



**SERVICE DE L'INNOVATION ET DE L'EXPÉRIMENTATION
COOPÉRATIVE FORESTIÈRE DES HAUTES-LAURENTIDES**

**EFFETS DES PERTURBATIONS SUR LE TERRITOIRE
DE LA CONCESSION MACLAREN**

VERSION FINALE

Présenté au

Projet Le Bourdon

Préparé par

Émilie Allard, ing.f.
Pascal Gauthier, ing.f.

Décembre 2009

REMERCIEMENTS

Les renseignements contenus dans ce présent document ont été obtenus en partie grâce au financement fourni par Ressources naturelles Canada dans le cadre du *Programme des collectivités forestières* du Service canadien des forêts.



RÉSUMÉ

L'utilisation de cartes historiques réalisées par la compagnie Maclaren a permis de mieux comprendre les changements provoqués par chacune des perturbations sur leur concession, soit le bassin versant de la rivière du Lièvre. Ces cartes portaient autant sur la composition forestière que sur les différentes perturbations ayant affectées le territoire, c'est-à-dire le feu, la tordeuse des bourgeons de l'épinette et les coupes forestières, partielles et totales. Pour faire la comparaison, nous avons utilisé les informations présentes dans les inventaires décennaux et la base de données SIFORT du Ministère des Ressources naturelles et de la Faune. Nous avons ainsi analysé les changements entre les époques en terme de composition végétale des forêts, de quantité et de composition des forêts mûres et surannées, de l'arrangement spatial et finalement d'espèces fauniques.

Les résultats indiquent un important problème d'enfeuillage présent sur l'ensemble du territoire, provenant à la fois d'une augmentation des feuillus que d'une diminution des résineux. Or, cet enfeuillage n'est pas seulement attribuable aux coupes forestières puisque la situation est également observée dans les forêts n'ayant jamais eu de perturbations humaines. Cependant, dans certains cas, les interventions humaines ont amplifié le phénomène d'enfeuillage par rapport aux perturbations naturelles, d'où la nécessité d'établir un enjeu. Ainsi, en s'inspirant des changements apportés par les différentes perturbations naturelles, nous avons établi des enjeux pour l'augmentation des FT, MFIF, MFTF et la diminution des MFTR et R dans l'érablière à bouleau jaune et pour l'augmentation des FT et la diminution des MFIR dans la sapinière à bouleau jaune. Les changements observés n'étaient pas suffisamment important dans la sapinière à bouleau blanc pour en faire un enjeu.

La situation n'est pas problématique en ce qui concerne la quantité globale de vieilles forêts. Entre la période Maclaren et le 4^e décennal, on observe une augmentation de cette quantité. Cependant, pour l'ensemble des régions, on observe un changement important en terme de la composition des vieilles forêts. Ainsi, il y a une diminution de la quantité de forêts mûres et surannées résineuses ou à dominance résineuse. À l'exception de la sapinière à bouleau jaune, un enjeu a été établi, basé sur un seuil historique de forêt surannée des années 1930, pour la quantité de forêts mûres et surannées résineuses. Un enjeu est également suggéré pour les MFTR dans l'érablière à bouleau jaune et la sapinière à bouleau jaune.

Au niveau de l'organisation spatiale des forêts, certains changements ont été constatés entre les deux périodes. Il y aurait une augmentation de la complexité et de la fragmentation selon un gradient latitudinal. Il en est de même pour la comparaison des effets de deux types de perturbations d'origine, les coupes totales et les feux. De façon générale, les coupes totales créent plus de peuplements et ils sont de plus petite taille. Il est cependant difficile de dire si cette fragmentation est nuisible pour la biodiversité présente sur le territoire.

Enfin, certaines des espèces fauniques sélectionnées ont vu la qualité de leur habitat varier considérablement à la hausse ou à la baisse, selon le type d'habitat auquel elles sont associées. Ces variations sont fortement reliées aux variations de composition observées précédemment.



Table des matières

REMERCIEMENTS	I
RÉSUMÉ	II
Table des matières	III
Liste des tableaux	IV
Liste des figures	VI
1 Introduction	7
2 Matériel et méthodes	7
2.1 Source des données	7
2.2 Analyses statistiques	10
2.3 Enjeux étudiés	11
2.3.1 Composition végétale	11
2.3.2 Forêts mûres et surannées	12
2.3.3 Organisation spatiale des forêts	12
2.3.4 Espèces fauniques	12
2.4 Définition des balises	13
3 Portrait général	13
4 Composition végétale des forêts	20
4.1 Évolution de la composition	20
4.1.1 Érablière à bouleau jaune	25
4.1.2 Sapinière à bouleau jaune	26
4.1.3 Sapinière à bouleau blanc	27
4.2 Vecteurs d'enfeuillement et d'enrésinement	30
4.2.1 Érablière à bouleau jaune	31
4.2.2 Sapinière à bouleau jaune	31
4.2.3 Sapinière à bouleau blanc	31
4.3 Sommaire	35
4.4 Suggestions d'enjeu et de balises	36
4.4.1 Érablière à bouleau jaune	36
4.4.2 Sapinière à bouleau jaune	40
4.4.3 Sapinière à bouleau blanc	41
5 Proportion de forêts mûres et surannées	42
5.1 Sommaire	46
5.2 Suggestions d'enjeu et de balises	47
6 Organisation spatiale des forêts	49
6.1.1 Érablière à bouleau jaune	53
6.1.2 Sapinière à bouleau jaune	54
6.1.3 Sapinière à bouleau blanc	54
6.2 Sommaire	58
7 Espèces fauniques	58
7.1 Gestion par bassin versant	62
7.2 Sommaire	63
8 Conclusion	64
Bibliographie	65
Annexes	66



Liste des tableaux

Tableau 1 - Code de correspondance des appellations des peuplements forestiers (Puigdevall et Gauthier 2009)	10
Tableau 2 - Description des groupes exclusifs de perturbations	10
Tableau 3 - Identification des espèces utilisées pour le calcul des IQH	13
Tableau 4 - Superficie brûlée sur le territoire de la concession Maclaren en fonction des régions écologiques	14
Tableau 5 - Superficie brûlée par année pour la concession Maclaren	14
Tableau 6 - Composition végétale de la forêt selon les régions écologiques	24
Tableau 7 - Comparaison entre deux scénarios de perturbations	24
Tableau 8 - Changements observés entre les deux époques pour l'érablière à bouleau jaune	26
Tableau 9 - Identification de l'intervalle de variabilité naturelle pour l'érablière à bouleau jaune	26
Tableau 10 - Changements observés entre les deux époques pour la sapinière à bouleau jaune	27
Tableau 11 - Identification de l'intervalle de variabilité naturelle pour la sapinière à bouleau jaune	27
Tableau 12 - Changements observés entre les deux époques pour la sapinière à bouleau blanc	28
Tableau 13 - Identification de l'intervalle de variabilité naturelle pour la sapinière à bouleau blanc	28
Tableau 14 - Vecteur d'enfeuillage pour chaque type de perturbations	32
Tableau 15 - Proposition de balises de composition pour l'érablière à bouleau jaune	38
Tableau 16 - Proportion de résineux pour chacune des compositions pour effectuer le suivi	38
Tableau 17 - Différences entre les groupes de perturbations au niveau de la quantité de résineux	39
Tableau 18 - Superficie à modifier pour augmenter la composante résineuse dans l'érablière à bouleau jaune	39
Tableau 19 - Proposition de cibles de composition pour la sapinière à bouleau jaune	40
Tableau 20 - Différences entre les groupes de perturbations au niveau de la quantité de résineux	40
Tableau 21 - Différence entre les perturbations au niveau de la quantité de résineux	41
Tableau 22 - Structure d'âge de la forêt à trois époques différentes	42
Tableau 23 - Représentativité des forêts mûres et surannées selon deux scénarios de perturbations pour l'ensemble du territoire	43
Tableau 24 - Représentativité des forêts mûres et surannées en fonction des régions écologiques basé sur l'ensemble des tesselles	43
Tableau 25 - Représentativité des forêts mûres et surannées en fonction des régions écologiques pour la forêt naturelle	44
Tableau 26 - Composition des forêts mûres et surannées selon 2 situations pour l'ensemble des tesselles	44
Tableau 27 - Composition des forêts mûres et surannées selon les régions écologiques pour l'ensemble des tesselles	45
Tableau 28 - Composition des forêts mûres et surannées selon les régions écologiques pour la forêt naturelle	45
Tableau 29 - Comparaison entre le seuil historique et le 4e décennal	46



Tableau 30 - Comparaison entre la perte des résineux et la diminution des forêts mûres et surannées résineuses	47
Tableau 31 - Suggestions de balises de forêts mûres et surannées résineuses basées sur le seuil historique	48
Tableau 32 - Suggestions de balises de forêts mûres et surannées MFTR basées sur le seuil historique	49
Tableau 33 - Résultats de l'analyse de fragmentation pour les classes d'âge	50
Tableau 34 - Analyse de la fragmentation pour l'érablière à bouleau jaune	53
Tableau 35 - Analyse de la fragmentation pour la sapinière à bouleau jaune	54
Tableau 36 - Analyse de la fragmentation pour la sapinière à bouleau blanc	55



Liste des figures

Figure 1 -	Carte du territoire à l'étude (Puigdevall et Gauthier 2009).....	9
Figure 2 -	Distribution des types de perturbations sur le territoire de la concession Maclaren.....	18
Figure 3 -	Distribution des combinaisons de perturbations humaines et naturelles	19
Figure 4 -	Distribution des types de perturbations naturelles.....	19
Figure 5 -	Évolution des différents types de peuplement en fonction de la période étudiée pour l'ensemble du territoire.....	21
Figure 6 -	Évolution des différents types de peuplement en fonction de la période étudiée pour l'érablière à bouleau jaune	21
Figure 7 -	Évolution des différents types de peuplement en fonction de la période étudiée pour la sapinière à bouleau jaune	22
Figure 8 -	Évolution des différents types de peuplement en fonction de la période étudiée pour la sapinière à bouleau blanc.....	22
Figure 9 -	Évolution des feuillus et des résineux sur l'ensemble du territoire.....	23
Figure 10 -	Évolution des feuillus et des résineux en l'absence de perturbations anthropiques.....	23
Figure 11 -	Pourcentage de changement en fonction des principaux types de perturbations pour l'ensemble du territoire.....	29
Figure 12 -	Pourcentage de changement en fonction des principaux types de perturbations pour l'érablière à bouleau jaune	29
Figure 13 -	Pourcentage de changement en fonction des principaux types de perturbations pour la sapinière à bouleau jaune	30
Figure 14 -	Pourcentage de changement en fonction des principaux types de perturbations pour la sapinière à bouleau blanc.....	30
Figure 15 -	Vecteur d'enfeuillage selon différentes périodes d'analyse pour l'ensemble du territoire.....	33
Figure 16 -	Vecteur d'enfeuillage selon différentes périodes d'analyse pour l'érablière à bouleau jaune	33
Figure 17 -	Vecteur d'enfeuillage selon différentes périodes d'analyse pour la sapinière à bouleau jaune.....	34
Figure 18 -	Vecteur d'enfeuillage selon différentes périodes d'analyse pour la sapinière à bouleau blanc.....	34
Figure 19 -	Évolution de l'habitat des espèces représentatives des forêts feuillues	59
Figure 20 -	Évolution de l'habitat des espèces représentatives des forêts résineuses	59
Figure 21 -	Évolution des espèces représentatives des forêts mixtes	60
Figure 22 -	Qualité de l'habitat de l'orignal en fonction de la région écologique	61
Figure 23 -	Qualité de l'habitat de la martre en fonction de la région écologique.....	62
Figure 24 -	Évolution de la qualité de l'habitat de l'orignal par bassin versant.....	63



1 INTRODUCTION

L'avènement du nouveau régime forestier en 2013 entraînera de nombreux changements dans notre façon de voir et de réaliser l'aménagement forestier. En effet, la nouvelle loi sur l'occupation du territoire inclura les principes de l'aménagement écosystémique de la forêt et la gestion intégrée et régionalisée de l'ensemble des activités s'exerçant en forêt publique. L'aménagement écosystémique consiste à appliquer des stratégies d'aménagement et des traitements sylvicoles qui reproduisent les principales caractéristiques des forêts naturelles (Varady-Szabo et al. 2008). Cependant, pour définir et appliquer des traitements s'inspirant des perturbations naturelles, il faut non seulement connaître les principales perturbations affectant le territoire mais aussi comprendre leurs effets sur les différents aspects du milieu forestier. Cet aspect demeure un défi important pour de nombreux intervenants en raison autant de la diversité des perturbations et de leur intensité que de l'horizon de temps sur lequel elles agissent.

