avaient peut-être moins d'effets sur les populations fauniques et la biodiversité, étant données les occurrences sporadiques et généralement de faibles superficies. Les perturbations catastrophiques auraient vraisemblablement des incidences plus importantes, spécialement pour la faune à mobilité limitée ou de répartition restreinte.

Malgré les indices qui montrent que les habitats fauniques étaient nombreux et ne subissaient que des modifications sporadiques, il demeure difficile d'évaluer les populations fauniques associées à ces milieux. Outre les grands prédateurs qui ont été éradiqués, tels le loup de l'est (*Canis lupus*) et le cougar (*Felis concolor*), certaines espèces aujourd'hui menacées, vulnérables ou susceptibles de le devenir devaient être plus abondantes avant la colonisation. Les aires aujourd'hui protégées peuvent, dans une certaine mesure, permettre de spéculer - voire de témoigner - de la richesse écologique du passé. Par exemple, des études rapportées par la SÉPAQ (2001) mentionnent que les données fauniques recueillies au parc du Mont-Orford présentent un contraste marqué avec les données recueillies dans des habitats comparables ailleurs au Québec. Ainsi, plusieurs espèces recensées dans le parc, dont la grenouille des marais (*Lithobates palustris*), la salamandre pourpre (*Gyrinophilus porphyriticus*) et la salamandre sombre du Nord (*Desmognathus fuscus*), sont relativement communes mais leur rareté dans le reste de leur aire de répartition leur ont valu d'être désignée vulnérable dans le cas de la salamandre pourpre ou susceptibles d'être désignées pour la grenouille des marais ou la salamandre sombre du Nord.

La liste des espèces fauniques désignées menacées ou vulnérables au Québec, en vertu de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables (LEMV), comprend 38 espèces, dont 20 sont classées menacées et 18 vulnérables. À cela s'ajoute la liste des espèces fauniques susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables qui comprend 87 espèces (MRNF, 2009). De récentes études montrent que le nombre d'espèces fauniques menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées serait de 41 en Estrie (CRRNT, 2009a - en préparation). Le tableau XIII présente la liste des espèces fauniques désignées vulnérables, menacées et susceptibles de le devenir pour le territoire de l'Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie.

De plus, l'Estrie appartient à la région de conservation des oiseaux RCO 14 (Forêt septentrionale de l'Atlantique) de l'Initiative de conservation des oiseaux de l'Amérique du Nord pour laquelle plusieurs espèces forestières sont considérées en déclin dans l'ensemble de leur aire de répartition continentale. Il s'agit de la grive de Bicknell (*Catharus bicknelli*), de la paruline du Canada (*Wilsonia canadensis*), du quiscal rouilleux (*Euphagus carolinus*), du moucherolle à côtés olive (*Contopus cooperii*), de la paruline à poitrine baie (*Dendroica castanea*) et de la grive des bois (*Hylocichla mustelina*).

Les habitats fauniques essentiels cartographiés par le ministère des Ressources naturelles et de la Faune sont, pour certaines espèces, un bon indicateur de l'importance de certains peuplements forestiers pour la faune (MRNF, 2009b). Toutefois, d'autres facteurs sont à considérer dans les variations de population qui y sont observées (maladie, prédation).

La caractérisation de la forêt naturelle, en regard des différents enjeux de l'aménagement écosystémique abordés dans le présent travail, nous indique que l'Estrie avait un potentiel élevé pour accueillir une forte biodiversité. Les attributs de chaque enjeu représentent des facteurs clés

pour le maintien des populations fauniques. Concrètement, voici quelques relations entre les différents enjeux et la faune mentionnées dans la littérature :

Diminution des proportions de forêts mûres et surannées, raréfaction des formes de bois mort :

Les forêts matures abritent plusieurs espèces, certaines rares, en déclin, menacées ou vulnérables. Selon plusieurs études rapportées par Varady-Szabo *et al.* (2009), l'hétérogénéité de la structure des peuplements mûrs et surannés est un facteur clé de la richesse biologique observée. Les gros arbres vivants et morts restés debout (chicots), les gros débris ligneux au sol, les arbres à cavités et l'étagement de la végétation vivante sont des éléments qui caractérisent la structure complexe de ces forêts (Varady-Szabo *et al.*, 2009).

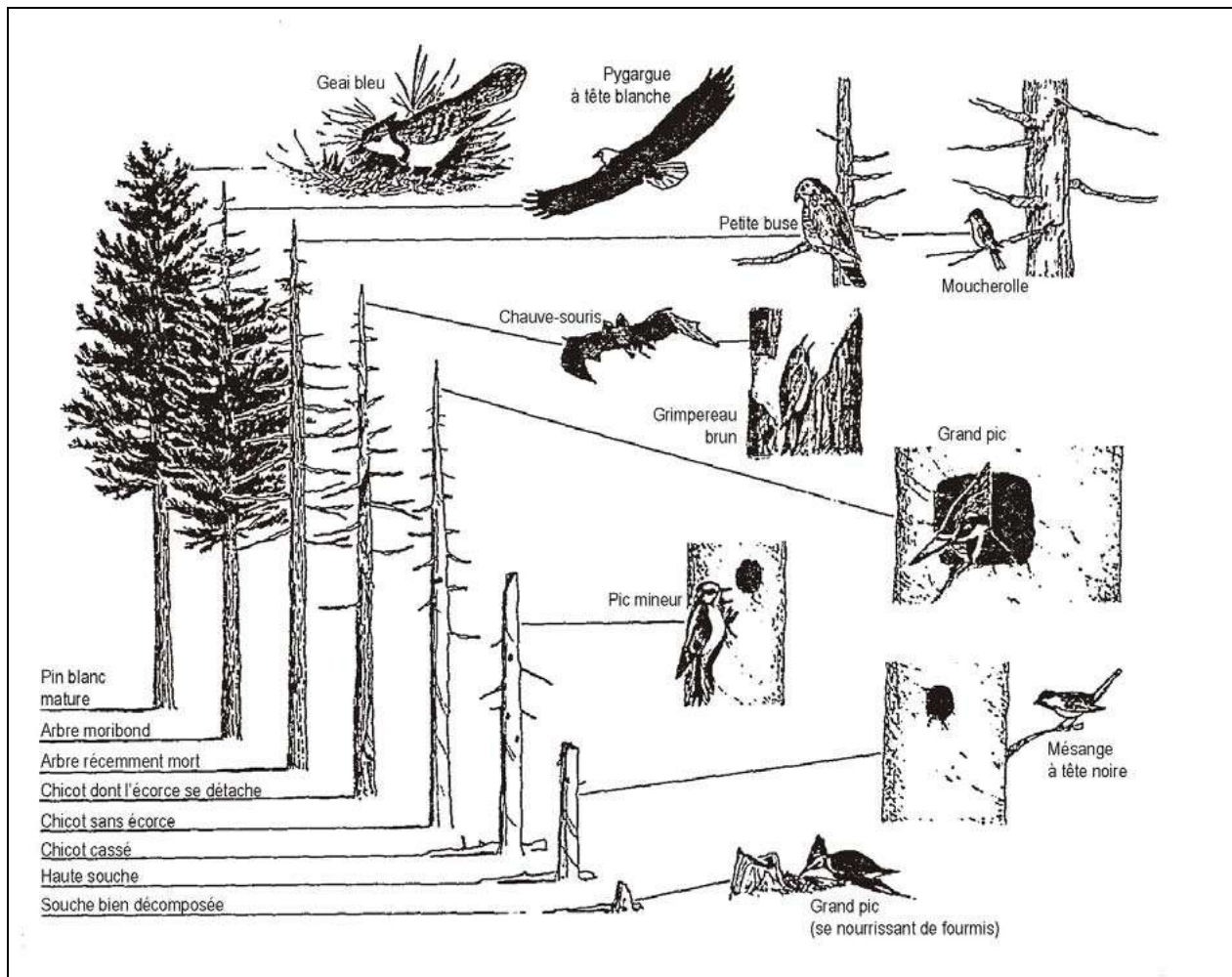
Parmi les espèces menacées et vulnérables de la région (Tableau XIV), les salamandres, le pic à tête rouge et la paruline azurée dépendent des forêts matures et des différentes structures de bois mort (MRNF, 2009). Les grandes quantités de débris organiques et de bois trouvées dans les forêts matures offrent un habitat optimal pour les salamandres à quatre orteils en dehors de la saison d'accouplement (Bonin, 1999). Aussi, le couvert d'arbres matures aide à retenir l'humidité sur le sol forestier et stimule la croissance d'un couvert de mousse au pourtour des ruisseaux, élément caractéristique de leur habitat (Roberge, 1996). La figure 14, tirée de Angers (2009), présente quelques utilisateurs associés aux différents stades de dégradation d'un arbre. Plusieurs espèces d'oiseaux sont effectivement associées aux chicots, mais on compte une multitude d'autres utilisateurs chez les mammifères, les insectes, les champignons, etc. pouvant également bénéficier des autres formes de bois mort tels les débris ligneux. Ainsi, tous les stades de décomposition et toutes les formes de bois mort peuvent constituer des habitats pour la faune et la flore.

Tableau XIV. Espèces fauniques vulnérables, menacées ou susceptibles d'être ainsi désignées au Québec (territoire de l'Estrie)

Espèce	Statut	Forêt feuillue	Forêt résineuse	Forêt mixte	Tourbière	Milieu humide	Milieu ouvert	Lacs/cours d'eau	Menaces ^c
Poissons									
Chevalier de rivière	v							•	1, 2, 8
Dard de sable	m							•	1, 2, 8
Esturgeon jaune	s							•	1, 2, 6, 8
Fouille-roche gris	v							•	8
Lamproie du Nord	m							•	1, 2, 8
Méné d'herbe	v							•	1, 2, 8
Méné laiton	s							•	2, 8
Amphibiens									
Grenouille des marais	s	•	•		•	•	•	•	4, 2
Rainette faux-grillon de l'Ouest	v					•	•	•	4
Salamandre à quatre orteils	s	•	•	•	•	•			1, 2, 3
Salamandre pourpre	v	•	•		•			•	3
Salamandre sombre du Nord	s	•	•				•	•	1, 2
Reptiles									
Couleuvre à collier	s	•	•	•					
Couleuvre d'eau	s					•		•	2
Tortue des bois	v	•	•	•	•	•	•	•	1, 2, 3
Tortue géographique	v							•	1, 2
Tortue molle à épines	m					•		•	1, 2, 8
Tortue ponctuée	s	•				•	•	•	3, 4, 5, 6
Oiseaux									
Aigle royal	v						•		6
Bruant sauterelle	s						•		2
Faucon pèlerin anatum	v						•		11
Grive de Bicknell	v		•						2
Hibou des marais	s					•	•		1, 2
Paruline à ailes dorées	s						•		2, 9
Paruline azurée	m	•							2, 10
Petit blongios	v					•			4, 7
Pic à tête rouge	m	•				•	•		2, 9
Pie-grièche migratrice	m						•		2, 9
Pygargue à tête blanche	v	•	•	•				•	2, 6, 11
Râle jaune	m				•	•	•		1, 4
Troglodyte à bec court	s				•	•	•		2
Mammifères									
Campagnol des rochers	s		•	•			•		12
Campagnol-lemming de Cooper	s			•	•	•			3
Campagnol sylvestre	s	•					•		2, 3
Chauve-souris argentée	s	•	•	•				•	11
Chauve-souris cendrée	s	•	•	•			•	•	11
Chauve-souris rousse	s	•	•	•					2, 11
Cougar de l'Est	s		•			•			2
Musaraigne longicaude	? ^b	•	•	•					2, 12
Pipistrelle de l'est	s	•					•		2

Adapté de : Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie (2000), CRRNT de l'Estrie (2009a – en préparation) et MRNF, 2009

^a v : vulnérable, m : menacée, s : susceptible d'être déclarée vulnérable ou menacée au Québec (MRNF, 2009) ^b La musaraigne longicaude (*Sorex dispar*) et la musaraigne de Gaspé seraient peut-être une seule et même espèce. La musaraigne de Gaspé est classée comme espèce susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable. Des spécimens ont été capturés en Estrie mais il est possible que ce soient des musaraignes longicaudes (MRNF, 2009) ^c Menaces (MRNF, 2009) : [1] Modifications au réseau hydrographique (drainage, captage des eaux, etc.) [2] Exploitation de la forêt, évaluent urbain, agriculture, villégiature [3] Prédateurs [4] Perte de milieux humides [5] Collision routière [6] Exploitation commerciale de l'espèce, chasse, braconnage [7] Espèces végétales envahissantes [8] Dégradation du milieu de fraie/nidification/alimentation [9] Compétition avec d'autres espèces fauniques [10] Perturbation naturelle (verglas) [11] Pollution (pesticides et herbicides) [12] Niche écologique restreinte



Source : Angers (2009) - Adapté de DeGraff et Shigo, 1985 (avec la permission du USDA Forest Service)

Figure 14. Exemple d'utilisateurs associés aux différents stades de dégradation d'un arbre

Simplification des structures internes des peuplements :

Les peuplements qui présentent une structure interne diversifiée soutiennent généralement une plus grande biodiversité puisqu'ils constituent des habitats offrant des conditions variées (lumière, humidité, sites de nidification et lieux d'alimentation). Varady-Szabo *et al.* (2009) rapportent différentes études qui démontrent les effets positifs des structures internes complexes sur les arthropodes, les oiseaux et les mammifères.

Il a aussi été observé que les coupes sélectives dans les forêts feuillues auraient favorisé l'arrivée de la buse à queue rousse (*Buteo jamaicensis*), une espèce généraliste dans les habitats de la buse à épaulettes (*Buteo lineatus*), la seconde étant plus rare et plus sensible à l'ouverture du couvert forestier.

Modification de la composition végétale des forêts :

Chaque type de forêt offre des habitats qui favorisent une faune et une flore qui leur sont propres. Les particularités des différentes essences végétales et leur agencement sur le territoire fournissent des conditions propices de nourriture, d'abri ou de support qui font que tel type de forêt peut satisfaire les besoins d'une espèce faunique plutôt qu'une autre. Ainsi, certaines espèces, tels l'orignal (*Alces americanus*) ou le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*), préfèrent les forêts où des peuplements de composition et d'âge différents se juxtaposent. Certaines essences forestières peuvent également être des éléments clés de l'habitat pour des espèces particulières. Ainsi, la pruche et l'épinette blanche offriraient un meilleur couvert d'abri d'hiver pour le cerf de Virginie et l'orignal que les autres conifères (Grondin et Cimon, 2003). Les pratiques sylvicoles qui modifient la composition forestière peuvent affecter les espèces fauniques utilisant le milieu. Les plantations favorisent les essences commerciales, bien souvent au détriment d'essences prisées par la faune, par exemple le cerisier et l'amélanchier (Varady-Szabo *et al.*, 2009). En forêt feuillue, les faînes produites par le hêtre à grandes feuilles constituent une importante source alimentaire pour l'ours noir (*Ursus americanus*); certains arbres partiellement productifs (*mast trees*) sont recherchés année après année (Austin *et al.*, 2004).

Modification de l'organisation spatiale des forêts

Le morcellement des habitats est l'une des menaces les plus citées comme ayant une grande part de responsabilité dans la diminution des espèces fauniques. La taille, la forme et la répartition des habitats sont des éléments importants pour plusieurs espèces fauniques. Certaines espèces sont favorisées par l'effet de bordure, alors que d'autres ont besoin d'une plus grande superficie boisée pour bénéficier de la forêt d'intérieur (non influencée par les conditions environnementales en bordure) (Varady-Szabo, 2009). L'effet de bordure peut se répercuter sur la faune jusqu'à 300 m à l'intérieur de la forêt (The Environmental Law Institute, 2003). La répartition des différents types de peuplement détermine la connectivité entre les habitats et influence la distribution des espèces. Certaines espèces (par exemple, les grands mammifères) ont une grande aire de déplacement alors que d'autres sont limitées, et par conséquent désavantagées par des ruptures dans la continuité de leur habitat (Saunders *et al.*, 1988). Par contre, d'autres facteurs reliés à l'activité humaine peuvent favoriser la prolifération de certaines d'entre elles. Dans le cas du cerf de Virginie, Colloard (2009) note qu'entre 1993 et 2000, la population atteignait 6 à 8 individus par km². Cette abondance serait le résultat de la déforestation et de la suppression des prédateurs, combiné à l'introduction de mesures législatives de protection de l'espèce. Le broutage excessif par les cers en forte densité aurait des conséquences néfastes sur d'autres espèces et leurs habitats. Dans leurs études respectives, Nault (1996) et Kneeshaw (1996) documentent les impacts de la fragmentation des forêts sur le maintien de la biodiversité au Québec. Les principaux thèmes touchés sont : la perte d'habitat et l'insularisation, les changements microclimatiques et physiques et l'effet de lisière (Gilbert, 1997).

3.2 Mosaïque forestière naturelle résultante

Cette section traite de la mosaïque forestière naturelle probable obtenue de la transposition des résultats de recherche de Cogbill *et al.* (2002) sur les sères physiographiques de la région estrienne. Rappelons que le portrait tracé dans ce document s'appuie sur une revue de littérature la plus complète possible ainsi que sur des études réalisées dans les États du nord des États-Unis qui sont limitrophes à la région de l'Estrie. Cependant, le lecteur doit tenir compte du caractère imprécis de l'information disponible à propos de l'état de la forêt avant l'arrivée des premiers colons. C'est pourquoi le portrait reste à un niveau générique ou indicatif. Les conclusions ne sauraient donc être appliquées à l'échelle des peuplements pris individuellement.

Le tableau XV (ci-contre) montre la proportion de superficie de chaque groupe par district écologique.

Gr. Essences principales (par ordre d'importance)

1	Épinettes, Bouleau, Sapin, Hêtre, Érable
2	Hêtre, Épinettes, Érable, Pruche, Bouleau
3	Hêtre, Érable, Pruche, Bouleau, Épinettes, Chêne, Pin
4	Hêtre, Pruche, Érable, Pin, Chêne, Bouleau

Rappelons que le relief de la région est principalement formé de coteaux et de collines avec quelques districts de plaines et de hautes-collines. C'est pourquoi le groupe #2 prédomine à l'échelle du territoire.

La figure 15 illustre géographiquement la composition forestière probable et sa répartition en fonction des 45 districts écologiques du territoire. On constate que le hêtre à grande feuille devait occuper une très grande place dans la matrice forestière et que les épinettes, principalement l'épinette rouge, occupaient la

Tableau XV. Répartition par district écologique des groupes de composition végétale de la forêt naturelle

District	Relief	Groupe			
		1	2	3	4
8F010	Ct	10%	37%	33%	20%
8F021	Ct	15%	43%	21%	21%
8F022	PI	15%	44%	7%	34%
8F025	Ct	12%	53%	15%	21%
8F026	Ct	11%	54%	20%	16%
8N010	Ct	25%	36%	12%	27%
8P001	CI	3%	25%	60%	12%
8P002	Ct	4%	45%	22%	29%
8P003	CI	3%	30%	55%	11%
8P006	HC	1%	20%	75%	5%
8P007	CI	7%	30%	45%	18%
8Q002	Ct	13%	43%	20%	24%
8Q003	Ct	6%	47%	19%	28%
8Q004	Ct	5%	29%	36%	29%
8Q006	PI	4%	0%	58%	38%
8Q007	Ct	5%	9%	58%	29%
8Q008	Ct	6%	43%	18%	33%
8Q009	Ct	10%	44%	25%	20%
8Q011	Ct	10%	41%	29%	20%
9M020	PI	1%	0%	0%	99%
9M021	PI	0%	0%	3%	97%
30D001	HC	12%	65%	19%	4%
30D002	CI	4%	63%	29%	4%
30D003	CI	2%	62%	33%	3%
30D004	CI	3%	73%	21%	3%
30D005	HC	12%	53%	32%	4%
30D006	CI	7%	59%	32%	2%
30D007	HC	29%	51%	17%	3%
30D008	CI	6%	62%	32%	1%
30D009	CI	4%	72%	20%	4%
31F007	Ct	22%	39%	4%	35%
31F009	Ct	18%	37%	15%	29%
31F011	Ct	15%	25%	35%	25%
31F012	Ct	17%	44%	16%	23%
31F013	CI	12%	56%	23%	10%
31F014	Ct	11%	61%	12%	16%
31F015	Ct	5%	41%	19%	35%
31F016	Ct	5%	62%	24%	10%
31F017	Ct	33%	45%	12%	10%
31F018	Ct	11%	56%	28%	5%
31F019	Ct	23%	32%	27%	19%
31F020	Ct	10%	19%	50%	21%
31F023	Ct	7%	46%	34%	13%
31F024	Ct	6%	31%	26%	37%
31F027	Ct	7%	71%	11%	11%
Moyenne		10%	42%	27%	21%

PI: plaines; Ct: Coteaux; CI: Collines; HC: Hautes-collines

seconde place. L'érable à sucre, la pruche et le bouleau jaune étaient bien représentés mais dans des proportions moindres.

Les résultats de la transposition des données de Cogbill *et al.* (2002) semblent cohérents avec les données issues de la littérature. Doyon et Bouffard (2009) rapportent que la mosaïque forestière précoloniale en zone de forêt feuillue tempérée était vraisemblablement dominée par une matrice de peuplements de feuillus nordiques tolérants composée d'érables à sucre, de hêtres et de pruches. D'autres communautés forestières étaient représentées dans les sites moins propices à la croissance de ces essences, par exemple en zones mal drainées, de dépôts minces ou de haute altitude.

En résumé, le tableau suivant présente la composition moyenne qui devait prévaloir sur l'ensemble de la région estrienne selon la transposition des résultats de Cogbill *et al.* (2002).

Tableau XVI. Proportion relative moyenne (%) des essences de la forêt naturelle régionale

	%AUF	%AUR	%BOJ	%EP	%ERS	%FI	%HEG	%PRU	%SAB
Estrie	9	3	11	16	13	0	33	11	4
AUF : Tilleul, Ostryer, Frênes, Orme, Noyer, Cerisier, Caryer, Chênes				EP : Épinettes			HEG : Hêtre à grandes feuilles		
AUR : Cèdre, Mélèze, Pins				ERS : Érable à sucre			PRU : Pruche du Canada		
BOJ : Bouleau jaune				FI : Peupliers, Érable rouge, Bouleau blanc			SAB : Sapin baumier		

En comparant les résultats de l'abondance des genres recensés par les compilations de la partie nord de la Nouvelle-Angleterre (Cogbill *et al.*, 2002), nous constatons que les résultats pour l'Estrie sont plausibles, en assumant des conditions bioclimatiques similaires entre les deux territoires, puisqu'ils ne dépassent pas les seuils d'abondance observés par Cogbill *et al.* (2002). Selon Richard (2009, communication personnelle), l'Estrie ne peut avoir connu des compositions précoloniales d'essences différentes des pourcentages minimaux et maximaux observés par ces chercheurs, pour le secteur nord de la Nouvelle-Angleterre. Ces valeurs sont présentées ci-dessous :

- Hêtre (1-40%)
- Érables (5-20%)
- Chênes (0-1%)
- Pins (0-5%)
- Épinettes (10-40%)
- Pruche (1-20%)

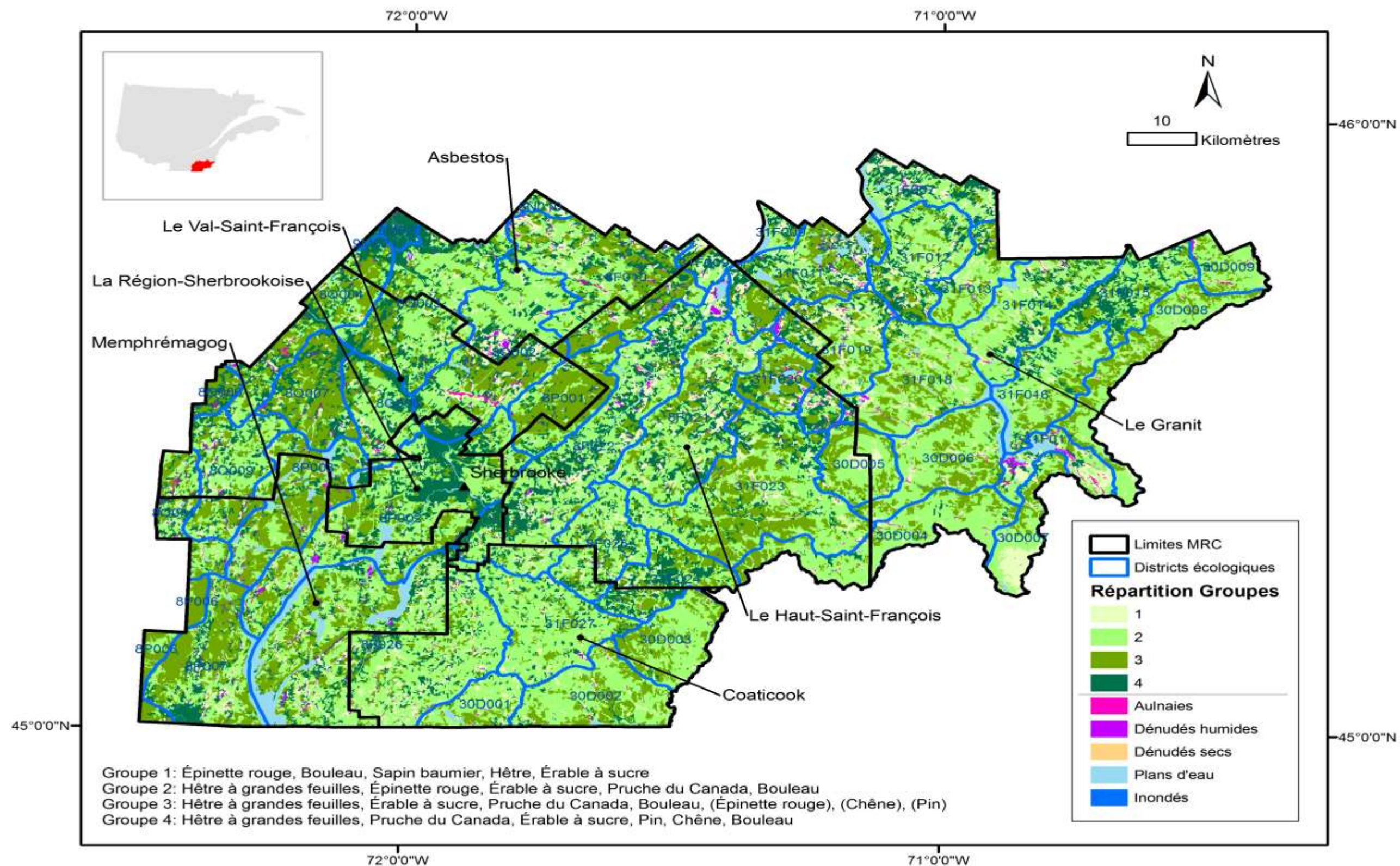


Figure 15. Mosaïque forestière naturelle probable de l'Estrie

4 Comparaison avec le portrait actuel

Dans cette section, une comparaison entre le portrait de la forêt naturelle et celui de la forêt actuelle est présentée. Au moment de produire ce document, la cartographie écoforestière du 4^e programme d'inventaire du MRNF était en production. La comparaison s'appuie donc sur les données du 3^e programme. Bien que ces données datent de plus de 10 ans, cet écart est peu significatif par rapport à l'horizon étudié qui est de 200 ans et plus.

La figure 16 illustre le portrait actuel selon les données du 3^e programme d'inventaire du MRNF. Avant d'entreprendre une comparaison avec le portrait de la forêt naturelle, nous pouvons déjà mettre en relief certains points importants que cette illustration met en lumière. Tout d'abord, les superficies perturbées par l'homme pour en changer la vocation sont importantes et concentrées. Nous pouvons aussi remarquer que les superficies en régénération sont surtout situées dans les zones où l'activité agricole est intense. Comme la succession naturelle passe généralement par des stades où les essences intolérantes dominent, nous retrouvons aussi les peuplements de feuillus intolérants dans les districts où il y a beaucoup de perturbations anthropiques modifiant la vocation de production du territoire. À l'opposé, les forêts supportant un couvert forestier composé d'essences plus tolérantes ou longévives sont concentrées dans seulement quelques districts écologiques, notamment ceux situés le long de la frontière canado-américaine. Enfin, notons que les paysages à dominance de résineux ou mélangés avec une forte composante résineuse sont très peu représentés et généralement très dispersés et de faible superficie. Ceci contraste grandement avec le portrait de la forêt naturelle qui a pu être tracé à partir de la littérature consultée.

Cogbill *et al.* (2002) présentent la proportion par essence pour chaque groupe (*cluster*) tels que présenté dans la méthodologie. Pour établir une comparaison, la proportion de la surface terrière actuelle par essence a été retenue. Afin de simplifier la présentation des résultats, les essences ont été regroupées en 9 groupes (Tableau XVII). Les principales essences ont cependant été traitées individuellement.