Une des options utilisées pour définir les balises écologiques utilisées dans ce type d'aménagement est de réaliser un portrait historique préindustriel de la forêt. Ensuite, il suffit de comparer la situation actuelle aux balises établies précédemment pour analyser la nature des changements et statuer sur la pertinence d'instaurer un enjeu sur une composante particulière. Cependant, l'obtention de données historiques permettant de comparer ces deux situations peut s'avérer un défi de taille. Premièrement, dans certains cas, il faut remonter très loin dans le temps pour retrouver une forêt préindustrielle puisque la colonisation et la coupe forestière y ont commencé très tôt. De plus, la disponibilité et la qualité de la cartographie forestière de l'époque peut s'avérer très variable.

Malgré la présence d'un long passé d'interventions forestières et de perturbations naturelles sur le territoire, le territoire de l'unité d'aménagement forestier 64-51 peut être considéré comme privilégié. En effet, le titulaire de la concession du bassin versant de la rivière du Lièvre, à l'est de l'UAF, la compagnie Maclaren, a transféré une partie de sa cartographie à la Bibliothèque et Archives du Québec à Gatineau. Ces cartes très détaillées des peuplements forestiers ont été réalisées entre 1957 et 1962 et contiennent de l'information concernant autant les peuplements que les coupes réalisées. De par la grandeur du territoire couvert et la variété des perturbations cartographiées, ces cartes constituent une base très importante pour définir les balises de l'aménagement écosystémique. L'objectif de ce rapport est de comparer l'effet des différentes perturbations ayant eu lieu sur le territoire sur l'évolution du milieu forestier pour comprendre leurs effets respectifs. Ainsi, les aménagistes pourront situer les effets des perturbations anthropiques par rapport à ceux des perturbations naturelles.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Source des données

Nous avons utilisé le système SIFORT (Système d'information forestière par tesselle) du Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) comme base de comparaison entre les époques (Pelletier et al. 2007). Ce système est composé de points répartis uniformément sur le territoire, chaque point pouvant être relié au peuplement sous-jacent. Les données de chacun des inventaires décennaux peuvent ainsi être reliées aux tesselles. Nous avons majoritairement utilisé l'information provenant de l'inventaire du 4^e décennal puisqu'elle représente la situation actuelle et donc, le résultat de près de 50 ans de perturbations. Pour certaines analyses, nous avons aussi utilisé les informations des trois autres inventaires décennaux pour comprendre la constance de l'évolution.



Les tesselles ont ensuite été superposées aux cartes réalisées par la compagnie Maclaren afin d'y ajouter les informations reliées aux peuplements et aux coupes de l'époque, ces dernières remontant à 1940. L'origine de ces cartes est décrite dans le document de Puigdevall et Gauthier (2009). À ces données, nous avons ajouté des cartes de feux et de tordeuse des bourgeons de l'épinette. La carte des feux consiste en la carte produite par le MRNF et bonifiée par la cartographie de Maclaren. Elle couvre une période de 1900 à 1986. Toutefois, les feux postérieurs à la période Maclaren, c'est-à-dire après 1963, ont été enlevés pour les analyses des groupes exclusifs de perturbations. La carte de TBE provient également des informations disponibles dans la cartographie Maclaren de 1971. En fait, ces deux éléments consistaient en une cartographie distincte de celle des peuplements et de celle de la récolte forestière. Les informations utilisées pour les analyses concernant les épidémies viennent aussi des inventaires décennaux. Nous avons également inclus les tesselles comportant les codes de perturbation moyenne ES et EL (épidémie sévère et moyenne). Les appellations des peuplements forestiers ont été regroupées selon la même méthode que Puigdevall et Gauthier (2009), présentée dans le tableau suivant.



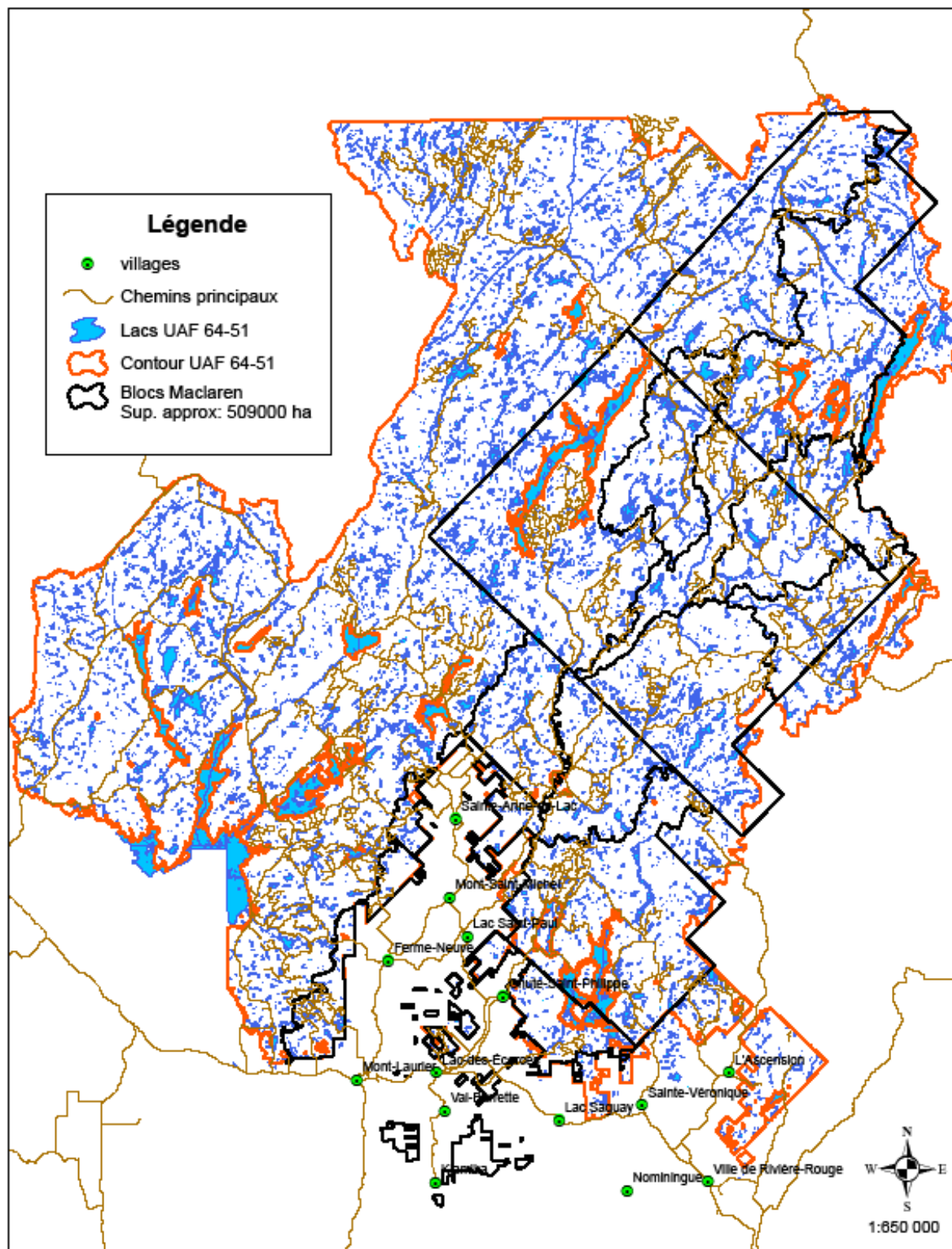


Figure 1 - Carte du territoire à l'étude (Puigdevall et Gauthier 2009)



Tableau 1 - Code de correspondance des appellations des peuplements forestiers (Puigdevall et Gauthier 2009)

Code	Nom	Description
FI	Feuillu intolérant	Plus de 75% des arbres sont des essences feuillues et plus de la moitié des essences feuillues sont intolérantes
FT	Feuillu tolérant	Plus de 75% des arbres sont des essences feuillues et plus de la moitié des essences feuillues sont tolérantes
MFIF	Mélangé à dominance feuillue avec essences intolérantes	Plus de 50% et moins de 75% des arbres sont des essences feuillues et plus de la moitié des essences feuillues sont intolérantes
MFIR	Mélangé à dominance résineuse avec essences intolérantes	Plus de 50% et moins de 75% des arbres sont des essences résineuses et plus de la moitié des essences feuillues sont intolérantes
MFTF	Mélangé à dominance de feuillus avec essences tolérantes	Plus de 50% et moins de 75% des arbres sont des essences feuillues et plus de la moitié des essences feuillues sont tolérantes
MFTR	Mélangé à dominance de résineux avec essences tolérantes	Plus de 50% et moins de 75% des arbres sont des essences résineuses et plus de la moitié des essences feuillues sont tolérantes
R	Résineux	Plus de 75% des arbres sont des essences résineuses

2.2 Analyses statistiques

Pour bien comprendre l'effet des différentes perturbations, nous avons divisé les 28047 tesselles disponibles selon le type de perturbation (Tableau 2). Ainsi, nous avons pu départager l'influence de chacune des perturbations pour comprendre la situation actuelle. Pour chaque groupe, il est possible de comparer la situation à l'époque Maclaren à celle d'aujourd'hui. Les coupes répertoriées sur la cartographie réalisée par la compagnie Maclaren étaient classifiées comme Softwood (SW) et Hardwood (HW). Nous avons émis l'hypothèse que les SW pourraient être considérées comme des coupes totales puisque le pourcentage de prélèvement devait être relativement élevé. Pour leur part, les HW ont été considérées comme des coupes partielles avec un prélèvement moins élevé.

Tableau 2 - Description des groupes exclusifs de perturbations

	Description
Aucune	Aucune perturbation répertoriée n'a touché ces tesselles, que ce soit une perturbation naturelle ou anthropique
Feux	Un feu a été répertorié sur ces tesselles avant l'époque Maclaren, c'est-à-dire avant 1963.
TBE	La TBE a été répertoriée au moins une fois sur ces tesselles, que ce soit dans les inventaires décennaux ou dans la cartographie Maclaren.
CT	Au moins une coupe totale a été répertoriée sur ces tesselles. Les coupes catégorisées SW de l'époque Maclaren ont été incluses dans cette catégorie.
CP	Au moins une coupe partielle a été répertoriée sur ces tesselles. Les coupes catégorisées HW de l'époque Maclaren ont été incluses



	dans cette catégorie.
Naturelle	Ce groupe est une combinaison des groupes aucune, feux et TBE. Il comprend les tesselles n'ayant jamais eu de perturbation, celles ayant eu un feu ou le passage de la TBE ou une combinaison de ces perturbations. C'est l'évolution de la forêt en l'absence de l'être humaine.
Actuelle	Ce groupe représente l'ensemble des tesselles. Il s'agit donc de la forêt actuelle à chacune des époques.
Coupes et TBE	Ce groupe est une combinaison des groupes CT, CP et TBE. Il comprend les tesselles ayant une perturbation humaine, sous la forme de CP ou de CT, et le passage de la TBE. Nous l'avons créé pour quantifier l'effet combiné des perturbations.