Tableau XVII. Regroupement des essences pour la présentation des résultats à des fins de comparaison avec le portrait de la forêt naturelle selon les groupes de Cogbill *et al.* (2002)

Regroupement d'essences	Essences
BOJ	Bouleau jaune
EP	Épinettes
ERS	Érable à sucre
HEG	Hêtre à grande feuille
PRU	Pruche du Canada
SAB	Sapin baumier
FI	Peupliers, Érable rouge, Bouleau blanc
AUF	Tilleul, Ostryer, Frênes, Orme, Noyer, Cerisier, Caryer, Chênes
AUR	Cèdre, Mélèze, Pins

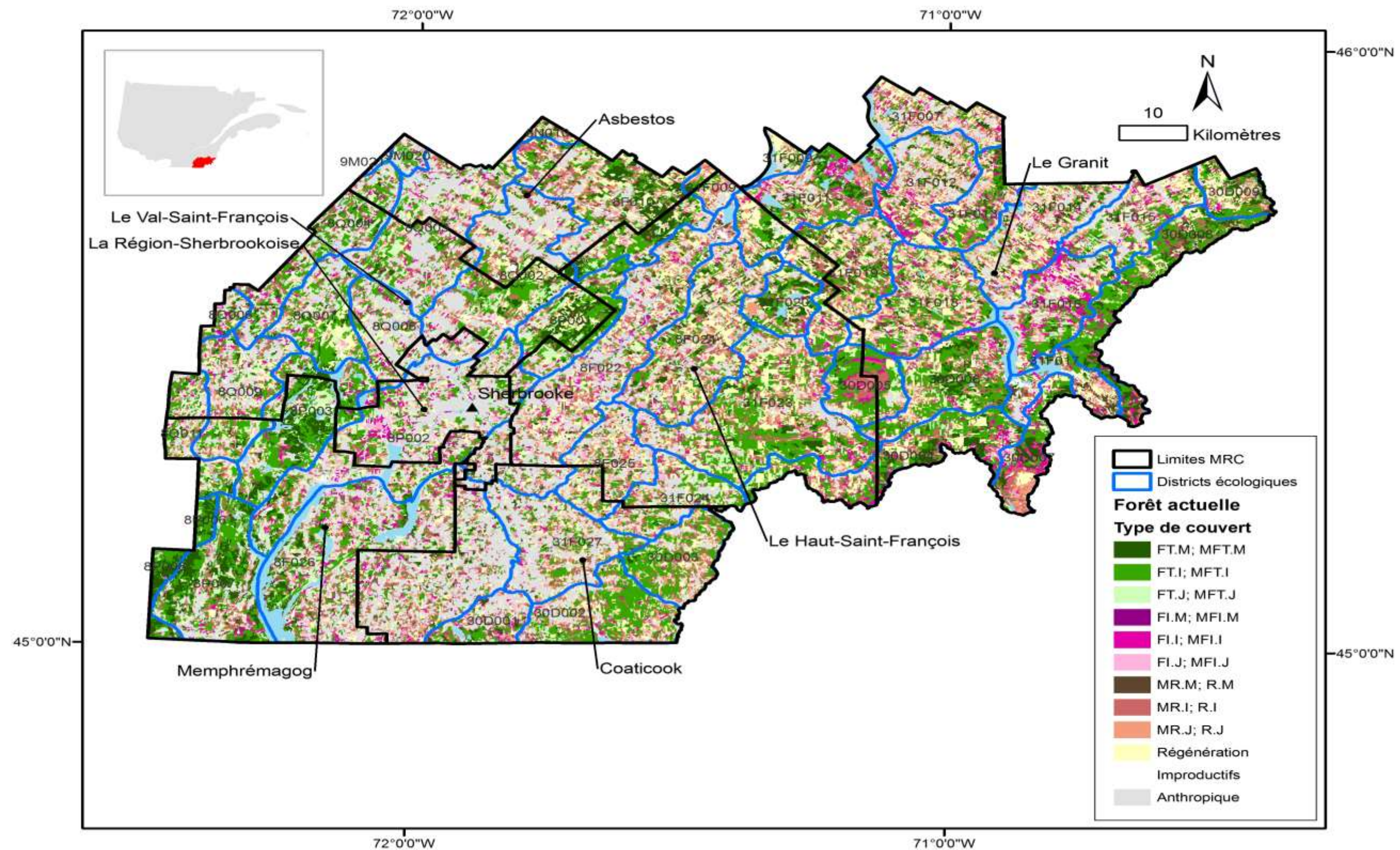


Figure 16. Portrait synthèse de la forêt actuelle

Composition arborescente

Pour comparer les portraits naturel et actuel, une représentation géographique a d'abord été retenue. Pour chaque district écologique, un portrait moyen de la composition a été confectionné en pondérant la proportion des essences par la superficie occupée par chaque groupe selon Cogbill *et al.* (2002). Par la suite, la proportion des essences, en surface terrière, a été compilée de la même façon à partir des données du 3^e programme d'inventaire. Notons que seules les superficies comportant actuellement des bois marchands ont été retenues. Ceci exclut donc les coupes totales récentes et les superficies à vocation autre que forestière. La figure 17 illustre les résultats de cette comparaison. Pour chaque district écologique, un histogramme présente la proportion moyenne de l'essence ou du groupe d'essences pour les états naturel et actuel. La figure indique aussi (chiffre sous le numéro de district) le pourcentage de la superficie potentiellement forestière à l'état naturel qui supporte encore aujourd'hui des peuplements marchands.

Voici les principaux constats qui se dégagent de cette comparaison. Le hêtre à grandes feuilles, qui était abondant et qui dominait peut-être même le paysage naturel, a connu une forte baisse pour n'être plus qu'une essence faiblement représentée aujourd'hui. Les épinettes et la pruche ont aussi connu une baisse marquée de leur abondance. Dans une moindre mesure, le bouleau jaune a connu le même sort. Brisson et Bouchard (2003) arrivent sensiblement aux mêmes constats en Montérégie, dans une étude comparative de la composition forestière précoloniale et actuelle de soixante lots.

À l'opposé, les feuillus intolérants et le sapin baumier se retrouvent maintenant en abondance dans la matrice des peuplements marchands de la région estrienne. Quant à l'érable à sucre, les changements ont été variables, parfois à la hausse et parfois à la baisse mais généralement légèrement à la hausse. Brisson et Bouchard (2003) mentionnent qu'en Montérégie, la présence actuelle de l'érable à sucre (et des frênes) a été favorisée par les processus de transformation du paysage qui ont eu lieu, mais qu'il ne se retrouve pas nécessairement aux mêmes endroits qu'anciennement. Ils mentionnent aussi que les actes notariés montrent que le hêtre et le bouleau jaune étaient bien représentés.

En ce qui concerne le groupe des autres feuillus, ils demeurent en moyenne dans les mêmes proportions globales, mais la proportion par essence a changé. Les chênes et les noyers ont presque disparu, alors que le nombre d'ormes et de frênes aurait augmenté. Enfin, le groupe des autres résineux (cèdres, mélèze et pins) a connu une hausse générale marquée. Ce phénomène s'explique plus difficilement que les changements énumérés précédemment. En effet, la pratique des coupes totales, combinée à d'autres phénomènes comme la régression du hêtre, explique bien la venue des feuillus intolérants et du sapin baumier de même qu'une légère augmentation de l'abondance relative de l'érable à sucre. Cependant, le cèdre, le mélèze et les pins sont des essences qui étaient relativement peu abondantes en forêt naturelle et qu'on ne retrouve pas en grande abondance aujourd'hui encore, sauf sur des sites marginaux. Certaines hypothèses peuvent être avancées pour expliquer les résultats obtenus. L'échantillonnage peut en être une puisque les données utilisées par Cogbill *et al.* (2002) proviennent des relevés d'arpentage, lesquels étaient réalisés de façon systématique, tandis que nos inventaires actuels assurent que les parcelles sont réparties dans tous les types de peuplement. Il est donc possible que les cédrières

soient mieux représentées dans nos données actuelles. Une autre explication pourrait venir du fait que le cèdre et le mélèze sont des essences moins prisées par les propriétaires privés lors de leurs opérations de récolte. Ils laisseraient ainsi des tiges résiduelles de ces essences, augmentant donc leurs proportions relatives et non absolues. Les observations sur la colonisation actuelle du cèdre sur d'anciens pâturages laissent aussi croire qu'il aurait pu être favorisé par rapport à d'autres espèces, plus intéressantes comme nourriture, mais aussi par sa capacité à s'implanter sur des sites présentant des conditions variées (Bouchard et Maycock, 1978; Gauvin et Bouchard, 1983; Brisson et Bouchard, 2003).

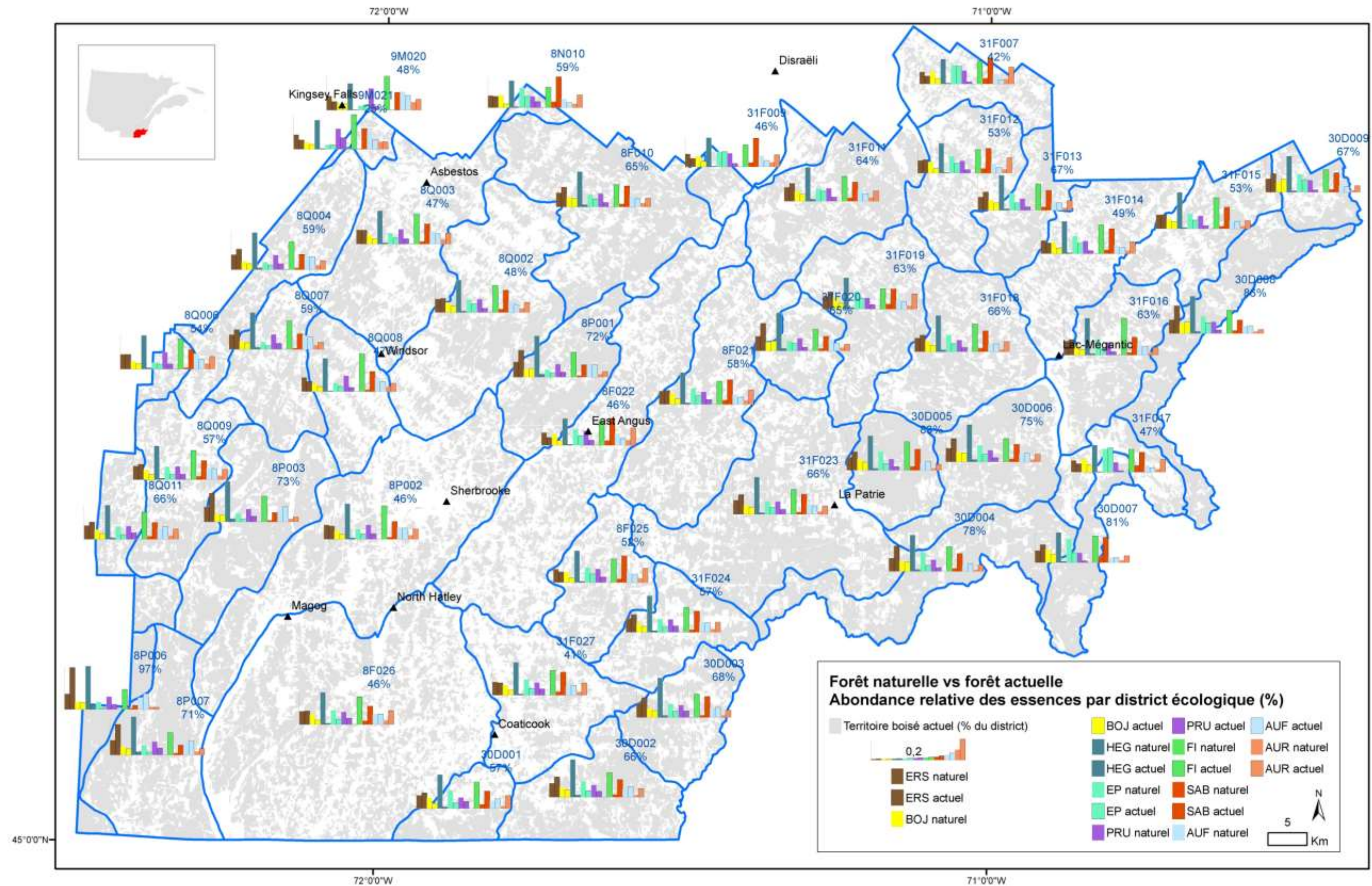


Figure 17. Comparaison de la composition arborescente – forêts naturelle et actuelle

Écart par rapport au portrait naturel

Une autre façon de contraster les portraits naturel et actuel est d'illustrer l'écart en fonction d'une cote globale. La somme des écarts de chaque groupe d'essences a été comptabilisée puis ramenée à un multiple relatif au minimum obtenu, c'est-à-dire au district écologique présentant la plus faible somme des écarts. Ceux-ci ont été pondérés par la superficie avec volume marchand du district. Notons que l'écart le plus faible, soit la somme des écarts entre l'abondance relative en forêt naturelle et l'abondance actuelle, était de 88 %. Cela représente tout de même un niveau d'altération de la composition significativement élevé. Un premier portrait des écarts a été produit (Figure 18). Il ne tient compte que des superficies dont la vocation actuelle est forestière. Un second portrait des écarts a été produit, qui intègre la superficie potentiellement forestière sans volume marchand à laquelle nous avons assigné un écart de 100 % avec l'état naturel. La figure 19 montre la cote obtenue pour chaque district écologique. On note que les changements de vocations, notamment en faveur de l'agriculture, influencent grandement la cote d'écart avec le paysage forestier naturel.

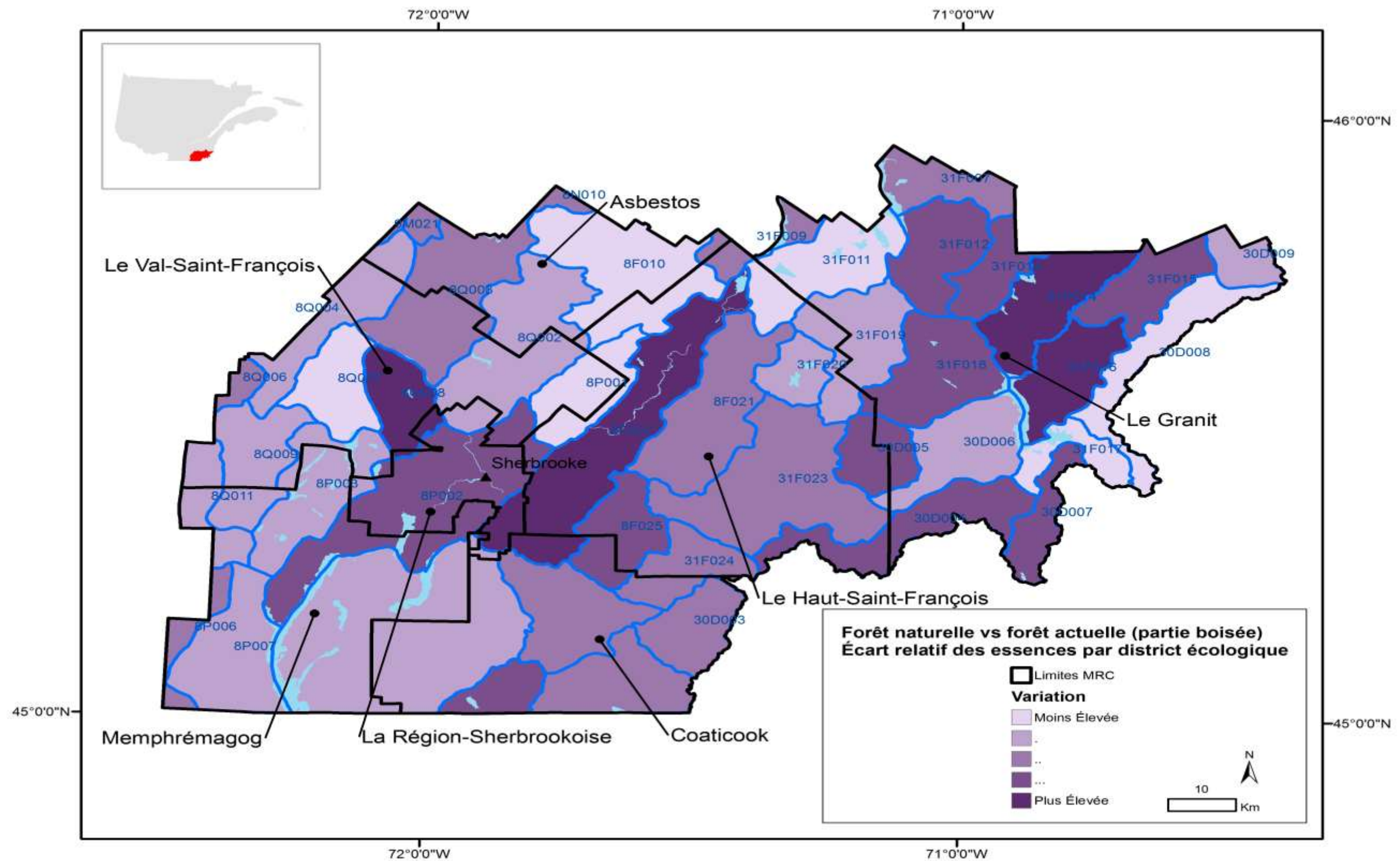


Figure 18. Écart relatif de l'altération globale entre la forêt naturelle et la forêt actuelle des parties boisées

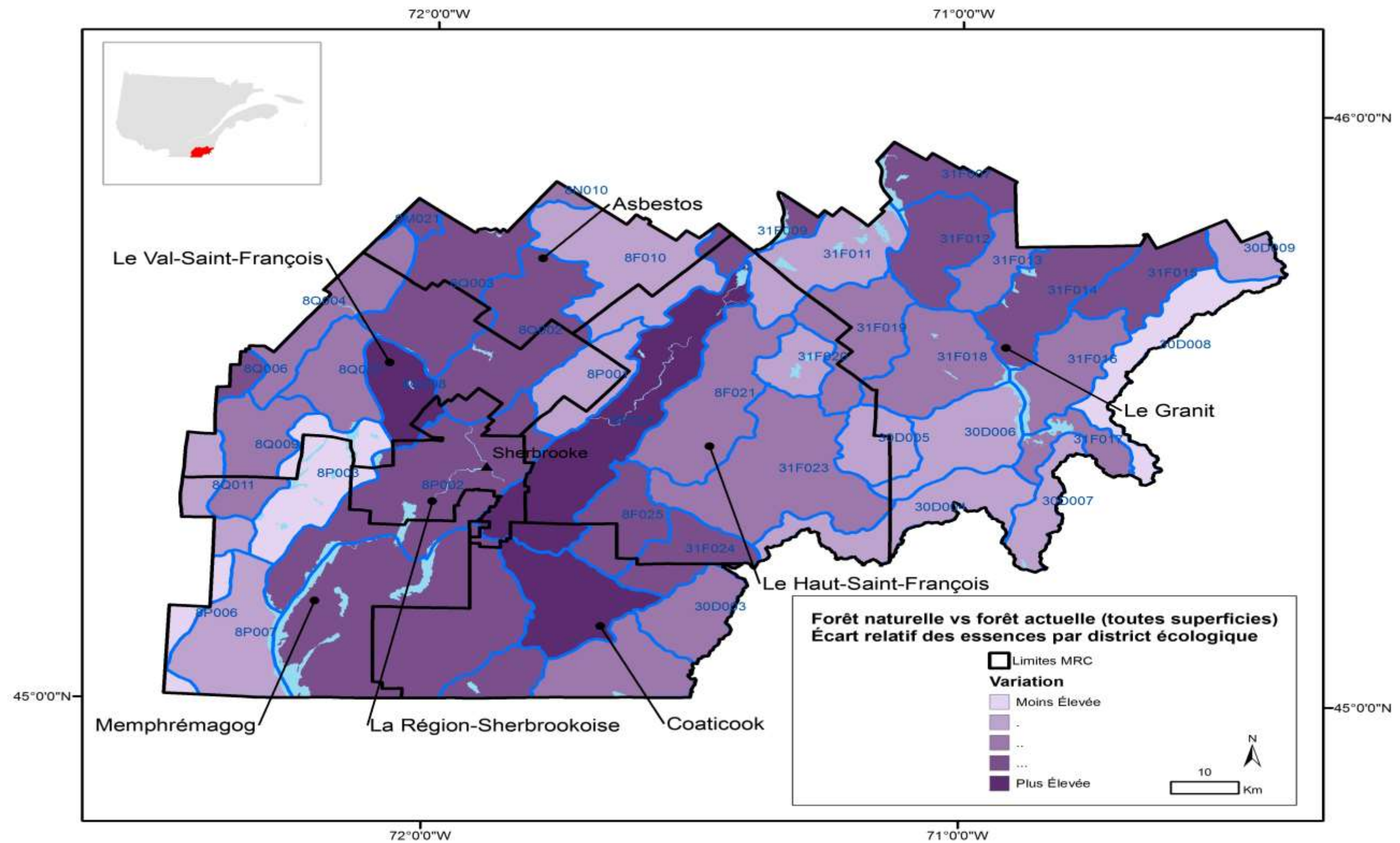


Figure 19. Écart relatif de l'altération globale entre la forêt naturelle et la forêt actuelle toutes superficies

Structure

Un des éléments importants qui permet d'apprécier l'évolution de la forêt naturelle jusqu'à nos jours est d'étudier sa structure. Selon Doyon et Bouffard (2009), la structure forestière de la région estrienne devait être majoritairement composée de peuplements matures et surannés à structure inéquienne. Frelich et Lorimer (1991) estiment d'ailleurs cette proportion à 87,4 % de la superficie. La dynamique régionale des perturbations, caractérisée par une faible incidence des feux et autres grandes perturbations majeures, devait engendrer une structure plutôt irrégulière où la forêt se régénérerait surtout par petites trouées. Aujourd'hui, le portrait de la forêt est passablement différent. En classant les peuplements selon six (6) grands types (Mélangé à résineux, Résineux, Feuillu intolérant, Mélangé à feuillu intolérant, Feuillu tolérant, Mélangé à feuillu tolérant) et quatre (4) stades d'évolution (Régénération, Jeune, Intermédiaire, Mûr et suranné), nous pouvons tracer le portrait général actuel de chaque district écologique de la région estrienne (Figure 20) et le comparer avec celui de la forêt naturelle. L'annexe 5 présente les regroupements utilisés pour réunir les classes d'âge en stade de développement. Le tableau XVIII présente la répartition moyenne par stade de développement et par grand type de peuplement pour l'ensemble de la région. En général, les peuplements matures et surannés ne représentent plus que 7 % de la superficie d'origine potentiellement forestière ou encore seulement 10 % de la superficie à vocation forestière actuelle. Par contre, 36 % sont occupés par des peuplements au stade intermédiaire (51 % de la vocation forestière actuelle), 13 % au stade jeune (19 % de la vocation forestière actuelle) et 14 % au stade de régénération (20 % de la vocation forestière actuelle). En ce qui concerne la proportion de peuplements à structure inéquienne, laquelle prédominait largement à l'état naturel selon Frelich et Lorimer (1991), celle-ci n'est plus que de 33 %² aujourd'hui.

² Cette proportion inclut les structures inéquiennes et étagées

Tableau XVIII. Type forestier et structure moyenne actuels de la région toutes superficies

Occupation moyenne par type de peuplement et stade de développement		Occupation moyenne par type de peuplement
Feuillu Intolérant Intermédiaire	2 %	
Feuillu Intolérant Jeune	1 %	3 %
Feuillu Intolérant Mature et suranné	0 %	
Feuillu Tolérant Intermédiaire	14 %	
Feuillu Tolérant Jeune	3 %	22 %
Feuillu Tolérant Mature et suranné	5 %	
Mélangé à Feuillu Intolérant Intermédiaire	3 %	
Mélangé à Feuillu Intolérant Jeune	2 %	5 %
Mélangé à Feuillu Intolérant Mature et suranné	0 %	
Mélangé à Feuillu Tolérant Intermédiaire	6 %	
Mélangé à Feuillu Tolérant Jeune	1 %	8 %
Mélangé à Feuillu Tolérant Mature et surannée	1 %	
Mélangé à Résineux Intermédiaire	6 %	
Mélangé à Résineux Jeune	2 %	8 %
Mélangé à Résineux Mature et suranné	0 %	
Résineux Intermédiaire	5 %	
Résineux Jeune	4 %	10 %
Résineux Mature et suranné	1 %	
Régénération	14 %	
Anthropique	30 %	
Stade de développement		% d'occupation
Jeune		13
Intermédiaire		36
Mature		7
Régénération		14
Anthropique		30

Pour ce qui est des types forestiers, le tableau XIX compare la proportion de chacun entre les états naturel et actuel. Nous remarquons que la proportion des peuplements de feuillu tolérant a augmenté. Cependant, la proportion des peuplements mélangés à feuillu tolérant a fortement diminué au profit des peuplements dominés par le feuillu intolérant et de ceux dominés par le résineux. Il est à noter que les plantations, résineuses pour la plupart, comptent pour 7 % de la superficie forestière actuelle, ce qui peut expliquer une partie de l'augmentation de la superficie occupée par les peuplements résineux et mélangés à résineux.

Tableau XIX. Comparaison de la proportion des types de peuplements

Type de peuplement	Forêt naturelle ¹	Forêt actuelle
Résineux et Mélangés à Résineux	10 %	32 %
Mélangés à Feuillu Tolérant	63 %	16 %
Feuillu Tolérant	27 %	38 %
Feuillu Intolérant et Mélangés à Feuillu Intolérant	0 %	13 %

¹ : proportions selon la transposition des groupes de Cogbill *et al.* (2002)

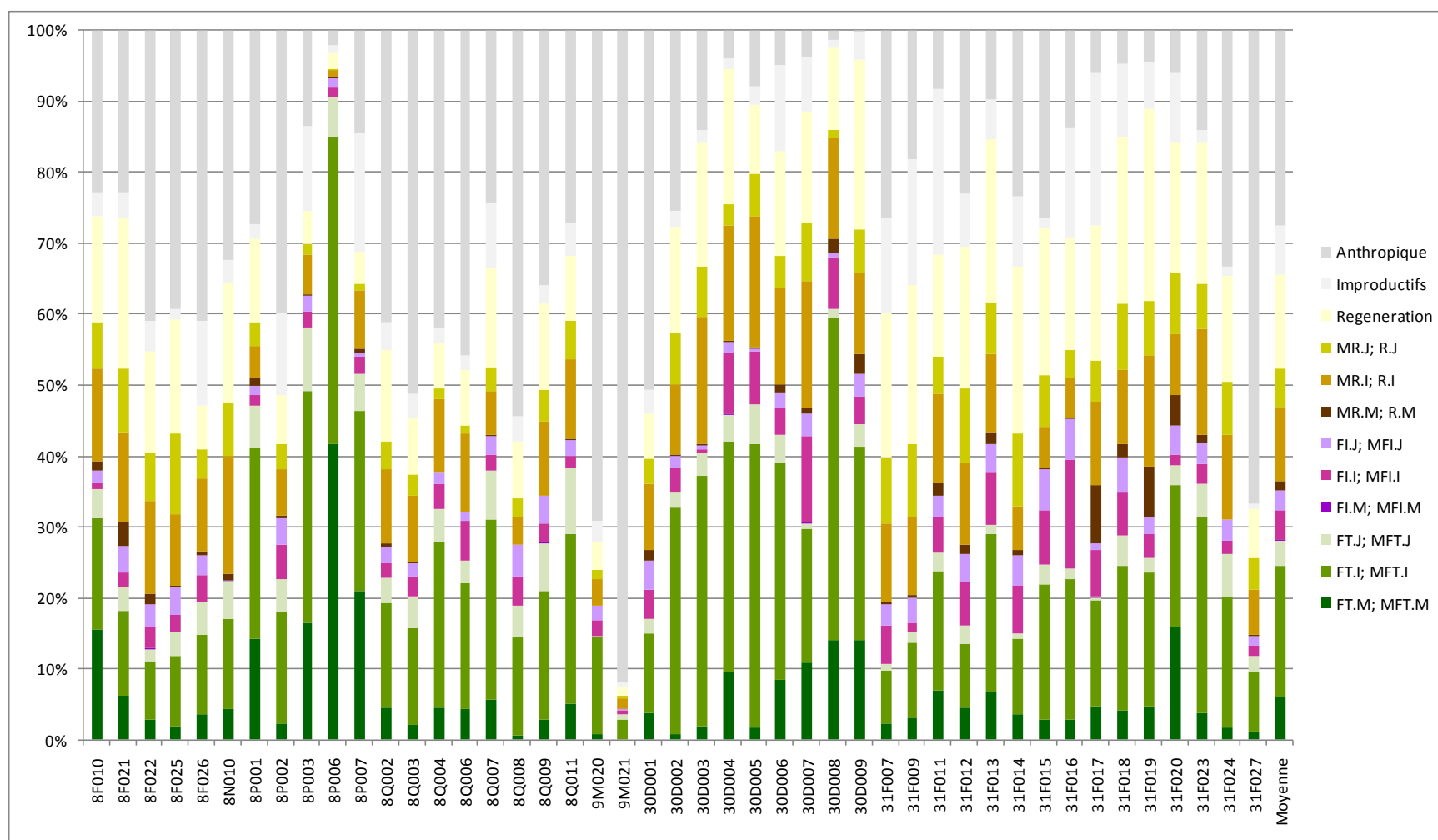


Figure 20. Répartition de la superficie par district écologique, type de peuplement et stade de développement de la forêt actuelle

Bois mort

Il existe peu de données sur la présence et la proportion de bois mort dans les forêts naturelles. Cependant, comme l'une des principales perturbations qui engendrait le renouvellement de la forêt était la mortalité de tiges individuelles, on peut supposer que les bois morts constituaient une partie non négligeable des tiges sur pied. Les données de l'Inventaire forestier national (IFN) effectué au Québec en 2006 (non disponibles pour l'instant) contiennent de l'information sur la composition, la structure et la dendrométrie des peuplements. Les données terrain renferment des informations intéressantes sur les bois morts (quantité, forme, état de décomposition) et espèces les constituant (CANFI, 2005). Les placettes d'inventaires sont par contre peu nombreuses. Quatre parcelles ont été inventoriées sur le territoire de l'Estrie : une à l'Est de Coaticook et trois dans les environs du lac Mégantic.