Ces comparaisons ont été analysées avec des analyses similaires à celles réalisées par Puigdevall et Gauthier (2009), c'est-à-dire des intervalles de confiance de Bonferroni et des tables de contingence, pour chacune des perturbations. Un code de couleur est utilisé dans les tableaux suivants pour exprimer d'un côté la direction des différences et de l'autre côté si celles-ci sont significatives. Les différences s'expriment par rapport à l'époque Maclaren. Ainsi, la couleur jaune indique une augmentation significative alors que la couleur verte indique une diminution significative. Si aucune couleur n'est visible, la différence n'était alors pas significative. Cela peut venir d'un changement trop faible entre les époques ou d'un nombre pas assez élevé de tesselles. Nous avons aussi utilisé des tests de khi carré pour comparer l'effet des différentes perturbations. Cette méthode nous permet de savoir si l'augmentation ou la diminution d'une composition en particulier est différente d'une perturbation à l'autre. Cette méthode a été développée et validée avec l'aide d'un statisticien. Cependant, compte tenu de la quantité de groupes utilisés, nous avons seulement comparé les groupes les plus importants dans le cadre de ce projet. Ainsi, nous avons comparé les perturbations d'origine que sont le feu et les coupes totales, les perturbations moyennes que sont la TBE et les coupes partielles, les perturbations anthropiques (CP et CT) à la forêt naturelle ainsi que les coupes combinées à la TBE avec la TBE. Des tests de t ont également été utilisés pour comparer les vecteurs d'enfeuillage et d'énrésinement de chaque perturbation avec les mêmes groupes de perturbations.

2.3 Enjeux étudiés

Les aspects étudiés dans ce document ont été inspirés par le document d'aide à la mise en œuvre de l'aménagement écosystémique décrivant les principaux enjeux écologiques (Varady-Szabo et al. 2008). Ces enjeux ont rapport à des attributs qui jouent des rôles clés dans le fonctionnement des écosystèmes et qui conditionnent l'habitat de plusieurs espèces.

2.3.1 Composition végétale

La composition végétale des forêts fait référence à la diversité et à la proportion relative des différentes essences et ce, à différentes échelles spatiales. Selon le guide de Varady-Szabo et al. (2008), la composition forestière changera naturellement dans le temps et dans l'espace en raison de divers facteurs. Cependant, ces changements ne constituent pas nécessairement une menace à la biodiversité ou aux processus écologiques présents sur le territoire. Toutefois, certains types ou intensité de perturbations peuvent modifier de façon plus importante la composition, d'où l'importance de les étudier. L'analyse de la composition végétale de la forêt s'est faite à l'échelle du paysage puisque l'information disponible à l'époque Maclaren n'était pas assez précise pour décrire les proportions d'essence à l'intérieur des peuplements. Ainsi, les analyses ont été restreintes au groupement d'essences. De plus, les différents types de peuplements ont été regroupés en grande catégorie.



2.3.2 Forêts mûres et surannées

Selon le guide pour la description des principaux enjeux écologiques dans les plans régionaux (Varady-Szabo et al. 2008), l'une des différences majeures entre la forêt pré-industrielle et celle d'aujourd'hui est la proportion de forêts mûres et surannées. L'exploitation forestière en aurait diminué l'abondance dans le paysage. Dans le cadre de ce projet, nous allons étudier autant la quantité des forêts mûres et surannées que la composition de ces forêts et ce, pour chacune des régions écologiques. Nous avons classé les forêts mûres et surannées comme étant les forêts de 70 ans et plus. Ce critère correspond davantage à la définition forestière des forêts mûres et surannées qu'à la définition retenue pour la conservation de la biodiversité associée à ce type de peuplement. En effet, nous ne tenons pas compte de la densité ou de la structure typique de ce type de peuplement puisque ces informations n'étaient pas disponibles dans la cartographie Maclaren. Il y a donc lieu de mettre un bémol sur les analyses réalisées puisque la question a été analysée d'un point de vue forestier et ce, surtout pour les forêts feuillues ou mixtes à dominance feuillue. Dans ces types de forêt, les peuplements conservent leur classe d'âge puisque les perturbations d'origine sont plus rares. Par exemple, un peuplement feuillu de 90 ans ayant eu une coupe partielle demeure âgé de 90 ans et pourrait être considéré comme une forêt mûre et surannée alors qu'il n'en a pas tous les attributs. Cependant, la définition utilisée est adéquate pour les forêts résineuses puisque généralement, un peuplement perturbé voit sa classe d'âge changer et devenir un peuplement jeune.

2.3.3 Organisation spatiale des forêts

L'organisation spatiale des forêts porte autant sur l'irrégularité de l'intensité de certaines perturbations naturelles que sur la configuration spatiale des peuplements. L'échelle à laquelle l'organisation spatiale est étudiée est également importante puisque différentes composantes d'analyse sont associées à chaque échelle. Compte tenu de la limitation au niveau de la disponibilité et du format des données de l'époque Maclaren, nous nous sommes limités à une échelle assez grande, celle de la région écologique. Nous avons réalisé ces analyses avec le logiciel FragStats (McGarigal et al. 2002). Le choix des métriques est décrit plus loin dans ce document.

2.3.4 Espèces fauniques

Le choix des espèces fauniques s'est fait en s'inspirant autant du document de Doyon et Bouffard (2008) que de celui de Doyon et al. (2002) (Tableau 3). Il s'agit d'un mélange d'espèce vedette pour la région et d'espèce représentative de certains milieux. Aussi, nous avons tenu compte des informations recueillies à l'époque Maclaren ainsi que de la disponibilité et la facilité d'utilisation d'indice de qualité d'habitat (IQH). Nous devons nous assurer de la faisabilité d'un calcul similaire à chacune des époques puisque l'objectif était de les comparer. Nous avons utilisé cette technique malgré ces nombreux désavantages puisque c'est une méthode simple et facilement transposable d'une époque à l'autre. Cependant, les IQH sont loin d'être la meilleure méthode pour évaluer la qualité d'un habitat puisque, entre autres, aucune notion de statistique n'est reliée aux intrants du modèle et il ne tient pas compte de la spatialisation des habitats. De plus, dans notre situation, les IQH sont calculés sur la base de points et avec une simplification des catégories d'habitat. Cependant, les IQH demeurent une méthode assez répandue pour analyser l'habitat d'une espèce. Malgré ces inconvénients, ils permettent de faire une comparaison adéquate entre des époques distinctes et ainsi de quantifier les impacts des perturbations anthropiques.

Pour certaines espèces, le calcul de l'IQH incluait la densité et la hauteur des peuplements. Cependant, nous n'avions pas ces valeurs pour l'époque Maclaren. Nous avons donc créé ces valeurs à partir de la classe d'âge selon les proportions obtenues à partir des inventaires du 3^e et



4^e inventaire décennal. Par exemple, en moyenne 60% des peuplements âgés de 10 ans sont de densité B et 49% de ces peuplements sont de hauteur 5. La création de ces données ne devrait pas trop modifier les résultats de l'époque Maclaren puisqu'elle a été faite à partir d'une moyenne de deux époques, chacune ayant un bon nombre de tesselles pour chaque classe d'âge.

Tableau 3 - Identification des espèces utilisées pour le calcul des IQH

	Nom scientifique	Source de l'IQH	Composition	Stade successional
Original	Alces alces	FMBSL	Mixte / résineuse	Plusieurs stades
Gélinotte huppée	Bonasa umbellus	FMBSL	Feuillue / mixte	Régénération /gaulis et perchis
Grand pic	Dryocopus pileatus	FMBSL	Feuillue / mixte	Futaie surannée
Lynx du Canada	Lynx canadensis	BAP Tool Box (Doyon et al 2000)	Mixte / résineuse	Plusieurs stades, mosaïque
Martre d'Amérique	Martes americana	FMBSL	Résineuse / mixte	Mature et surannée
Moucherolle tchébec	Empidonax minimus	BAP Tool Box (Doyon et al 2000)	Feuillue	Mature
Paruline couronnée	Seiurus aurocapillus	IQAFF 2002	Feuillue	Mature et surannée
Sittelle à poitrine rousse	Sitta canadensis	FMBSL	Résineuse	Mature et surannée
Tétras du Canada	Dendragapus canadensis	FMBSL	Résineuse	Futaie surannée

2.4 Définition des balises

Comme l'aménagement écosystémique cherche à reproduire les perturbations naturelles, la définition de balises écologiques pour guider les actions entreprises est essentielle. Ces balises, lorsque entrées dans un logiciel de planification tel que Woodstock, permettront par la suite de définir les cibles à atteindre. En ce qui concerne la composition végétale des forêts, les balises ont été établies avec les changements minimal et maximal attribuables aux perturbations naturelles, ce que nous avons défini comme étant l'intervalle de variabilité naturelle. Ces changements ont ensuite été appliqués à la situation prévalent à l'époque Maclaren pour définir les balises inférieures et supérieures de changement pouvant naturellement être observées, le tout en terme de superficie.

Toutefois, la rigidité des balises devra être vérifiée à l'aide du logiciel. Par exemple, si une balise particulière devient très contraignante et limitative pour un autre aspect du calcul de possibilité, la balise pourra être corrigée. Aussi, lorsque la balise concerne l'augmentation d'une composition feuillue, la limite inférieure pourra être plus souple et s'abaisser puisque l'objectif est de contrer l'enfeuillement. Ainsi, une augmentation inférieure au changement minimal observé avec les perturbations naturelles ne serait pas un problème en soi.

3 PORTRAIT GÉNÉRAL

L'analyse des différents types de perturbations a permis de conclure que la forêt située sur le territoire de la concession Maclaren a été fortement perturbée au cours de la période étudiée, que ce soit par des perturbations naturelles ou anthropiques. En effet, le territoire de la concession Maclaren a été modifié par le passage des feux de forêts sur 22.9% de sa superficie entre 1900 et 1986 (Carte 1). Le tableau suivant présente les superficies brûlées en fonction de la région écologique ainsi que la présence relative de cette région au sein des blocs Maclaren. Ainsi, il est



possible de constater que la majorité des feux ont eu lieu dans la sapinière à bouleau jaune (78.3% de la superficie brûlée). Les feux ont donc touché plus fortement cette région que ce qui était attendu puisqu'elle ne couvre que 63.9% du territoire de la concession. Le cycle de feux, calculé avec une période de 86 années de données, est également plus court dans cette région. Il ne faut toutefois pas oublier que ces données sont limitées au territoire de la concession Maclaren.

Tableau 4 - Superficie brûlée sur le territoire de la concession Maclaren en fonction des régions écologiques

	Concession Maclaren	Distribution des feux	% de la région ayant brûlé	Cycle de feux (ans)
Érablière à bouleau jaune	18,5%	8.2%	10,1%	848
Sapinière à bouleau jaune	63,9%	78.3%	28.0%	307
Sapinière à bouleau blanc	17,6%	13.5%	17,6%	490