Les seules références directes que nous pouvons consulter sont les données sur les forêts anciennes et celles des placettes échantillon permanentes du territoire estrien. Le tableau XX compare certaines statistiques à propos des arbres morts encore sur pied sous forme de tiges complètes ou de chicots. Pour les placettes échantillon permanentes, nous avons retenu celles situées dans les forêts de plus de 90 ans. Les forêts actuelles renfermeraient donc environ 16 % moins de bois mort en surface terrière absolue et environ 22 % moins de bois mort en proportion de la surface terrière de toutes les tiges, vivantes ou mortes. Il faut cependant noter que la surface terrière moyenne des arbres vivants sur les sites de forêts anciennes est en moyenne 32 % plus élevée que celle des placettes échantillons permanentes retenues. Une des principales différences réside dans les essences de bois mort qui, elles, sont fonction de la composition de la forêt. Notons aussi que le diamètre moyen des tiges de bois mort actuel est significativement plus faible mais leur nombre est plus élevé. Ceci pourrait être une conséquence des interventions humaines fréquentes dans les forêts qui causent plus de blessures, qui engendrent un morcellement plus élevé, donc un effet de lisière et bordure plus intense ainsi qu'une ouverture du couvert susceptible d'engendrer plus de pertes lors des perturbations naturelles comme les chablis et les verglas.

Tableau XX. Comparaison du bois mort, des forêts anciennes et des placettes échantillon permanentes de l'Estrie

	Forêts anciennes estriennes ³	Placettes échantillon permanentes estriennes
Surface terrière des arbres vivants	37m ²	28m ²
Surface terrière des arbres morts	7 m ²	5,5m ²
Proportion de la surface terrière des arbres morts par rapport à la surface terrière de toutes les tiges sur pied, mortes ou vivantes	16,1 %	13,5 %
Nombre de tiges mortes sur pied par hectare	77	132
Diamètre moyen des arbres morts sur pied	34cm	23cm

Superficie en peuplements artificiels

³ Données provenant de la base de données des forêts anciennes répertoriées en Estrie

Un autre élément important pour la comparaison des portraits naturel et actuel est le degré d'artificialisation de la forêt. À ce jour, les plantations couvriraient environ 50 000 ha (CRRNT de l'Estrie, 2009a, en préparation). Ceci représente environ 3,5 % de la superficie originale potentiellement forestière de la forêt naturelle et environ 7 % de la superficie forestière actuellement productive. La grande majorité de ces plantations sont en épinettes.

Superficie avec perturbations anthropiques majeures

Actuellement, environ 30 % de la superficie originale naturelle potentiellement forestière a subi une transformation majeure afin principalement de satisfaire les besoins pour l'agriculture et l'urbanisme. Cette proportion comprend aussi des coupes totales récentes. Les secteurs de type forestier naturel les plus touchés par ces activités sont les groupes deux (2) et quatre (4) selon la classification de Cogbill *et al.* (2002), soit ceux localisés sur les sites les plus riches à bon drainage et les reliefs les moins accidentés (moyen et bas versant).

Notons que nous n'avons aucune donnée nous permettant d'évaluer le type de site pour les zones urbaines. Pour assigner un des groupes Cogbill, nous avons utilisé la prépondérance des groupes assignés aux polygones adjacents. Dans la majorité, le groupe 4 a été assigné à ces zones. Quant aux zones agricoles, la classification des terres agricoles du MAPAQ a été utilisée pour les caractériser. En général, le groupe 2 a été assigné à ces zones.

5 Portrait synthèse, constats et enjeux

Dans cette section, nous présentons une synthèse des principaux éléments du portrait de la forêt naturelle de l'Estrie que nous avons réussi à dépeindre et de la comparaison avec le portrait actuel de la forêt estrienne. La synthèse porte sur les trois principaux éléments suivants : la composition en essences et les types de peuplement, la structure des peuplements et la présence de bois mort. Cette synthèse s'accompagne des principaux constats et enjeux qui peuvent être reliés à la mise en place de l'aménagement écosystémique. En résumé, la forêt estrienne a donc évolué d'une forêt complexe et surannée vers, de nos jours, une forêt plus jeune et perturbée. Le hêtre et d'autres feuillus nobles, la pruche ainsi que l'épinette, ont été remplacés par le sapin, les érables et les peupliers (et autres feuillus pionniers). Voyons plus en détails ces changements.

5.1 Composition en essences et types de peuplement

Comme le montre le tableau XXI, la forêt naturelle estrienne était dominée par le hêtre à grande feuille. Cette espèce se régénère généralement bien en forêt méridionale lorsque la principale perturbation est la trouée provoquée par la mort de tiges individuelles ou les chablis partiels. Aujourd'hui, cette essence est très peu représentée dans la matrice forestière. Le régime des coupes intensives et, plus récemment, l'apparition de la maladie corticale du hêtre ont certainement joué un rôle dans le déclin de cette espèce.

Les épinettes, principalement l'épinette rouge, venaient au second rang. On les retrouvait surtout en altitude où elles dominaient les peuplements, mais aussi dans une proportion relativement importante sur l'ensemble du continuum forestier de la région. L'essor de l'industrie des pâtes et papiers au 19^e siècle a provoqué une forte demande pour l'épinette, ce qui explique la baisse marquée de la proportion depuis la colonisation de la région.

La pruche et le bouleau jaune ont aussi connu une baisse significative de leur abondance relative, la première ayant été fortement prisée par les industries du tannage et de la potasse, le second étant apprécié pour le bois d'œuvre, en particulier pour les meubles.

L'érable à sucre a connu une légère hausse de son abondance relative mais ce sont le sapin baumier et les feuillus intolérants (l'érable rouge et les peupliers) qui prennent aujourd'hui une place importante dans la matrice forestière régionale. Le régime des coupes plus intensives et la recrue arborescente sur les friches agricoles en sont les causes principales.

En ce qui concerne les autres feuillus, (le tilleul l'ostryer, les frênes, l'orme, le noyer, le cerisier, le caryer, les chênes), leur proportion relative globale est demeurée la même. Certaines essences sont cependant moins abondantes aujourd'hui. C'est le cas des chênes. Bien que leur abondance naturelle sur l'ensemble du territoire semblait être d'un peu moins de 3 %, on le retrouve aujourd'hui en traces et sur les sites plus xériques. En plus d'avoir été apprécié par l'industrie navale britannique, le chêne est aussi très prisé par l'industrie du bois d'œuvre.

Finalement, on note un accroissement de l'abondance des autres résineux (le cèdre, le mélèze, les pins). Cette évolution s'explique moins facilement car il s'agit d'espèces relativement peu abondantes en forêt naturelle dans la région, qui se régénèrent difficilement et qui ne font pas l'objet de plantation massive. Nous pourrions avancer que le mode d'inventaire actuel qui cherche à sonder tous les types de peuplement, aurait permis de faire ressortir leur présence. Notons aussi que le cèdre est une espèce qui colonise souvent les friches agricoles.

Tableau XXI. Proportion relative moyenne des essences de la forêt naturelle régionale

	%AUF	%AUR	%BOJ	%EP	%ERS	%FI	%HEG	%PRU	%SAB
<i>Stade</i>									
Naturel	9	3	11	16	13	0	33	11	4
Actuel	9	10	6	7	16	26	1	5	19
<i>Écarts</i>									
	0	7	-5	-9	3	25	-31	-6	15

Nous notons donc qu'il existe un écart important entre la composition des forêts actuelles par rapport aux forêts naturelles. Cependant, l'essence qui était abondante à l'arrivée des colons, le hêtre, est très peu prisée de l'industrie forestière et est fortement affectée par la maladie corticale du hêtre. La composition forestière est un enjeu important mais il pourrait être abordé de façon globale plutôt qu'en fonction des essences individuelles. De manière générale, on remarque que les espèces peu longévives comme le sapin baumier, l'érable rouge et les peupliers devraient être moins abondantes. Une approche qui favoriserait le retour d'espèces plus longévives contribuerait à réduire les écarts et à ramener un couvert plus « naturel ».

Les constats quant à la composition des forêts naturelles de l'Estrie et leur comparaison avec le portrait actuel se reflètent bien dans la répartition des types de peuplement. Le tableau XXII montre cette répartition. Il est intéressant de noter que même si la proportion des épinettes et de la pruche, deux essences relativement importantes à l'état naturel, a diminué, les peuplements à dominance résineuse ont vu leur abondance relative augmenter. Ceci peut être la conséquence de la forte augmentation du sapin baumier de même que les plantations qui occupent aujourd'hui 7 % de la superficie forestière productive. En ce qui concerne l'abondance relative de peuplements dominés par les feuillus tolérants, elle a augmenté. Par contre, les peuplements mélangés à dominance de feuillus tolérants, qui dominaient le paysage estrien, ont connu une forte baisse. Ils ont été remplacés principalement par des peuplements à dominance de feuillus intolérants, de sapin et, dans une moindre mesure, par des plantations d'épinettes. Notons que la transformation de grandes superficies en zones agricoles et urbaines doit être prise en compte dans l'interprétation des résultats. Les forêts estriennes précoloniales étaient donc principalement mixtes, dominées par le hêtre, le bouleau jaune, l'épinette et la pruche. La présence de chacune de ces essences variait en fonction du drainage et de l'altitude.

Tableau XXII. Comparaison de la proportion des types de peuplements

Type de peuplement	Forêt naturelle ¹	Forêt actuelle
Résineux et Mélangés à Résineux	10 %	32 %
Mélangés à Feuillu Tolérant	63 %	16 %
Feuillu Tolérant	27 %	38 %
Feuillu Intolérant et Mélangés à Feuillu Intolérant	0 %	13 %

¹ Basé sur la transposition des résultats de Cogbill et al., 2002

La récolte intensive et l'abandon de l'agriculture sont probablement les causes principales de ces changements. Ces perturbations anthropiques engendrent donc des peuplements de type peu longévif, ce qui diffère des peuplements issus d'un régime de perturbation par petites trouées comme celui qui prévalait avant la colonisation.

5.2 Structure des peuplements

Les données utilisées pour tracer le portrait de la forêt naturelle estrienne (Cogbill *et al.*, 2002) ne permettent pas de caractériser la structure des peuplements de l'époque précoloniale. Cependant, Frelich et Lorimer (1991) mentionnent que plus de 85 % de la forêt méridionale devait être composée de peuplements matures et surannés de structure inéquienne. Comme le montre le tableau XXIII, la mosaïque forestière actuelle est dominée par des peuplements de moins de 90 ans. Les peuplements matures et surannés ne représentent plus que 7 % de la superficie totale, soit 10 % de la superficie forestière productive actuelle.

En ce qui concerne la structure interne des peuplements, celle-ci est largement dominée à près de 66 % par une structure équienne de petits bois et de bois moyens. Ceci est caractéristique du régime de perturbation actuel.

Tableau XXIII. Proportion des superficies par stade de développement

Stade de développement	% d'occupation
Jeune	13
Intermédiaire	36
Mature	7
Régénération	14
Anthropique	30

La diminution de l'abondance des espèces tolérantes et longévives influence inévitablement la structure des peuplements. Un retour vers une structure inéquienne plus fréquente doit être accompagné d'un retour de ces espèces.

5.3 Bois mort

La présence de bois mort est un facteur important pour certaines espèces fauniques. Bien que les relevés d'arpentage ne mentionnent pas le bois mort, nous pouvons poser l'hypothèse qu'il représentait une plus grande proportion des tiges sur pied à cause principalement d'une plus grande proportion d'espèces longévives et du régime de perturbation par petites trouées qui prévalait à l'époque.

Cette hypothèse se trouve confirmée par les données provenant des forêts anciennes du territoire. Le tableau XIV compare des données provenant de ces forêts anciennes avec celles provenant des parcelles permanentes de l'inventaire forestier du MRNF. On remarque d'abord que la surface terrière totale de même que celle du bois mort sont généralement plus élevées dans les forêts anciennes. Par contre, le bois mort des forêts aménagées actuelles est caractérisé par un plus grand nombre de tiges et des diamètres plus faibles. Ceci est conséquent avec l'évolution de la mosaïque où les peuplements de structure équiennne dominant et où les essences peu longévives prennent une grande place.

Tableau XXIV. Comparaison du bois mort entre les données de Forêts Anciennes et la forêt actuelle estriennes

	Forêts anciennes estriennes	Placettes échantillon permanentes estriennes
Surface terrière des arbres vivants	37 m ²	28 m ²
Surface terrière des arbres morts	7 m ²	5,5 m ²
Proportion de la surface terrière des arbres morts par rapport à la surface terrière de toutes les tiges sur pied, mortes ou vivantes	16,1 %	13,5 %
Nombre de tiges mortes sur pied par hectare	77	132
Diamètre moyen des arbres morts sur pied	34 cm	23 cm

L'enjeu en ce qui concerne le bois mort est d'arriver à conserver des tiges d'essences longévives sur pied plus longtemps afin qu'elles puissent éventuellement jouer leur rôle écologique.