Tableau 5 - Superficie brûlée par année pour la concession Maclaren

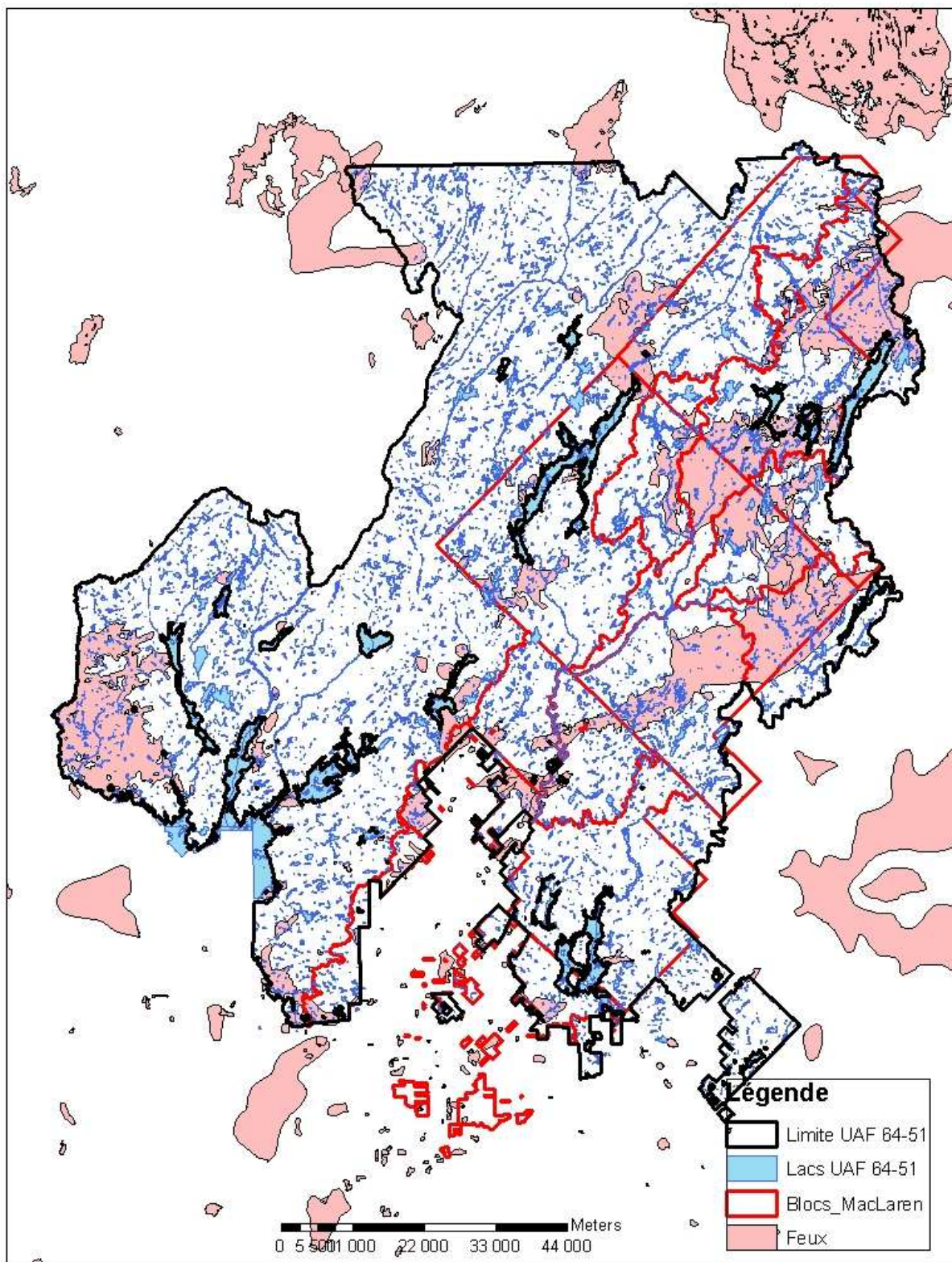
Année	Superficie (ha)	% territoire (concession ML)
Inconnu	801,7	0.2%
1900	4003	0.8%
1903	32 746,1	6.6%
1920	1 325,8	0.3%
1921	8 077,1	1.6%
1923	49 675,4	10.0%
1932	1 631,6	0.3%
1935	1 735,1	0.4%
1937	354,4	0.1%
1938	51,1	0.0%
1940	636,5	0.1%
1941	41,4	0.0%
1943	126,4	0.0%
1946	529,9	0.1%
1948	640,9	0.1%
1949	39,8	0.0%
1950	20,7	0.0%
1953	5891,4	1.2%
1955	159,6	0.0%
1963	2 593,6	0.5%
1975	61,2	0.0%
1977	1 593,6	0.3%
1986	284,8	0.1%

Les principaux feux ont eu lieu en 1903 et 1923, cumulant à eux seuls un total de 16.6% du territoire (voir tableau 5). À l'échelle de l'unité d'aménagement forestier 64-51, ce serait 17.8% du territoire qui aurait brûlé au cours de la même période. Ainsi, selon les données, le territoire de la concession Maclaren aurait été plus touché par les feux. Mais, le pourcentage de 17.8% est considéré comme un minimum puisque la présence de cartes historiques pour le bassin de la



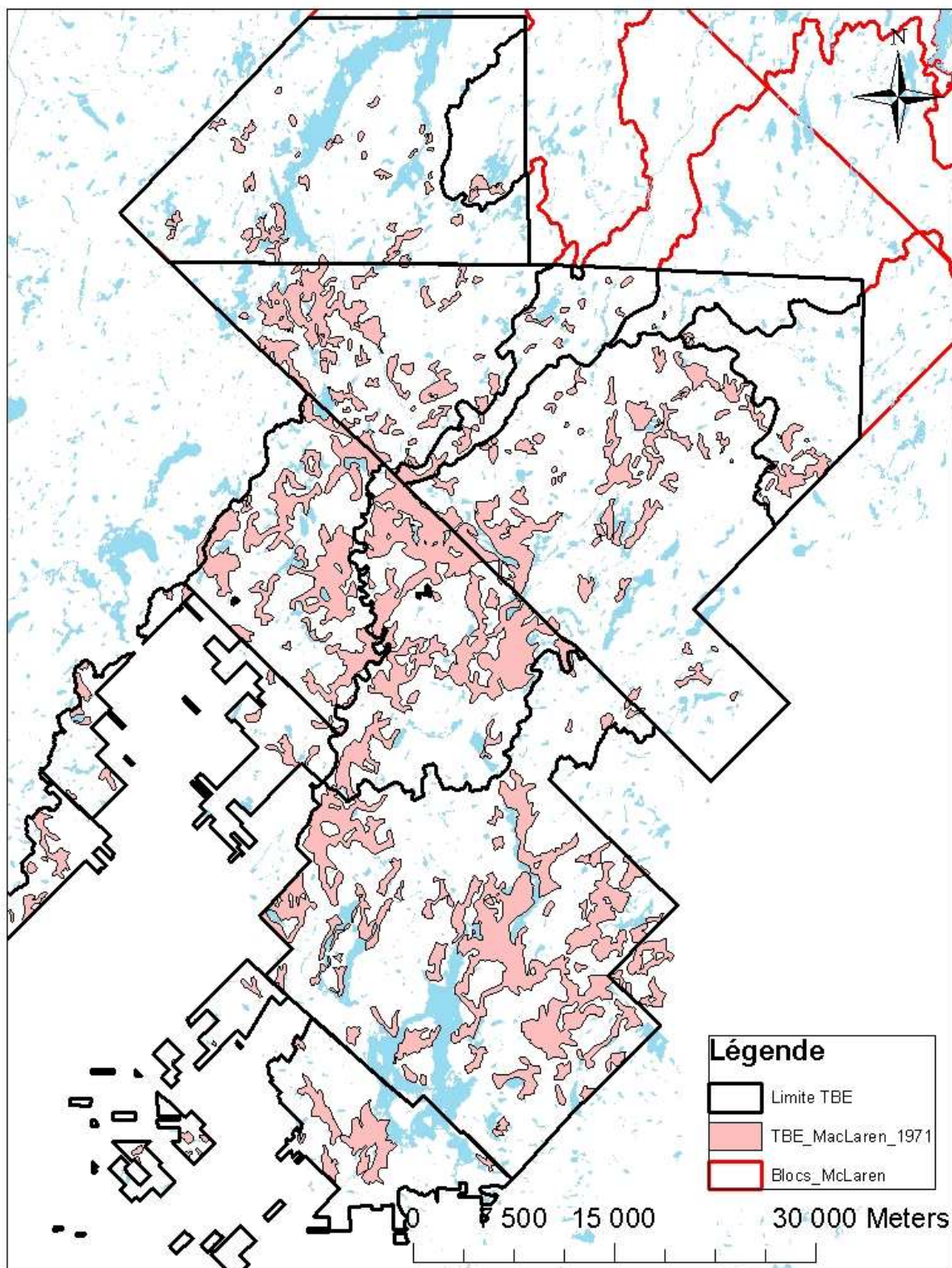
Lièvre a permis d'agrandir certains feux ou d'en ajouter à certains endroits. Or, ces cartes n'étant pas disponibles pour le bassin de la Gatineau, certains feux pourraient être passés inaperçus. On peut donc supposer que le territoire du bassin de la Lièvre est assez similaire, quoiqu'il puisse avoir brûlé un peu plus. Pour les analyses des groupes de perturbations, nous avons seulement considéré les tesselles originant d'un feu avant la période étudiée, soit les feux plus vieux que 1963. Cette sélection n'a cependant pas enlevé une proportion importante des feux puisque les feux récents sont peu nombreux et couvrent une faible superficie. Quant à la présence de défoliation imputée à TBE, elle a été identifiée sur 16.8% du territoire dans la cartographie réalisée par la compagnie Maclaren en 1971 (Carte 2).





Carte 1 - Localisation des feux répertoriés sur le territoire de l'UAF 64-51





Carte 2 - Localisation de la TBE répertoriée sur la cartographique de la compagnie Maclaren



Lorsqu'on subdivise les tesselles en catégories exclusives de perturbations, on voit que l'influence humaine est très présente sur le territoire (Figure 2). Ainsi, plus de 76.7% des tesselles ont été perturbées par l'homme au cours des soixante dernières années, que ce soit sous la forme de coupe partielle ou de coupe totale. Seulement 5.2% des tesselles sont exemptes de perturbations recensées, peu importe le type, alors que 17.8% des tesselles ont seulement eu des perturbations naturelles. Il est par contre possible que les tesselles classifiées comme n'ayant jamais eu de perturbations aient subies une perturbation, anthropique ou naturelle, mais que cette dernière n'ait pas été suffisamment importante pour être visible à la photo-interprétation. Nous avons ainsi travaillé seulement avec les informations qui étaient disponibles via les inventaires décennaux et la cartographie Maclaren.

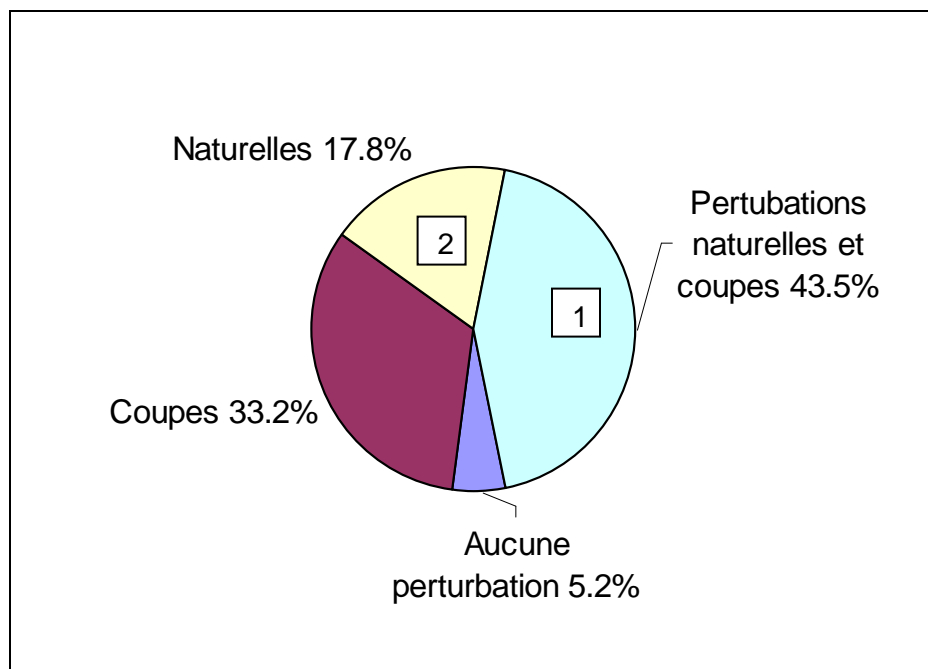


Figure 2 - Distribution des types de perturbations sur le territoire de la concession Maclaren

Le type de perturbations retrouvé le plus fréquemment sur le territoire consiste en une combinaison de perturbations anthropiques et de perturbations naturelles (43.5%). La figure suivante, consistant en une séparation des différentes combinaisons de perturbations naturelles et humaines possibles (section 1 de la figure 1), indique que la tordeuse des bourgeons de l'épinette (TBE) est la perturbation naturelle le plus souvent associé aux coupes forestières. Le feu vient en second, suivi d'une combinaison du feu et de la TBE.

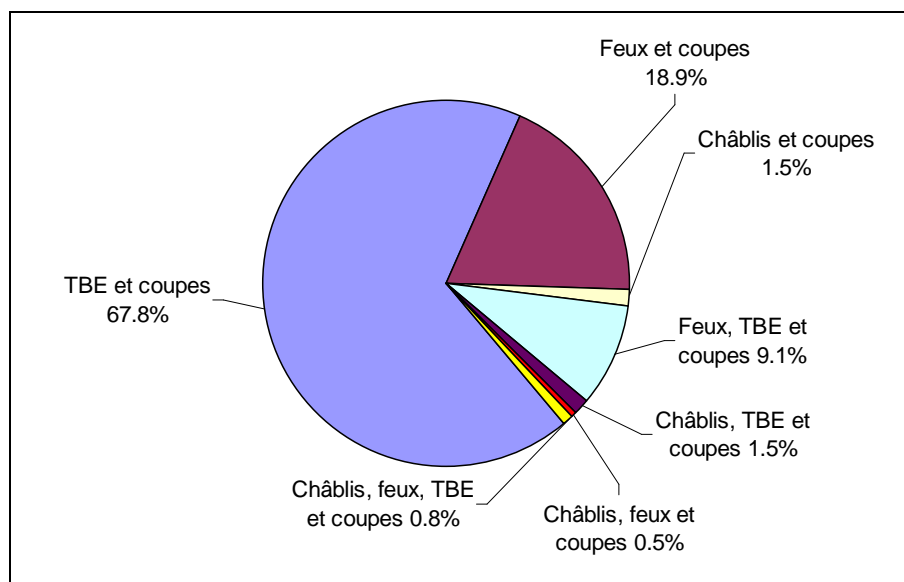


Figure 3 - Distribution des combinaisons de perturbations humaines et naturelles

La figure précédente décompose la section 2 de la figure 1, représentant uniquement les perturbations naturelles (17.8%). On y voit que le feu et la TBE représentent les principales perturbations naturelles.

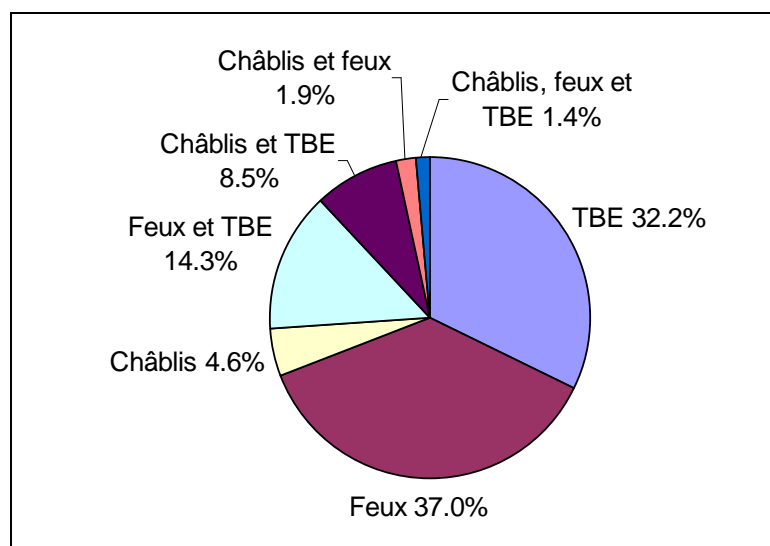


Figure 4 - Distribution des types de perturbations naturelles

Les informations disponibles autant dans la cartographie Maclaren que dans les inventaires décennaux indiquent que le territoire de cette concession a été fortement perturbé. Seulement 5.2% du territoire n'a jamais eu de perturbation répertoriée au cours de la période analysée, soit plus de 60 ans. Autant dire que la forêt intacte n'existe pratiquement pas. Une bonne portion du territoire est également soumise à plusieurs perturbations différentes en même temps.

4 COMPOSITION VÉGÉTALE DES FORÊTS

4.1 Évolution de la composition

La composition végétale des forêts est une des composantes forestières pouvant être modifiée par les perturbations, autant naturelles qu'anthropiques ou tout simplement par l'effet du temps. Or, comme le démontre la figure 1, seulement 5.2% du territoire de la concession Maclaren n'a jamais eu de perturbations, naturelles ou humaines. Ainsi, le type et la sévérité de la perturbation ainsi que le temps écoulé entre la perturbation et l'inventaire peut avoir une influence importante sur le portrait réalisé. La figure suivante montre l'évolution des types de peuplements sur l'ensemble du territoire pour chacune des périodes étudiées, couvrant un intervalle d'environ 50 ans, peu importe le type de perturbation ayant eu lieu. On y remarque une progression rapide des peuplements FI et FT suivie d'une baisse marquée lors de l'inventaire réalisé au 4^e décennal. Un patron inverse est observé pour les peuplements MFIR, MFTR et MFTF. On note également un ralentissement dans la baisse des résineux purs depuis l'inventaire du 2^e décennal. Ces observations peuvent s'apparenter à un début d'effet de balancier entre la quantité de feuillus et de résineux observé au cours de la période étudiée, une observation relativement nouvelle comparée à d'autres études. Cette observation est également visible sur les figures 5 à 7, représentant respectivement l'évolution des compositions de l'érablière à bouleau jaune, la sapinière à bouleau jaune et la sapinière à bouleau blanc. On peut également remarquer cette tendance à la figure 8 où les peuplements ont été regroupés en fonction de leur dominance, i.e. feuillue ou résineuse. Les feuillus, en forte augmentation entre 1960 et le 2^e décennal, sont en faible diminution depuis le 2^e décennal. La situation inverse est également vraie pour le résineux. Or, la situation est similaire si l'analyse est réalisée avec les tesselles répertoriées comme ayant seulement eu des perturbations naturelles, celles-ci couvrant 17.8% du territoire (Figure 10). Malheureusement, la présence d'un tel cycle ne pourra être confirmée ou infirmée qu'avec l'inclusion des futurs inventaires décennaux. En effet, les tendances observées pourraient être le résultat d'un inventaire biaisé en faveur ou en défaveur de certains types de peuplement.



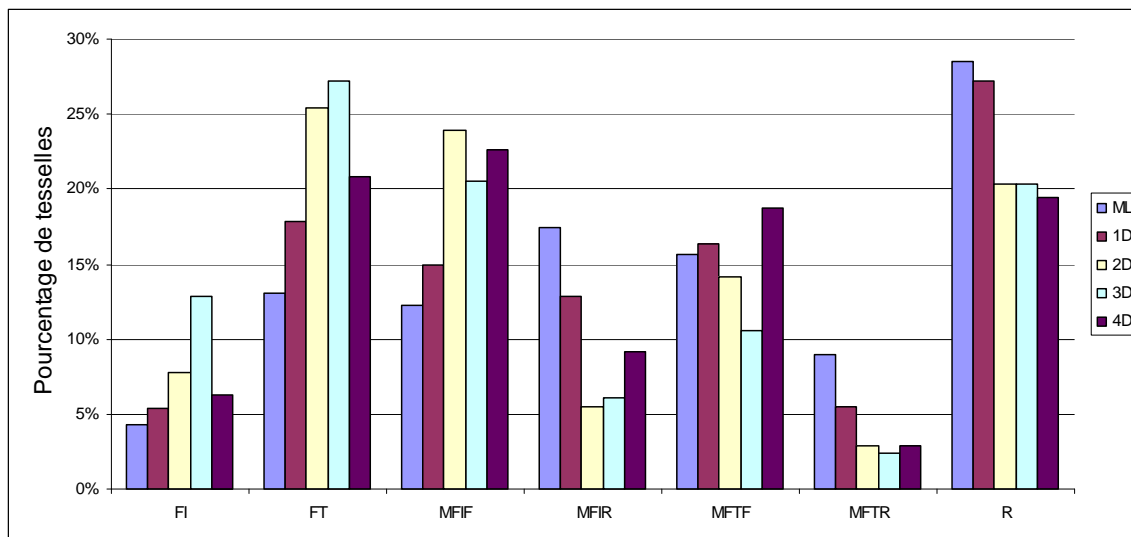


Figure 5 - Évolution des différents types de peuplement en fonction de la période étudiée pour l'ensemble du territoire

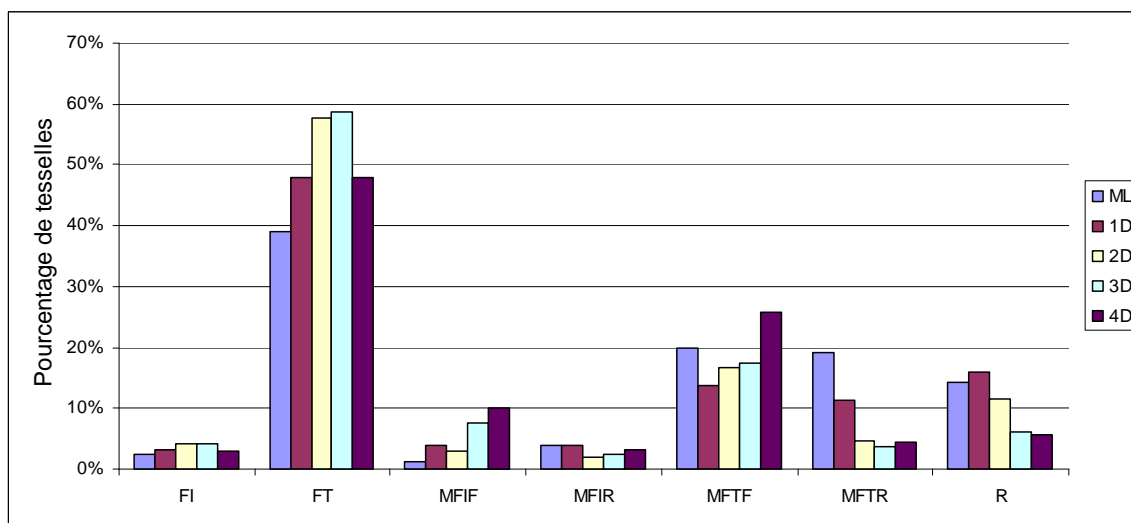


Figure 6 - Évolution des différents types de peuplement en fonction de la période étudiée pour l'érablière à bouleau jaune

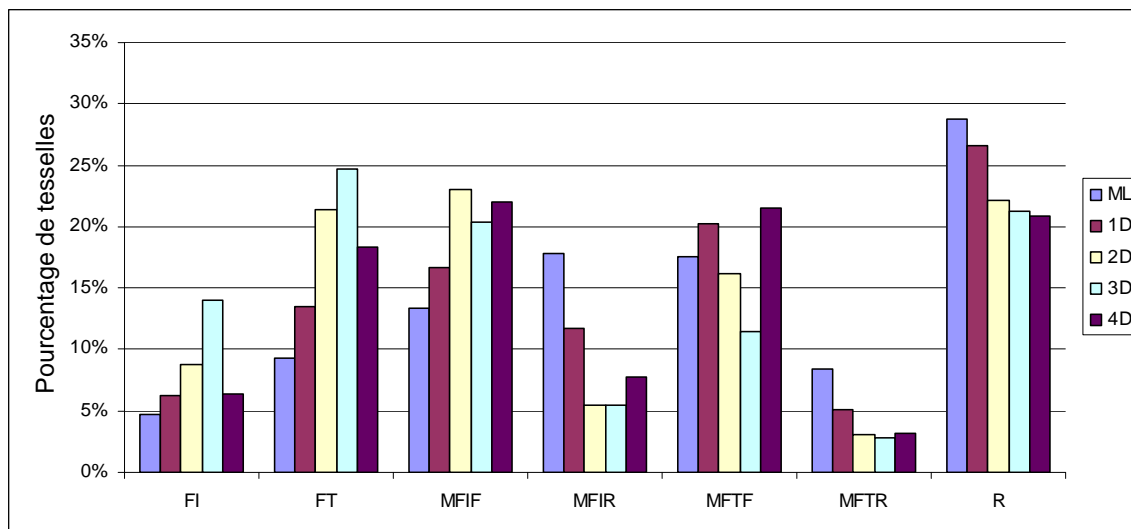


Figure 7 - Évolution des différents types de peuplement en fonction de la période étudiée pour la sapinière à bouleau jaune