5.4 La faune et ses habitats

La composition et la structure de la mosaïque forestière d'une région influencent les habitats fauniques des espèces animales. Bien que le but de ce travail n'était pas de tracer le portrait de la faune et de ses habitats à l'état naturel, nous devons mentionner que les enjeux reliés à la faune et à ses habitats devraient faire partie des enjeux d'une stratégie d'aménagement écosystémique.

Au travers des lectures et discussions, quelques enjeux spécifiques apparaissent évidents. L'abondance du cerf de Virginie en est un important. Les impacts qu'entraîne sa forte présence sur la dynamique de régénération de plusieurs espèces végétales arborescentes et herbacées sont très perceptibles. Cela peut avoir des répercussions sur l'habitat d'autres espèces. Le même constat peut être fait à propos de l'envahissement du territoire par différents ravageurs exotiques, insectes et maladies, notamment le nerprun et le charançon du pin blanc.

Des études plus complètes sur le sujet devraient être réalisées pour permettre de mieux positionner ces enjeux et de développer des stratégies adéquates en regard de l'aménagement écosystémique.

6 Projets futurs recommandés pour un approfondissement des connaissances

Bien que nous soyons convaincus d'avoir tracé un portrait juste pour l'ensemble de la forêt naturelle estrienne, et des enjeux écologiques contemporains, les données la concernant sont encore partielles et générales. Nous considérons que des recherches plus avancées permettraient d'améliorer ce portrait en regard de la dynamique végétale mais également de la dynamique faunique afin de mieux développer les principes d'un aménagement écosystémique et faciliter leur application.

Pour approfondir les connaissances sur le sujet, nous suggérons les avenues de recherche suivantes :

- Étudier les relevés d'arpentage et les actes notariés de la région;
- Étudier les relations entre l'évolution du climat et l'évolution des écosystèmes forestiers estriens.
- Intégrer les données bioclimatiques à la présente méthodologie pour permettre une meilleure validation de la transposition des groupes de Cogbill *et al.* (2002);
- Utiliser la palynologie en axant les sites de recherche dans les peuplements ayant conservé une vocation forestière (études sous couvert), d'une part, et en utilisant l'approche de Sugita (2007a et b) pour la reconstitution des paysages;
- Poursuivre le suivi des forêts anciennes et identifier des peuplements pouvant être qualifiés de vieille forêt pour compléter la connaissance au sujet de leur dynamique;
- L'étude palynologique et paléobotanique des humus ou des tourbes locales dans toutes les Forêts Anciennes s'impose pour déterminer la date de leur origine et les variations éventuelles de la composition de ces peuplements;
- Étudier l'évolution du bois mort dans les forêts anciennes et les données de l'inventaire forestier national;
- Étudier les forêts de milieux comparables à proximité de la région de l'Estrie et étudier leur évolution par rapport aux types d'aménagement qui y sont pratiqués;
- Étudier les régimes sylvicoles permettant de se rapprocher des dynamiques naturelles;
- Intégrer et croiser les connaissances, les études et les inventaires fauniques pour documenter l'enjeu sur le maintien des habitats fauniques;
- Qualifier et quantifier l'impact de la déprédation du cerf sur la mosaïque forestière actuelle;
- Documenter l'envahissement par des espèces exotiques (ex. nerprun).

Conclusion

Ce portrait de la forêt naturelle et sa comparaison avec le portrait actuel permet de mieux comprendre l'évolution du couvert forestier de la colonisation à nos jours. En ce sens, nous espérons qu'il aura pu jeter un éclairage nouveau quant à la présence et à l'abondance relative des différentes espèces d'arbres qui devaient prévaloir avant l'utilisation et la conversion intensives du milieu forestier.

Ce portrait nous semble particulièrement utile pour orienter les stratégies de développement dans les parties encore boisées. Il peut également guider certaines actions de reconstitution de la forêt, que ce soit dans un but d'aménagement du paysage, d'aménagement faunique ou autre.

Bibliographie et références

- Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie, 2000. Plan de protection et de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie – Connaissance du territoire forestier de l'Estrie. 245 p.
- Angers, V.A., 2009. L'enjeu écologique du bois mort – Complément au Guide pour la description des principaux enjeux écologiques dans les plans régionaux de développement intégré des ressources et du territoire, Québec, pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, 45 p.
- Austin, J.M., C. Alexander, E. Marshall, F. Hammond, J. Shippee, E. Thompson, 2004. Conserving Vermont's Natural Heritage – A guide to community-based planning for the conservation in Vermont's fish, wildlife and biological diversity. Vermont Fish and Wildlife Department and Agency of Natural Resources, Waterbury, Vermont, 135 p.
- Bennett, K. D., 1985. The Spread of *Fagus grandifolia* Across Eastern North America During the Last 18 000 years. *Journal of Biogeography*, Vol. 12(2): 147-164
- Bhiry, N. et L. Fillion, 1996. Mid-Holocene Hemlock decline in Eastern North America linked with phytophagous insect activity. *Quaternary Research*, 45:312-320
- Booth, J.D. 1971. Changing forest utilization patterns in the eastern townships of Quebec, 1800 to 1930. Ph. D. Thesis. Department of Geography, McGill University, Montreal. 335 pp.
- Bonin, J. 1999. Status Report on the Spring Salamander *Gyrinophilus porphyriticus*, in Canada. Report submitted to the Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. 16 p.
- Bouchard, A. & P.F. Maycock, 1978. Les forêts décidues et mixtes de la région appalachienne du sud québécois. *Le Naturaliste canadien*. 105:383-415
- Boucher, Y. 2005. Dynamique, structure et composition des forêts bas-laurentiennes : les bases dans le développement d'une approche d'aménagement écosystémique, *Revue de littérature*. 23 p.
- Boucher, Y. 2009. Aménagement écosystémique et forêt préindustrielle. *Histoires forestières du Québec*, 1 (2):17-20
- Boucher, Y., D. Arseneault et L. Sirois, 2009. Logging history (1820-2000) of a heavily exploited southern boreal forest landscape : Insights from sunken logs and forestry maps. *For. Ecol. Manage.*, 258: 1359-1368
- Boulet, B., M. Chabot, L. Dorais, A. Dupont, R. Gagnon et L. Morneau, 2009. «Entomologie forestière », dans *Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, Manuel de foresterie*, 2e éd. Ouvrage collectif, Éditions MultiMondes, Québec, p.981-1012
- Brisson J. & A. Bouchard, 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
- CanFi, 2005. Canada's National Forest Inventory - National standards for ground plots – Data dictionary V. 4.3. [En ligne] [https://nfi.nfis.org/documentation/ground_plot/Gp_data_dictionary_4.3.pdf] (Consulté le 12 novembre 2009)
- Cann D.B., Lajoie P. et P.C. Stobbe, 1943. Études des sols des comtés de Stanstead, Richmond, Sherbrooke et Compton dans la province de Québec. Service des fermes expérimentales, ministère fédéral de l'Agriculture, en collaboration avec le ministère de l'Agriculture du Québec et le collège MacDonald, Université McGill. 64 pp.
- Cann D.B., Lajoie P. et P.C. Stobbe, 1948. Études des sols des comtés de Shefford, Brome et Missisquoi dans la province de Québec. Service des fermes expérimentales, ministère fédéral de l'Agriculture, en collaboration avec le ministère de l'Agriculture du Québec et le collège MacDonald, Université McGill. 95 pp.
- Carcaillet, C. & P.J.H. Richard, 2000. Holocene changes in seasonal precipitation highlighted by fire incidence in eastern Canada. *Climate Dynamics*, 16:549-559

- Chabot, M. (dir.), P. Blanchet, P. Drapeau, J. Fortin, S. Gauthier, L. Imbeau, G. Lacasse, G. Lemaire, A. Nappi, R. Quenneville et É. Thiffault, 2009. « Le feu en milieu forestier », dans *Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, Manuel de foresterie*, 2e éd. Ouvrage collectif, Éditions MultiMondes, Québec, p.1037-1090
- Chapdelaine, C., 2004. Des chasseurs de la fin de l'âge glaciaire dans la région du lac Mégantic. *Découverte des premières pointes à cannelures au Québec, Recherches amérindiennes au Québec*, 34 : 3-20
- Cogbill, C.V. & P.S. White, 1991. The latitude-elevation relationship for spruce-fir forest and treeline along the Appalachian mountain chain. *Vegetatio*, 94:153-175
- Cogbill C.V., Burk J. and G. Motzkin, 2002. The forests of presettlement New England, USA: spatial and compositional patterns based on town proprietor surveys. *Journal of Biogeography*, 29:1279-1304
- Cogbill, C.V., 2005. Historical biogeography of american beech. *In*: Evans, C.A., Lucas, J.A., Twery, M.J. 2005. *Beech Bark Disease: Proceedings of the Beech Bark Disease Symposium*. Gen. Tech. Rep. NE-331. Newton Square PA, US. Department of Agriculture Forest Service, Northern Research Station. 149 p.
- Collard, A., 2009. Réponse des plantes de sous-bois au retrait expérimental du cerf de Virginie dans les forêts du sud du Québec. *Mémoire de Maîtrise*. Département de biologie, Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Québec, 59 p.
- Côté, S., Y. Boucher et N. Thiffault, 2009. Le bois mort dans la sapinière à bouleau blanc : importance, caractéristiques et considérations pour l'aménagement écosystémique. *Le naturaliste canadien*. 133 :65-72
- CRRNT de l'Estrie, 2009a – en préparation. Portrait biophysique de l'Estrie. Plan de développement intégré des ressources naturelles et du territoire (PRDIRT) de l'Estrie
- CRRNT de l'Estrie, 2009b. Milieux naturels protégés et conservation de la biodiversité en Estrie. Portrait et diagnostic - Version préliminaire. Plan de développement intégré des ressources naturelles et du territoire (PRDIRT) de l'Estrie. 43 p.
- Davis, M.B., 1981. Outbreak of forest pathogens in Quaternary history, *Proceedings of the 4th International Conference on Pathology*, 1976, Lucknow, India. 3: 216-227
- Davis, M. B. 1983. History of deciduous forests of Eastern North America and Europe. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 70(3):550-563
- Domon G. & A. Bouchard. 2007. The landscape history of Godmanchester (Quebec, Canada) : two centuries of shifting relationships between anthropic and biophysical factors. *Landscape Ecol*, 22:1201-1214
- D'Orangeville, L., A. Bouchard et A. Cogliastro, 2008. Post-agricultural forests : Landscape patterns add to stand-scale factors in causing insufficient hardwood regeneration. *Forest Ecology and Management*, 255 :1637-1646
- Doyon, F. et Bouffard, D., 2009. Enjeux écologiques de la forêt feuillue tempérée québécoise, Québec, pour le ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, 63 p.
- Doyon, F., et S. Sougavinski, 2002. Caractérisation du régime des perturbations naturelles de la forêt feuillue du Nord-Est de l'Amérique du Nord, Ripon, Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue, 116 p.
- Dubois, J.-M.M., Grignon, S. et Provencher, L. (1999) *Le mont Mégantic : la montréalienne méconnue*. Quatre-Temps (Jardin botanique de Montréal), vol. 23, no 3, p. 40-43.
- Dupuis, S., 2009. Reconstitution de la composition des forêts préindustrielles du sud-est du Québec à partir des archives d'arpentage (1846-1949). *Mémoire de Maîtrise*, Université du Québec à Rimouski. 86 p.
- Foster, D.R. 2002. Thoreau's country : a historical-ecological perspective on conservation in the New England landscape. *Journal of biogeography*, 29:1537-1555.
- Fraver, S., A. S. White et R. S. Seymour, 2009. Natural disturbance in an old-growth landscape of northern Maine, USA, *Journal of Ecology*, 97: 289-298.
- Frelich, L.E. et C.G. Lorimer, 1991. Natural disturbance regimes in hemlock-hardwood forests of the Upper Great Lakes region. *Ecological Monographs*, 61(2):145-164.

- Gagnon, D., B. Truax et S. Barrette, 2003. Aménagement et sylviculture du chêne rouge en Estrie via la connaissance des peuplements naturels. Rapport final 2002-2003 présenté à l'Agence de mise en valeur de la forêt privée de l'Estrie. 30 pages
- Gauvin C. et A. Bouchard, 1983. La végétation forestière du Parc du Mont-Orford, Québec. *Canadian Journal of Botany*, 61:1522-1547.
- Gilbert, H., 1997. Espèces végétales forestières en situation précaire et pratiques sylvicoles - revue de littérature. Ministère des Ressources naturelles. 28 p.
- Gosselin, J., 2005. Guide de reconnaissance des types écologiques de la région écologique 3d - Coteaux des basses Appalaches, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction des inventaires forestiers, Division de la classification écologique et productivité des stations.
- Gosselin, J. 2007. Guide de reconnaissance des types écologiques de la région écologique 2c - Coteaux de l'Estrie, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers, Division de la classification écologique et productivité des stations.
- Grandtner, M.M., 1966. La végétation forestière du Québec méridional. Les Presses de l'Université Laval, Québec, 216 p.
- Grondin, P. et A. Cimon, 2003. Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière. MRNFP, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier. 200 p.
- Hamburg, S.P. et Cogbill, C.V. (1988). Historical decline of red spruce populations and climatic warming. *Nature* (London), 331:428-431
- Hooper, M.C., K. Arie et M.J. Lechowicz, 2001. Impact of a major ice storm on an old-growth hardwood forest. *Can. J. Bot.* 79(1): 70-75
- Houston, D.R., 1994. Major new tree disease epidemics: beech bark disease. *Annual Review Phytopathology*, 32: 22-25.
- Hickler, T., B. Smith, M.T. Sykes, M.B. Davis, S. Sugita, K. Walker, 2004. Using a generalized vegetation model to simulate vegetation dynamics in northeastern USA. *Ecology*, 85(2):519-530.
- Jurdant, M. et Roberge, M.R., 1965. Étude écologique de la forêt de Watopeka. Ministère des Terres et Forêts, Publication n° 1051F, 95 p.
- Kesteman, J-P., P. Southam et D. Saint-Pierre, 1998. Histoire des Cantons de l'Est. Les Presses de l'Université Laval.
- Kneeshaw, D., 1996. Effets de la fragmentation des forêts sur le maintien de la biodiversité au Québec. Ministère des Ressources naturelles, Québec. 88 p.
- Kneeshaw, D., L. Bourgeois, N. Bélanger, S., Brais, L. Imbeau, S. Yamasaki et collaborateurs : Y. Bergeron, P. Drapeau, C. Fecteau, M. Gagnon, B. Labrecque, M. Landry, N. Perron (collaborateurs), 2003. Évaluation des liens entre le RNI et les critères de l'aménagement durable des forêts. Colloque Chaire AFD 2003. [En ligne] [<http://web2.uqat.ca/cafd/colloqueChaire/colloque2003/%2802%29%20-%20RNI%20-%202003.pdf>] (consulté le 9 novembre 2009)
- Laflamme, G.P., P. Desrochers, M. Dessureault, L. Innes, D. Lachance et D. Rioux, 2009. « Pathologie forestière », dans *Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, Manuel de foresterie*, 2e éd. Ouvrage collectif, Éditions MultiMondes, Québec, p. 1013-1036
- Laurent, R., 1978. The ophiolites of southern Quebec: oceanic crust of Betts Cove type: Discussion. *Can. J. Earth Sci.*, 15:1880-1881.
- Lavoie, M. & P.J.H. Richard, 2000a. The role of climate on the developmental history of Frontenac Peatland, southern Quebec, *Canadian Journal of Botany*, 78(5):668-684.
- Lavoie, M. & P.J.H. Richard, 2000b. Postglacial water-level changes of a small lake in southern Québec, Canada. *The Holocene*, 10(5): 621-634