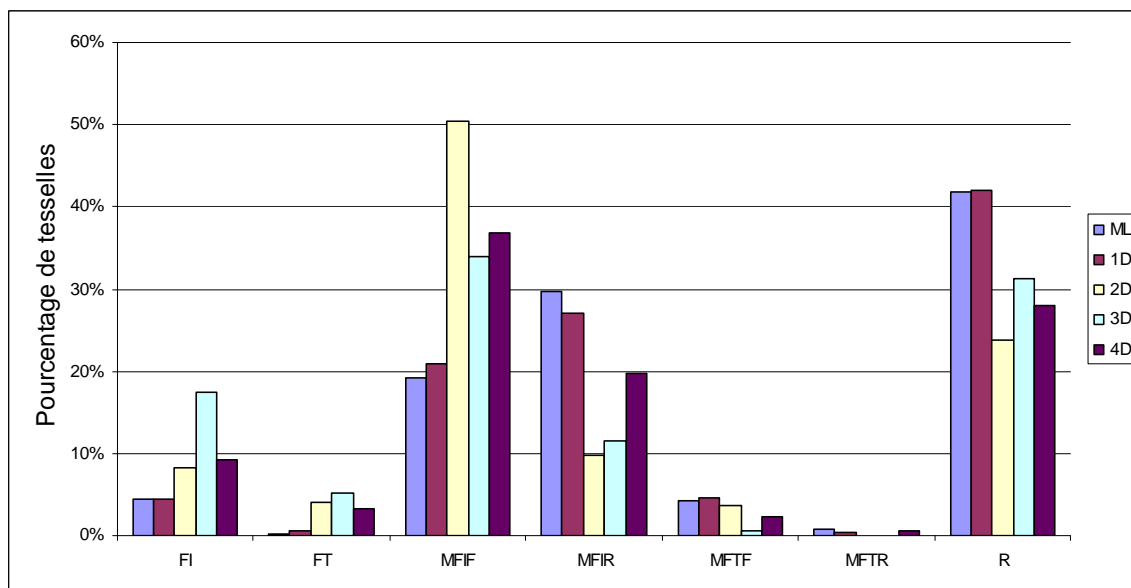


Figure 8 - Évolution des différents types de peuplement en fonction de la période étudiée pour la sapinière à bouleau blanc

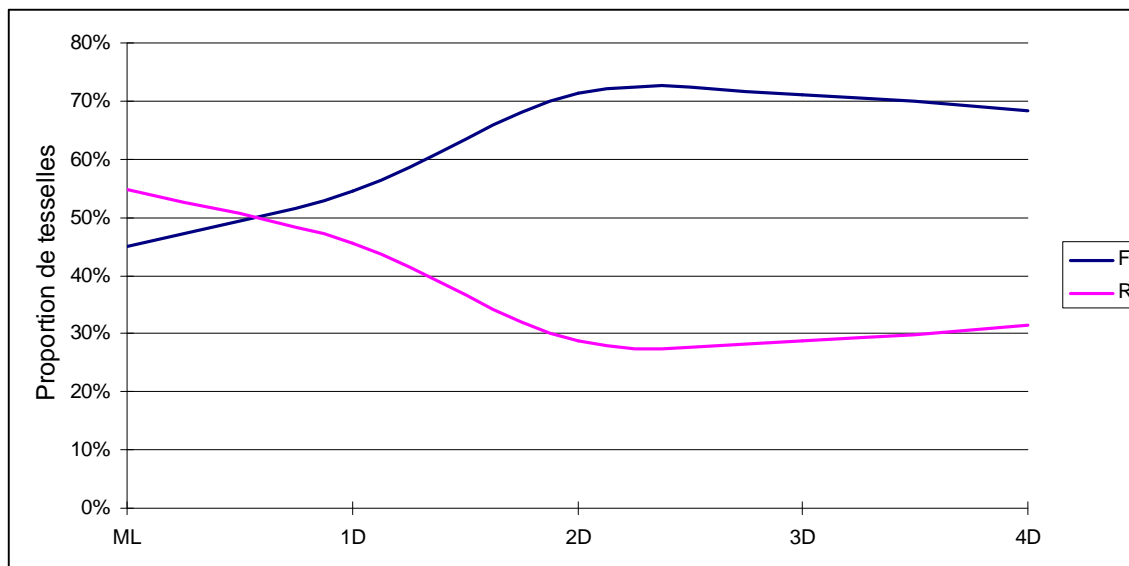


Figure 9 - Évolution des feuillus et des résineux sur l'ensemble du territoire

Comme la figure suivante illustre l'évolution de la forêt naturelle, il est possible d'y quantifier la variabilité naturelle observée au niveau de la quantité de feuillus et de résineux dans le paysage. Initialement, le paysage était dominé par les résineux alors qu'au 4^e décennal, il est dominé par les feuillus. Entre les deux époques, les résineux sont passés de 66 à 44% en passant par un creux à 36% alors que les feuillus sont passés de 34 à 56% après avoir eu un sommet à 64%.

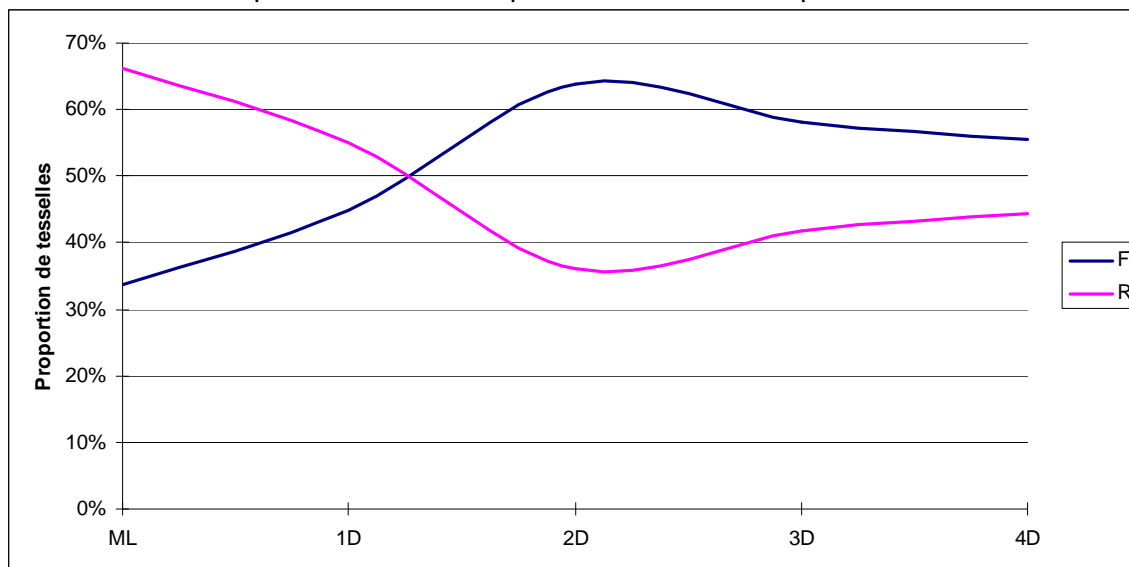


Figure 10 - Évolution des feuillus et des résineux en l'absence de perturbations anthropiques

Il y aurait présence d'un mécanisme de balancier entre une dominance de feuillus et de résineux. Un tel balancier n'est pas un artéfact des plantations ou d'autres interventions anthropiques puisqu'il est également observé dans une forêt naturelle.

Le tableau suivant reprend les informations présentées dans les figures 5 à 7 mais, seulement pour les deux principales époques, soit l'époque Maclaren et celle du 4^e décennal. On observe une augmentation des compositions feuillues ou à dominance feuillue ainsi qu'une diminution des autres types de peuplement. On peut noter une augmentation plus importante des MFIF de même qu'une baisse plus importante des R dans l'érablière à bouleau jaune que dans les autres régions écologiques. Aussi, les FT ont eu une importante augmentation autant dans la sapinière à bouleau jaune que dans la sapinière à bouleau blanc.

Tableau 6 - Composition végétale de la forêt selon les régions écologiques

	Érablière à bouleau jaune (3b)		Sapinière à bouleau jaune (4c)		Sapinière à bouleau blanc (5c)	
	ML	4D	ML	4D	ML	4D
FI	2.4%	2.8%	4.7%	6.3%	4.2%	9.2%
FT	39.1%	47.7%	9.3%	18.1%	0.2%	3.3%
MFIF	1.3%	10.1%	13.4%	21.8%	18.5%	36.6%
MFIR	3.9%	3.2%	17.7%	7.7%	28.7%	19.6%
MFTF	19.9%	25.6%	17.6%	21.3%	4.1%	2.3%
MFTR	19.2%	4.5%	8.4%	3.1%	0.8%	0.5%
R	14.2%	5.7%	28.7%	20.6%	40.3%	27.9%

Le tableau suivant permet de comparer le changement entre les époques pour deux scénarios de perturbations, l'ensemble des tesselles couvrant le territoire de la concession Maclaren ainsi que le groupe des perturbations naturelles. La première conclusion à tirer de ce tableau est l'augmentation de chaque type de peuplements feuillus ou mixtes à dominance feuillue au détriment des types de peuplements plus résineux. Il y a donc un enfeuillement généralisé sur le territoire et ce, peu importe l'impact des perturbations humaines puisque les tendances sont les mêmes pour les deux scénarios. Toutefois, on observe des variations quant à la magnitude des changements observés. Ainsi, à l'exception des MFIF et des MFTF, les changements observés ont été plus importants lorsqu'on analyse l'ensemble des tesselles comparativement à celles perturbées naturellement.

Tableau 7 - Comparaison entre deux scénarios de perturbations

	L'ensemble des tesselles			Seulement perturbations naturelles		
	ML	4D	Différence	ML	4D	Différence
FI	4.2%	6.2%	48.3%	10.7%	9.7%	-8.7%
FT	12.9%	20.6%	59.6%	9.5%	11.4%	20.1%
MFIF	12.1%	22.4%	84.6%	12.8%	26.3%	104.8%
MFIR	17.3%	9.1%	-47.5%	17.5%	12.5%	-28.2%
MFTF	15.5%	18.6%	19.6%	6.8%	8.7%	27.7%
MFTR	8.9%	2.9%	-67.7%	4.3%	1.8%	-57.6%
R	28.3%	19.3%	-31.7%	38.2%	27.7%	-27.4%



On observe une augmentation des peuplements feuillus et mixtes à dominance feuillue peu importe la région écologique et une diminution des résineux et mixtes à dominance résineuse. La situation est similaire pour la forêt naturelle quoique les pourcentages de changements semblent plus élevés pour l'ensemble des tesselles.

La cause des différences observées entre les deux scénarios précédents pourrait donc être liée à un type de perturbation en particulier ou à l'effet combiné des perturbations. Pour chacune des régions, le premier tableau exprime les différences observées entre l'époque Maclaren et l'époque du 4^e décennal pour chaque type de perturbations. Nous avons tout d'abord vérifié si le changement entre les époques, au sein du même groupe de perturbation, était significatif. Rappelons que cette information est présentée sous la forme des couleurs jaune et verte. Dans ces tableaux, le jaune indique une augmentation significative et le vert une diminution significative. Si aucune couleur n'est présente, le changement n'est pas suffisamment important ou il y a un manque de tesselles pour être qualifié de changement significatif.

Pour déterminer si l'ampleur des changements induits par les perturbations humaines peut être problématique, nous avons vérifié s'ils étaient inclus dans l'intervalle de variabilité naturelle. Ce dernier est défini comme étant les changements minimal et maximal attribuables aux perturbations naturelles (aucune, feux, TBE et naturelle). Les bornes sont constituées des perturbations ayant eu un changement significatif entre les deux périodes d'étude (1957-62 à 2004). Cependant, dans les cas où aucun changement n'était significatif pour la définition d'une ou des deux bornes, une valeur non significative était utilisée à l'exception des valeurs extrêmes, souvent causées par un manque de données. Le changement apporté par la perturbation anthropique devait aussi être significativement différent des perturbations naturelles qui lui étaient associées (CT avec feux ou naturelle et CP avec TBE ou naturelle) et avoir un nombre suffisant de tesselles. Ainsi, un changement supérieur à l'intervalle de variabilité naturelle n'est pas obligatoirement qualifié de problématique. Par exemple, l'augmentation de la composition FI de 866.7% observé dans le groupe coupes et TBE dans l'érablière à bouleau jaune est supérieure à l'intervalle mais elle n'est pas considérée comme problématique parce qu'il n'est pas statistiquement différent du groupe TBE. Pour chacune des régions, le deuxième tableau indique d'abord l'intervalle de variabilité naturelle pour chacune des compositions et cible ensuite les perturbations anthropiques supérieures à cet intervalle, selon les critères définis précédemment. Les couleurs jaune et verte indiquent respectivement une augmentation et une diminution significative entre les époques (illustrées seulement pour les perturbations anthropiques) alors que les caractères gras indiquent que ce changement se trouve hors de la variabilité naturelle.

4.1.1 Érablière à bouleau jaune

Les changements induits par le feu ou la TBE sont majoritairement non significatifs et ce, surtout en raison de leur faible représentativité dans cette région. Il se pourrait que la TBE soit passée inaperçue dans cette région. Pour être photo-interprétée, une épidémie doit avoir réduit la surface terrière de plus de 25%. Or, s'il y avait seulement une minorité de sapin dans le peuplement, la seule mortalité du sapin ne serait pas suffisante. Cependant, peu importe le type de perturbations, humaines ou naturelles, on remarque une nette tendance à l'enfeuillage avec une augmentation des compositions feuillues ou à dominance feuillue. Or, ces changements sont souvent plus importants lorsque les perturbations analysées sont d'origine humaines ou en combinaison avec une perturbation naturelle (Tableau 8). Les coupes combinées à la TBE ont



modifié de façon plus importante les FT alors que les CP ont provoqué une plus grande diminution des R et MFTR.

À l'exception des FI et des MFIR, des compositions relativement peu représentées dans cette région, au moins une perturbation anthropique se trouve hors de la variabilité naturelle (CP, CT ou la combinaison des coupes et de la TBE, Tableau 9). Ainsi, l'ensemble des groupes de perturbations humaines sortent de la variabilité naturelle pour les MFIF et les R. Au niveau des FT, seulement le groupe CT, une perturbation peu présente dans cette région pour cette composition, n'est pas problématique.

Tableau 8 - Changements observés entre les deux époques pour l'érablière à bouleau jaune

	Aucune	Feux	TBE	CT	CP	Naturelle	Actuelle	Coupes et TBE
FI	-7.7%	-35.7%	0.0%	200.0%	-46.7%	-24.6%	19.3%	866.7%
FT	1.1%	6.3%	-3.7%	-28.6%	23.8%	0.9%	21.8%	67.4%
MFIF	240.0%	142.9%		675.0%	262.5%	230.8%	700.0%	4300.0%
MFIR	20.0%	-40.0%	500.0%	100.0%	-18.8%	27.8%	-18.1%	-43.2%
MFTF	45.1%	100.0%	42.9%	50.0%	11.0%	47.7%	28.5%	57.6%
MFTR	-53.0%	0.0%	-71.4%	-64.2%	-85.9%	-53.7%	-76.8%	-68.4%
R	-54.3%	-24.1%	18.2%	-64.9%	-83.6%	-33.0%	-60.1%	-70.9%

Tableau 9 - Identification de l'intervalle de variabilité naturelle pour l'érablière à bouleau jaune

	Intervalle de variabilité naturelle		Perturbations anthropiques		
	Minimum	Maximum	CT	CP	Coupes et TBE
FI	-35.7%	0.0%	200.0%	-46.7%	866.7%
FT	-3.7%	6.3%	-28.6%	23.8%	67.4%
MFIF	142.9%	230.8%	675.0%	262.5%	4300.0%
MFIR	-40.0%	27.8%	100.0%	-18.8%	-43.2%
MFTF	45.1%	47.7%	50.0%	11.0%	57.6%
MFTR	-71.4%	0.0%	-64.2%	-85.9%	-68.4%
R	-54.3%	18.2%	-64.9%	-83.6%	-70.9%

4.1.2 Sapinière à bouleau jaune

Le même phénomène d'enfeuillement est également observable dans la région écologique de la sapinière à bouleau jaune. Toutefois, l'importance relative de chaque type de perturbation est différente. La CP a connu la plus grande diminution en MFIR alors que les tesselles perturbées par la combinaison coupes et TBE ont eu la plus grande augmentation en FT (Tableau 10).

Les perturbations humaines ont eu un impact moins problématique sur les MFIF, les MFTF et les MFTR puisqu'elles sont similaires aux perturbations naturelles. L'augmentation des FT et la diminution des MFIR représentent donc le principal problème de cette région puisque deux groupes de perturbations humaines ont provoqué un effet plus élevé que celui attribuable à la variabilité naturelle (Tableau 11). Au niveau de la diminution des R, les coupes combinées à la TBE et les CP ont connu une diminution plus importante. Cependant, l'écart entre les groupes de perturbations est minime (-42.5% pour les CP et -45.1% pour les coupes combinées à la TBE vs -39.4% pour la TBE). La même chose se produit avec l'augmentation des MFTF reliée aux CT. Son augmentation est plus élevée que l'intervalle de variabilité naturelle mais avec une faible différence. Au niveau de l'augmentation des FI, autant les CP que les CT se trouvent au-dessus



de l'intervalle de variabilité naturelle. Du côté des CP, la différence entre les deux est très faible; il n'y aurait donc pas lieu de juger l'écart important. L'écart est cependant plus important du côté de CT. Cependant, il y a un nombre insuffisant de tesselles de cette composition pour juger ce changement problématique (moins de 2.5% des tesselles).

Tableau 10 - Changements observés entre les deux époques pour la sapinière à bouleau jaune

	Aucune	Feux	TBE	CT	CP	Naturelle	Actuelle	Coupes et TBE
FI	72.4%	-17.9%	104.3%	127.8%	109.1%	-12.2%	34.1%	227.1%
FT	16.1%	44.9%	47.8%	76.9%	54.1%	37.6%	94.4%	179.7%
MFIF	118.9%	89.5%	90.7%	55.8%	45.1%	105.7%	63.1%	67.5%
MFIR	-53.7%	-34.9%	-49.8%	-43.7%	-65.0%	-45.8%	-56.6%	-59.4%
MFTF	12.1%	-3.8%	53.1%	57.6%	-10.7%	27.4%	21.0%	22.7%
MFTR	-47.7%	-83.3%	-75.8%	-37.9%	-83.9%	-58.9%	-62.9%	-74.8%
R	-33.7%	-12.1%	-39.4%	-15.9%	-41.7%	-22.4%	-28.1%	-45.1%

Tableau 11 - Identification de l'intervalle de variabilité naturelle pour la sapinière à bouleau jaune

	Intervalle de variabilité naturelle		Perturbations anthropiques		
	Minimum	Maximum	CT	CP	Coupes et TBE
FI	-17.9%	104.3%	127.8%	109.1%	227.1%
FT	16.1%	37.6%	76.9%	54.1%	179.7%
MFIF	89.5%	118.9%	55.8%	45.1%	67.5%
MFIR	-34.9%	-53.7%	-43.7%	-65.0%	-59.4%
MFTF	-3.8%	53.1%	57.6%	-10.7%	22.7%
MFTR	-75.8%	-47.7%	-37.9%	-83.9%	-74.8%
R	-39.4%	-12.1%	-15.9%	-41.7%	-45.1%

4.1.3 Sapinière à bouleau blanc

L'enfeuillement est toujours présent sur la portion nord du territoire, malgré que certaines compositions soient très peu représentées. C'est notamment le cas des FI, des FT, des MFTF et des MFTR. Dans cette région, les perturbations humaines combinées à la TBE ont provoqué les changements les plus importants pour certaines compositions (Tableau 12). La TBE a aussi induit des changements importants au niveau des peuplements feuillus, des MFIF et des R.

Les changements provoqués par les coupes combinées à la TBE sortent de la variabilité naturelle pour les peuplements feuillus, les MFIR et les R (Tableau 13). Cependant, l'écart pour cette dernière composition est très faible (-51.8% pour les coupes combinées à la TBE vs -47.9% pour la TBE). Les CP pourraient être problématiques pour les R. Cependant, le groupe de perturbations CP est peu représenté dans ces types de composition pour ce domaine. L'écart observé entre les coupes combinées à la TBE et les perturbations naturelles pour les MFIR n'a pas été retenu comme étant problématique. Il en est ainsi, entre autres, parce qu'une seule perturbation était en cause et que les deux bornes de l'intervalle de variabilité naturelle ne sont pas significatives. De plus, du point de vue statistique, la différence entre ce groupe et la TBE était très faible. Aussi, les écarts observés pour les peuplements feuillus peuvent être considérés comme négligeables compte tenu de leur faible représentativité. Les CT ne sont pas problématiques pour aucune des compositions.



Tableau 12 - Changements observés entre les deux époques pour la sapinière à bouleau blanc

	Aucune	Feux	TBE	CT	CP	Naturelle	Actuelle	Coupes et TBE
FI	200.0%	-18.8%	700.0%			4.6%	120.5%	3250.0%
FT		100.0%	1300.0%		800.0%	1100.0%	2000.0%	2300.0%
MFIF	86.8%	88.5%	205.9%	28.7%	56.8%	98.5%	98.2%	116.0%
MFIR	-19.6%	80.8%	-22.0%	2.5%	-43.2%	-4.4%	-31.6%	-56.1%
MFTF	-40.0%	-100.0%	-46.2%	-100.0%	-66.7%	-35.3%	-43.8%	-43.9%
MFTR	-100.0%	-100.0%	-71.4%	-50.0%	-66.7%	-75.0%	-30.0%	-80.0%
R	-31.9%	-18.6%	-47.9%	-16.0%	-59.3%	-35.0%	-30.9%	-51.8%

Tableau 13 - Identification de l'intervalle de variabilité naturelle pour la sapinière à bouleau blanc

	Intervalle de variabilité naturelle		Perturbations anthropiques		
	Minimum	Maximum	CT	CP	Coupes et TBE
FI	-18.8%	700.0%			3250.0%
FT	100.0%	1300.0%		800.0%	2300.0%
MFIF	86.8%	205.9%	28.7%	56.8%	116.0%
MFIR	-22.0%	80.8%	2.5%	-43.2%	-56.1%
MFTF	-46.2%	-35.3%	-100.0%	-66.7%	-43.9%
MFTR	-75.0%	-71.4%	-50.0%	-66.7%	-80.0%
R	-47.9%	-18.6%	-16.0%	-59.3%	-51.8%

Nous pouvons donc conclure que les perturbations humaines, autant sous la forme des coupes partielles que des coupes totales, ne sont pas l'unique responsable de l'enfeuillement observé sur l'ensemble du territoire. En effet, même les tesselles n'ayant jamais eu de perturbations connaissent les mêmes patrons de changement et ce, peu importe la région analysée. De plus, dans certains cas, les perturbations humaines ont causé moins de changement que la TBE, une perturbation naturelle. Cependant, de façon générale, les coupes totales et partielles de même que leur combinaison avec une perturbation naturelle ont contribué à l'enfeuillement en amplifiant le phénomène.

Peu importe le type de perturbation et la région écologique, un enfeuillement est observé. Il est causé d'un côté par l'augmentation des peuplements feuillus ou mixtes à dominance de feuillus et de l'autre côté par la diminution des peuplements résineux ou mixtes à dominance résineuse. La différence entre les perturbations est au niveau de la variation du changement entre les époques. Dans certains cas, les perturbations anthropiques ont aggravé le phénomène de l'enfeuillement.