- Little, J.I. 1986. Nationalism, capitalism and colonization in nineteenth-century Quebec – The upper St Francis district.
- Lorimer, C.G., 1977. The Presettlement Forest and Natural Disturbance Cycle of Northeastern Maine. *Ecology*, Vol. 58 (1): 139-148
- 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
- MacKay, D., 1987. Un patrimoine en péril: la crise des forêts canadiennes. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Énergie et des Ressources. 302 p.
- Majcen, Z., 2003. Raréfaction des espèces compagnes de l'érablière, p. 93 à 102. Dans : Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière, P. Grondin et A. Cimon, coordonnateurs. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier.
- McKenney, D., P. Papadopol, K., Lawrence, K. Campbell et M. Hutchinson, 2007. Modèles du climat à résolution spatiale adaptée. Frontline – Applications de recherche en foresterie. Note technique no. 108 du Service canadien des forêts. Ressources naturelles Canada. 7 p.
- MDDEP, 2002. Réserve écologique de la Serpentine-de-Coleraine. [En ligne] [http://www.mddep.gouv.qc.ca/biodiversite/reserves/serpentine_coleraine/res_67.htm] (Consulté le 6 novembre 2009)
- MRN, 2002. Carte géologique du Québec, édition 2002. Ministère des Ressources naturelles ; DV 2002-06, échelle 1 :2 000 000
- MRNF, 2008. Protection des espèces menacées ou vulnérables en forêt publique — La salamandre à quatre orteils (*Hemidactylium scutatum*). Faune Québec, Direction de l'expertise sur la faune et ses habitats et Forêt Québec, Direction de l'environnement forestier. 15 pages.
- MRNF, 2009a. Liste des espèces désignées menacées ou vulnérables au Québec. [En ligne] [www3.mrnf.gouv.qc.ca/faune/especes/menacees/liste.asp] (Consulté le 6 novembre 2009)
- MRNF, 2009b. Cartographie des habitats fauniques. [En ligne] [<http://www.mrn.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/cartographie.jsp>] (Consulté le 18 décembre 2009)
- MRNF, 2007. Enjeux de biodiversité de l'aménagement écosystémique dans la réserve faunique des Laurentides. Rapport préliminaire du comité scientifique. 119 pages.
- MRNFP, 2004. Portrait forestier de la région de l'Estrie – Document d'information sur la gestion de la forêt publique. 52 p.
- Muller S.D., P.J.H Richard, J. Guiot, J.L. de Beaulieu & D. Fortin. 2003, Postglacial climate in the St. Lawrence lowlands, southern Québec: pollen and lake-level evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 193:51-72
- NatureServe, 2009. NatureServe Explorer: An online encyclopedia of life [En ligne]. Version 7.1. NatureServe, Arlington, Virginia. [<http://www.natureserve.org/explorer>] (Consulté le 9 novembre 2009)
- Nault, A., 1996. Impact de la fragmentation de la forêt sur le maintien de la biodiversité au Québec. P. 83-88 in : Cantin, D., et C. Potvin, eds. L'utilisation durable des forêts québécoises: De l'exploitation à la protection. Presses de l'Université Laval, Québec. 157 p.
- Occhietti, S. et Richard, P.J.H., 2003. Effet réservoir sur les âges 14C de la Mer de Champlain à la transition Pléistocène-Holocène : révision de la chronologie de la déglaciation au Québec méridional. *Géographie physique et Quaternaire*, 57 : 115-138 (publié en 2005).
- Paquin, R. et J. Noël, 2003. Envahissement des érablières par le hêtre, p. 191 à 200. Dans : Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière, P. Grondin et A. Cimon, coordonnateurs. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier.
- Payette, S., L. Filion & A. Delwaide. 1990. Disturbance regime of a cold temperate forest as deduced from tree-ring patterns : the Tantaré Ecological Reserve, Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 20(8):1228-1241

- Ressources naturelles Canada, 2009a. Insectes et maladies des forêts du Canada. En ligne~ : <http://imfc.cfl.scf.rncan.gc.ca/accueil-home-fra.html> . Consulté le 2010-01-12
- Ressources naturelles Canada, 2009b. Qu'est-ce que la biodiversité ? [En ligne] [<http://foretscanada.rncan.gc.ca/article/questcequelabiodiversite>] (Consulté le 9 novembre 2009)
- Rich, T. D., C. J. Beadmore, H. Berlanga, P. J. Blancher, M. S. W. Bradstreet, G. S. Butcher, D., W. Demarest, E. H. Dunn, W. C. Hunter, E. E. Iñigo-Elias, J. A. Kennedy, A. M. Martell, A. O., Panjabi, D. N. Pashley, K. V. Rosenberg, C. M. Rustay, J. S. Wendt, T. C. Will. 2008. Partenaires d'envol: Plan nord-américain de conservation des oiseaux terrestres. Cornell Lab of Ornithology. Ithaca, NY. [En ligne] [www.partnersinflight.org/cont_plan/PIF_112006_french-finale_web.pdf] (consulté le 26 mars 2009).
- Richard, P. J. H., 1994. Wisconsinan Late-glacial environmental change in Québec: a regional synthesis. *Journal of Quaternary Science*, 9(2): 165-170
- Richard, P.J.H., 2003. Histoire postglaciaire de la végétation et du milieu en Outaouais: le point et les pistes de recherche, pp.47-80, Chapitre 2, in: « L'Ile aux Allumettes et l'Archéologie supérieure dans l'Outaouais », sous la direction de N. Clermont, C. Chapdelaine et J. Cinq-Mars, Collection Paléo-Québec no 30, Recherches amérindiennes au Québec, 363 p.
- Richard, P.J.H., 2007. Le paysage tardiglaciaire du «Grand Méganticois » : état des connaissances. Chapitre 2 : pp.21-45, in: Chapdelaine, C. édit. « Entre lacs et montagnes au Méganticois, 12 000 ans d'histoire amérindienne », Collection Paléo-Québec no 32, Recherches amérindiennes au Québec, 382 p.
- Richard, P.J.H. et P. Grondin, 2009. Histoire postglaciaire de la végétation, pp. 170-176, in Chapitre 4, Saucier *et al.*, « Écologie forestière », pp. 165-315 , in Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, *Manuel de foresterie*, 2^e édition, Ouvrage collectif, Éditions MultiMondes, Québec, 1510 p.
- Roberge, J., 1996. Impacts de l'exploitation forestière sur le milieu hydrique – Revue et analyse de documentation. Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. 72 pages.
- Robitaille, A. et J.P. Saucier, 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. Les Publications du Québec, 217 p. (avec carte)
- Runkle, J.R. 1982. Patterns of disturbance in some old-growth mesic forests of eastern North America. *Ecology*, 63(5):1533-1546
- Runkle, J.R., 1985. Disturbance regimes in temperate forests. Dans: Pickett, S.T.A. et P.S. White Éd. *The ecology of natural disturbance and Patch dynamics*. Academic Press, New-York, pp 17-33.
- Saucier, J.P., P. Grondin, A. Robitaille, J. Gosselin, C. Morneau, P.J.H. Richard, J. Brisson, L. Sirois, A. Leduc, H. Morin, É. Thiffault, S. Gauthier, C. Lavoie et S. Payette, 2009. « Écologie forestière », dans Ordre des ingénieurs forestiers du Québec, *Manuel de foresterie*, 2^e éd. Ouvrage collectif, Éditions MultiMondes, Québec, p. 165-315.
- Saunders, D.A., R.J. Hobbs et C.R. Margules, 1988. Biological consequences of ecosystem fragmentation : a review. *Conservation Biology*, 2:330-332
- Schroetter, J-M., P. Pagé, J.H. Bédard, A. Tremblay et V. Bécu, 2003. Forearc extension and sea-floor spreading in the Thetford Mines Ophiolite Complex. Dans: Dilek, Y. et P.T. Robinson (éditeurs). *Ophiolites in earth history*. Geological Society of London. Special publications, 218: 231-251
- Service canadien des forêts, 2007. Modélisation du climat à l'échelle régionale, nationale et internationale. Cartes de quadrillages des moyennes climatiques à long terme pour le Canada et les États-Unis. Ressources naturelles Canada. [En ligne]: [<http://scf.rncan.gc.ca/soussite/cfgl-climat/quadrillages>] (Consulté le 7 janvier 2010)
- Société des établissements de plein air du Québec (SÉPAQ), 2001. Synthèse des connaissances, parc national du Mont-Orford, 2001, 228 pages.
- Sugita, S., 2007a. Theory of quantitative reconstruction of vegetation I: pollen from large sites REVEALS regional vegetation composition. *The Holocene*, 17:229-241.
- Sugita, S., 2007b. Theory of quantitative reconstruction of vegetation II: all you need is LOVE. *The Holocene*, 17:243-257.
- The Environmental Law Institute, 2003. *Conservation Thresholds for land use planners*. Washington D.C., 55 p.

- Vaillancourt, M.-A., 2008. Effets des régimes de perturbation par le chablis sur la biodiversité et les implications pour la récupération. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction du développement socio-économique, des partenariats et de l'éducation et Service de la mise en valeur de la ressource et des territoires fauniques. 58 p.
- Varady-Szabo, H., M. Côté, Y. Boucher, G. Brunet et J.-P. Jetté, 2008. Guide pour la description des principaux enjeux écologiques dans les plans régionaux de développement intégré des ressources et du territoire – Document d'aide à la mise en œuvre de l'aménagement écosystémique, Gaspé, Consortium en foresterie de la Gaspésie-Les-Îles et ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 61 p.
- Whitney, G.G. 1994. From coastal wilderness to fruited plain. Cambridge University Press, New-York

ANNEXES

Annexe 1. Tableau chronologique (1800-1930) de la colonisation et de l'utilisation de la forêt des cantons de l'étude de Booth (1971)

ASPECTS OF THE HISTORICAL GEOGRAPHY OF FOREST UTILIZATION
IN THE SOUTHERN TOWNSHIPS OF QUEBEC, 1800 TO 1930 (BOOTH, 1971)



Adapted for the Southern Townships from R.I. Wolfe, *Spatial Interaction in the Economic History of Canada, 1800 to 1967*, in *Canada: A Geographical Interpretation*, ed. by J. Markentin (Toronto: Methuen Publications, 1968)

Annexe 2. Tableaux de production de bois équarri pour différentes essences forestières des cantons de l'étude de Booth (1971).

SQUARE TIMBER PRODUCTION IN THE SOUTHERN TOWNSHIPS (1871)								
County	Pine*	Oak	Tamarac	Birch & Maple	Elm	Walnut	Hickory	All Other Timber
cubic feet								
Brome	nil	nil	nil	1,512	nil	nil	nil	210,331
Richmond	202	nil	1,800	15,498	nil	nil	nil	386,354
Shefford	18,571	nil	40,952	2,875	nil	nil	nil	220,651
Sherbrooke	2,000	nil	2,900	5,000	nil	nil	nil	nil
Stanstead	8,500	16,000	174,792	7,152	7,140	nil	nil	60,267
Total	29,273	16,000	220,444	32,037	7,140	nil	nil	877,603

*The category of "Pine" includes both white and red pine.
Source: Census of Canada, 1871.

SQUARE TIMBER PRODUCTION IN THE SOUTHERN TOWNSHIPS (1881)								
County	Pine*	Oak	Tamarac	Birch & Maple	Elm	Walnut	Hickory	All Other Timber
cubic feet								
Brome	nil	nil	nil	30,895	250	nil	nil	150,238
Richmond*	904	nil	15,565	19,578	24,000	1,313	nil	1,088,205
Shefford	2,290	800	20,156	7,556	10	500	nil	1,097,660
Sherbrooke	nil	nil	nil	26	nil	20	nil	7,073
Stanstead	15	nil	24,553	93,042	nil	nil	nil	134,766
Total	3,209	800	60,274	151,097	24,260	1,833	nil	2,477,942

*The category of "Pine" includes both white and red pine.
*Values for Richmond County include values for Wolfe County.
Source: Census of Canada, 1881.

SQUARE TIMBER PRODUCTION IN THE SOUTHERN TOWNSHIPS (1891)								
County	Pine*	Oak	Tamarac	Birch & Maple	Elm	Walnut	Hickory	All Other Timber
cubic feet								
Brome	485	nil	nil	50,047	1,844	500	nil	35,727
Richmond*	1,754	nil	149,826	142,692	4,925	5,240	nil	190,155
Shefford	28,270	nil	9,759	123,950	2,660	2,000	nil	279,375
Sherbrooke	nil	nil	320	25	nil	nil	nil	23,275
Stanstead	nil	nil	32,005	17,299	6	nil	nil	70,257
Total	30,509	nil	191,910	334,013	9,435	7,740	nil	598,789

*The category of "Pine" includes both white and red pine.
*Values for Richmond County include values for Wolfe County.
Source: Census of Canada, 1891.

SQUARE TIMBER PRODUCTION IN THE SOUTHERN TOWNSHIPS (1901)								
County	Pine*	Oak	Tamarac	Birch & Maple	Elm	Walnut	Ash	All Other Timber
cubic feet								
Brome	700	nil	..	49,745	4,236	..	22,285	29,046
Richmond*	4,157	nil	..	61,935	3,135	..	14,197	7,874
Shefford	450	nil	..	12,765	2,490	..	7,687	15,320
Sherbrooke	500	nil	..	5,201	303	..	7,750	785
Stanstead	nil	nil	..	1,160	1,025	..	1,100	8,482
Total	5,607	nil	..	130,806	11,189	..	53,019	61,507

*The category of "Pine" includes both white and red pine.
*Values for Richmond County include values for Wolfe County.
Source: Census of Canada, 1901.

Annexe 3. Reconstitution de la végétation postglaciaire de quatre sites par analyses polliniques.

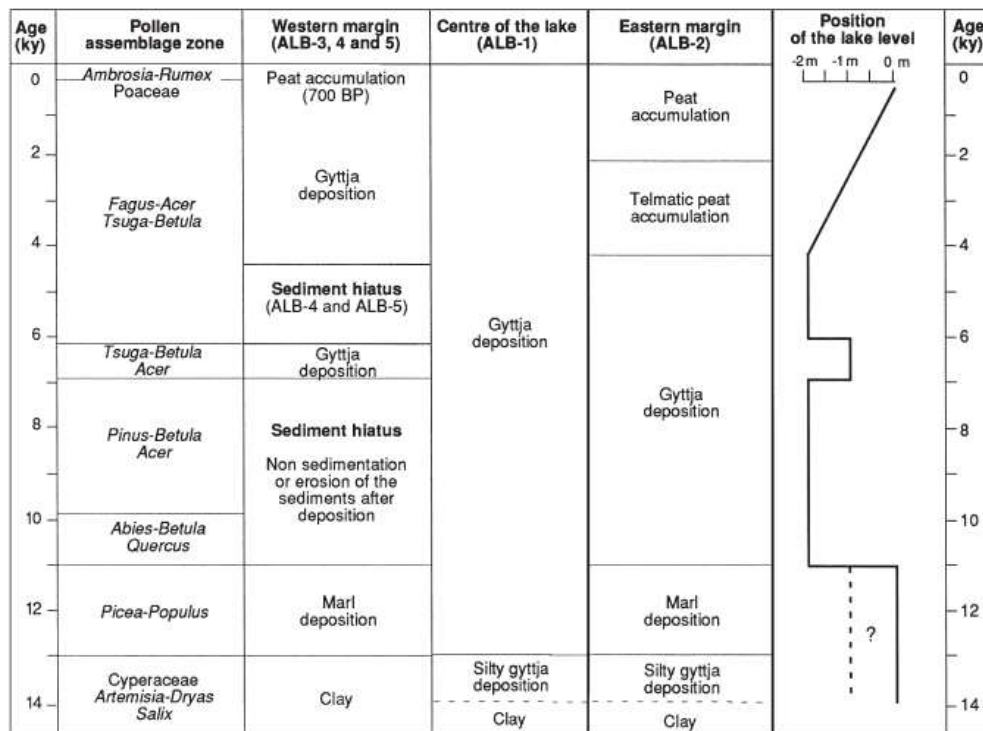
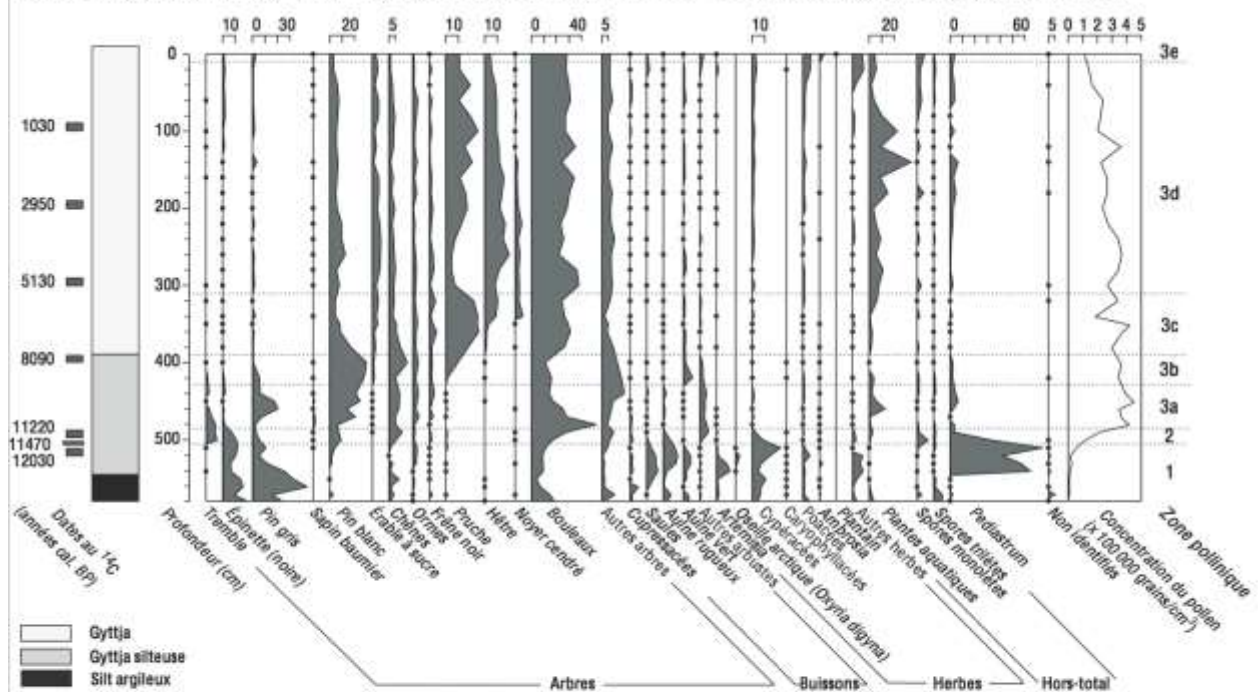


Table 2. Summary of the regional vegetation history around Frontenac Peatland derived from pollen analysis of core FRON-2.

Date (cal. years BP)	Length (years)	Characteristic taxa
<5 500	5500	<i>Acer saccharum</i> , <i>Betula alleghaniensis</i> , <i>Tsuga canadensis</i> , <i>Fagus grandifolia</i> , <i>Tilia americana</i> , <i>Juglans cinerea</i> , <i>Carya ovata</i> , (<i>Ambrosia</i> , <i>Rumex</i> , <i>Poaceae</i> (last 300 years)) Sugar maple – yellow birch – beech forest
6 850 – 5 500	1350	<i>Acer saccharum</i> , <i>Betula alleghaniensis</i> , <i>Tsuga canadensis</i> Sugar maple – yellow birch forest
10 550 – 6 850	3700	<i>Acer saccharum</i> , <i>Pinus strobus</i> , <i>Betula papyrifera</i> , <i>Quercus</i> No-analog sugar maple forest
12 100 – 10 550	1550	<i>Abies balsamea</i> , <i>Betula papyrifera</i> , <i>Quercus</i> , <i>Populus</i> Balsam fir – white birch forest
>12 100	750	<i>Picea mariana</i> , <i>Pinus banksiana</i> , <i>Betula</i> Black spruce parkland

Lavoie et Richard, 2000a

Lac Yamaska (-72.87; 45.45) - Yam - Analyses: C. Labelle & P. Paré, 1977 Diagramme des pourcentages polliniques



Laboratoire Jacques-Rousseau de Paléophytogéographie et Palynologie; Base de données polliniques et macrofossiles du Québec
Département de géographie, Université de Montréal; directeur: Pierre J.H. Richard.

Tiré de Muller, S.D., Richard, P.J.H., Guiot, J., de Beaulieu, J.-L. et Fortin, D., 2003. Postglacial climate in the St. Lawrence Lowlands, southern Québec: pollen and lake-level evidence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 193: 51-72.

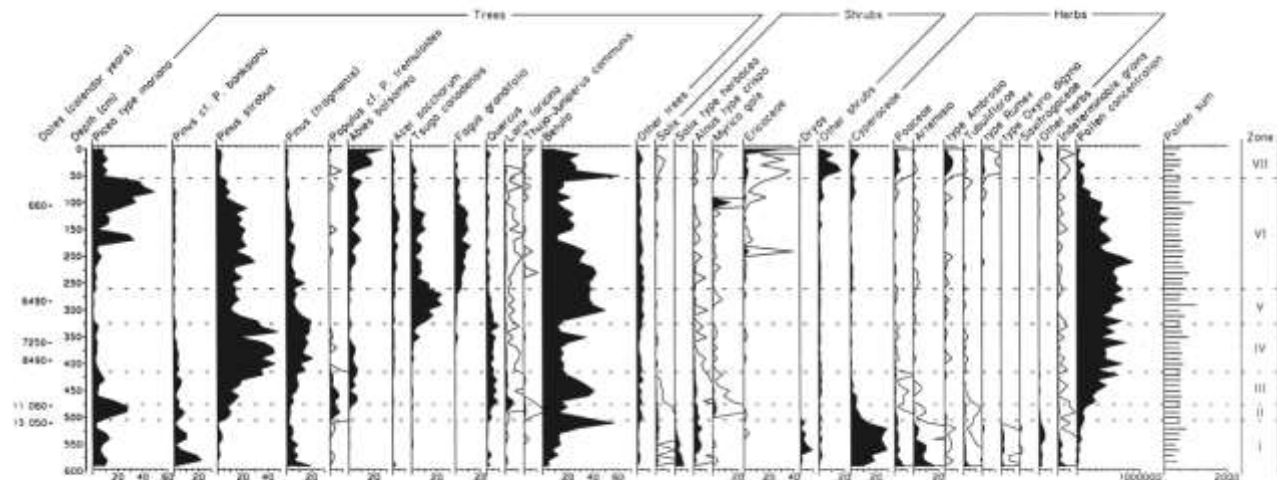


Figure 5 Percentage pollen diagram of core ALB-2. Pollen concentration is in grains/cm³.

Analyste: Tamylia Elkadi (été automne 2008) SRAPIM
Zonation: PjhR, avril 2009



Annexe 4. Distribution des groupes de Cogbill *et al.* (2002) dans le nord-est des États-Unis

Paramètres	Groupes ²			
	1	2	3	4
Altitude à partir de EC ¹ (m)	-98	-265	-442	-543
T° annuelle moy. (°C)	4.3	5.9	6.8	7.3
Saison de croissance (j)	136	148	155	159
T° janvier (°C)	-10.3	-8.2	-7.2	-6.6
Degrés-jours de croissance > 10 (°C-jours)	1513	1821	2048	2156
Latitude (°N)	44.9	44.0	43.7	43.3
T° juillet (°C)	18.8	19.9	20.7	21.1
Altitude max. (m)	890	844	586	441
Altitude moy. (m)	542	460	317	255
Altitude min. (m)	360	236	167	129
Amplitude topographique (m)	112	133	90	70
Précipitations (mm)	1016	1031	1015	1035
Longitude (°W)	71.2	72.4	72.8	72.7

¹ EC : écotone des conifères

Adapté de Cogbill *et al.* (2002)

² Groupes de Cogbill *et al.* (2002):

1 : Épinette rouge, Bouleau, Sapin baumier, Hêtre, Érable à sucre

2 : Hêtre à grandes feuilles, Épinette rouge, Érable à sucre, Pruche du Canada, Bouleau

3 : Hêtre à grandes feuilles, Érable à sucre, Pruche du Canada, Bouleau, (Épinette rouge), (Chêne), (Pin)

4 : Hêtre à grandes feuilles, Pruche du Canada, Érable à sucre, Pin, Chêne, Bouleau

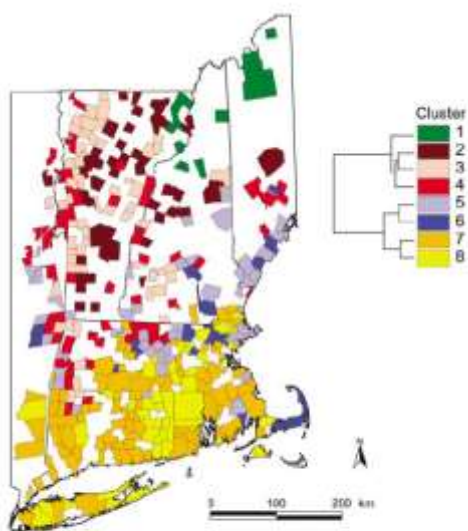


Table 3 Average town-wide presettlement generic composition (relative frequency*) of classification clusters in New England

		Cluster							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Towns		14	49	55	62	48	25	91	45
Trees		1441	11,230	17,004	17,603	21,149	11,753	50,022	23,730
Taxa		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Cedar (northern)		2.6	0.6	0.3	0.4	0.1			
Fir		15.6	3.2	0.6	0.3	0.1	0.0		
Tamarack		0.5	0.1	0.0	0.1	0.1		0.0	
Spruces		39.4	22.1	3.6	3.8	1.7	1.1	0.5	0.1
Birches		21.9	10.6	6.4	6.6	5.9	1.6	2.2	1.2
Beech		8.7	33.9	45.5	26.5	7.9	2.4	0.8	0.3
Hemlock		2.6	11.8	12.0	21.5	10.4	1.9	0.9	0.4
Basswood		0.1	0.7	2.4	1.7	0.6	0.3	0.3	0.1
Ironwoods		0.0	0.7	1.9	2.0	0.6	0.4	0.3	0.2
Maples		7.0	12.6	16.0	14.1	8.6	4.9	4.1	2.4
Ashes		0.7	1.4	2.8	4.0	3.5	1.8	2.4	1.5
Poplars		0.1	0.2	0.4	0.8	1.7	1.1	1.1	0.9
Pines		0.4	0.9	2.2	7.5	19.1	37.9	8.1	6.2
Elms			0.6	1.7	1.3	1.1	0.7	0.8	0.6
Butternut			0.2	0.4	0.2	0.4	0.1	0.2	0.0
Cherries			0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1
Buttonwood			0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1
Oaks			0.3	2.7	6.8	30.5	41.5	58.9	73.5
Chestnut				0.4	1.5	5.3	1.3	7.9	3.9
Hickories				0.3	0.5	1.8	2.1	9.8	7.1
Cedar (Atlantic)				0.0		0.1	0.3	0.4	0.3
Pepperidge						0.0		0.1	0.2

*A 0.0 indicates trace (<0.05%), while no entry indicates not recorded.

Annexe 5. Regroupements des classes d'âge en stade de développement

Regroupement des classes d'âge	
<i>Classe</i>	<i>Regroupement</i>
10	J
1050	J
1070	J
120	M
12030	M
12050	M
30	J
3030	J
3050	J
3070	J
3090	J
50	I
5010	I
50120	I
5030	I
5050	I
5070	I
5090	I
70	I
7010	I
7030	I
7050	I
7070	I
7090	I
90	M
9010	M
9030	M
9050	M
9070	M
JIN	I
VIN	M