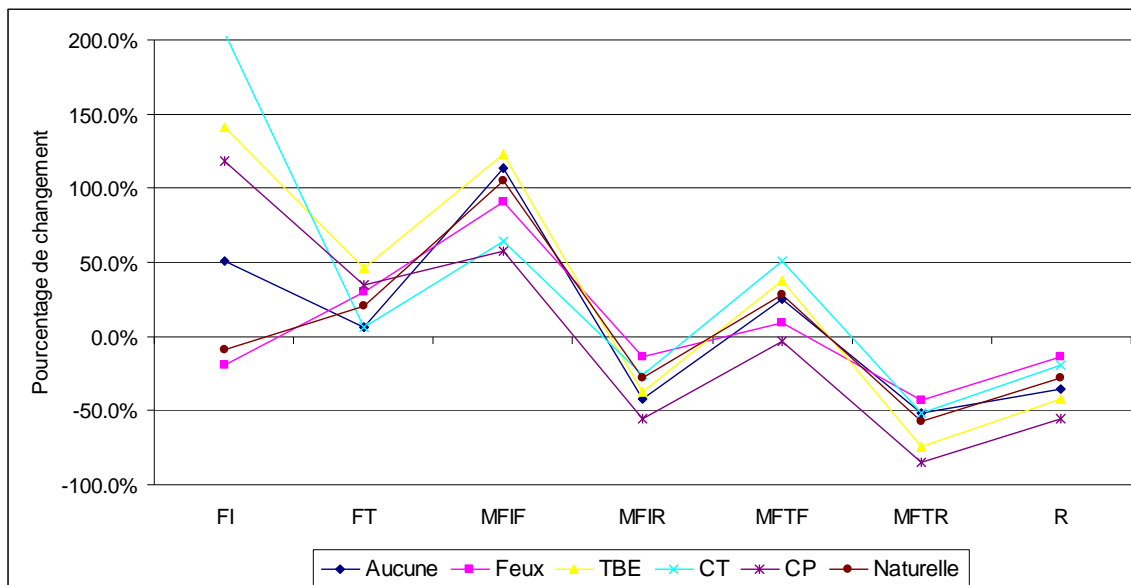


Figure 11 - Pourcentage de changement en fonction des principaux types de perturbations pour l'ensemble du territoire

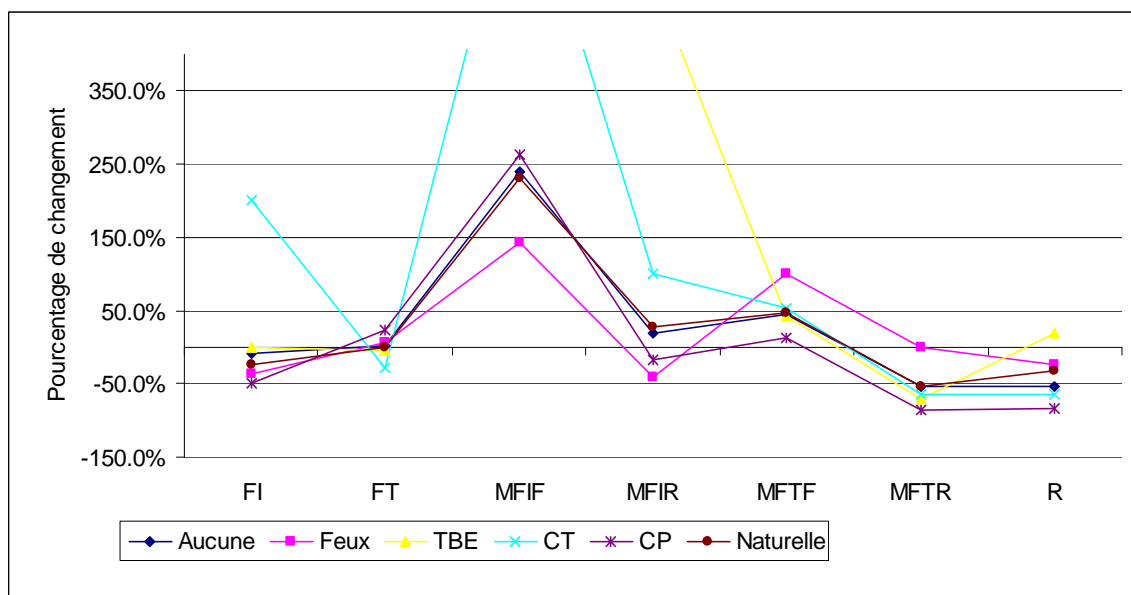


Figure 12 - Pourcentage de changement en fonction des principaux types de perturbations pour l'érablière à bouleau jaune

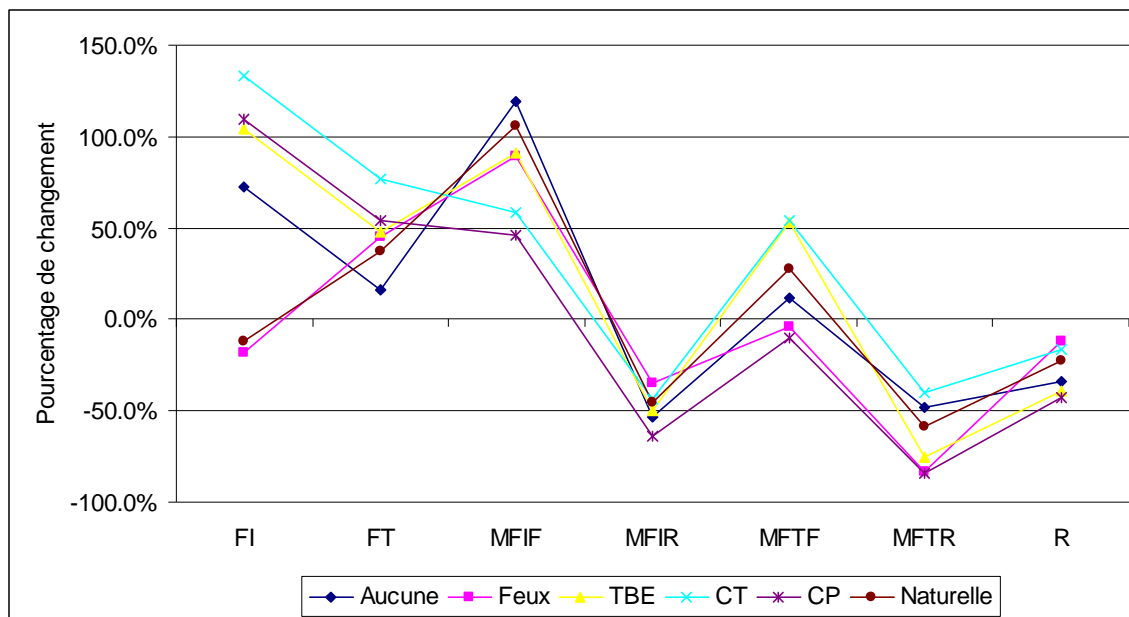


Figure 13 - Pourcentage de changement en fonction des principaux types de perturbations pour la sapinière à bouleau jaune

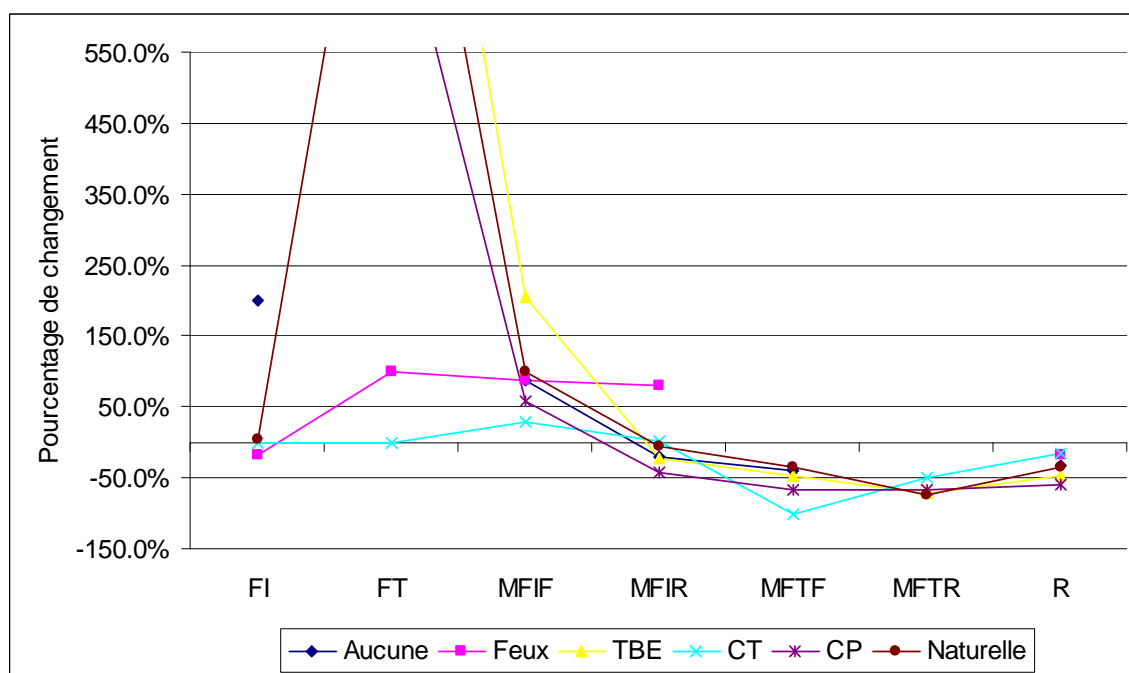


Figure 14 - Pourcentage de changement en fonction des principaux types de perturbations pour la sapinière à bouleau blanc

4.2 Vecteurs d'enfeuillage et d'entrésinement

Cependant, analyser les changements entre les époques à l'aide des compositions ne permet pas réellement de départager l'enfeuillage de l'entrésinement comme responsable des changements de composition observés sur l'ensemble du territoire. Par exemple, l'augmentation

importante des FI (pouvant atteindre 3250%) n'indique pas nécessairement un enfeuillement important à l'échelle du territoire si ce type de composition est peu représentée. De plus, pour les compositions mixtes à dominance feuillue, les tableaux précédents n'indiquent pas si leur augmentation résulte de l'enfeuillement des compositions mixtes à dominance résineuse ou de l'enrésinement des compositions feuillues. Nous avons donc calculé le vecteur d'enfeuillement, c'est-à-dire dans quelle mesure les peuplements deviennent plus ou moins feuillus, et ce, pour chaque type de perturbations et chaque région. Pour ce faire, nous avons regroupé les feuillus tolérants et intolérants de façon à avoir seulement quatre catégories, soit les feuillus (F), les mixtes à dominance feuillue (MF), les mixtes à dominance résineuse (MR) et les résineux (R). Les pourcentages d'augmentation ou de diminution des feuillus ou des résineux par rapport à l'époque ML, inspirés des normes de cartographie écoforestière, sont présentés à l'annexe 1. Cette façon de faire permet de tenir compte de l'origine des peuplements, plus particulièrement pour les peuplements mixtes. Ainsi, il est possible de savoir si un MFIF au 4^e décennal résulte de l'enfeuillement d'un MFIR ou de l'enrésinement d'un peuplement FI de l'époque Maclaren. Nous avons seulement calculé le vecteur d'enfeuillement puisque le vecteur d'enrésinement est le même. En effet, selon notre méthode, une augmentation de 25% de feuillus résulte de la diminution de résineux de 25%. Les vecteurs sont donc les mêmes mais, de signes différents.

Le tableau 8 permet de constater l'amplitude de l'enfeuillement et de la perte de résineux présent sur le territoire et ce, peu importe le type de perturbations présentes. Les couleurs ont la même signification que dans le tableau 6. Elles indiquent donc les perturbations humaines ayant un vecteur plus important que celui de la variabilité naturelle.

4.2.1 Érablière à bouleau jaune

Les vecteurs d'enfeuillement les plus importants pour cette région sont les coupes combinées à la TBE et les CT. L'écart entre ces perturbations et les perturbations naturelles peut être qualifié de très important puisqu'il y aurait environ sept fois plus d'enfeuillement avec les CT qu'avec la TBE ou les feux. Il est important de remarquer que l'enfeuillement provoqué par les perturbations humaines est beaucoup plus important que celui induit par toute autre perturbation. Cette façon d'analyser les changements observés permet ainsi de remarquer l'importante différence entre les perturbations humaines et les perturbations naturelles. De plus, la différence entre les vecteurs des perturbations humaines et les perturbations naturelles est plus grande dans cette région que dans les autres régions, indiquant une influence anthropique plus importante.

4.2.2 Sapinière à bouleau jaune

Dans le cas de la sapinière à bouleau jaune, les coupes combinées à la TBE ont eu le vecteur d'enfeuillement le plus élevé. Cependant, la différence entre ce dernier et la TBE est moindre comparativement à la région précédente. L'influence des CT et des CP se situe à l'intérieur de la variabilité naturelle puisque leurs vecteurs d'enfeuillement sont moins élevés que celui de la TBE. Les coupes combinées à la TBE sortent de la variabilité naturelle alors que les CT et les CP se trouvent à l'intérieur.

4.2.3 Sapinière à bouleau blanc

Le principal vecteur d'enfeuillement dans la sapinière à bouleau blanc est la combinaison des coupes et de la TBE, suivi de près par la TBE. Toutefois, ces deux groupes ne sont pas considérés comme différents. L'impact des CT est beaucoup moins important dans cette région. En fait, son impact diminue graduellement du sud vers le nord alors que l'impact des CP augmente graduellement. Selon cette méthode, il n'y aurait pas de problème relié à l'enfeuillement causé par les perturbations humaines puisqu'elles sont soit similaire à la TBE ou avec une valeur inférieure.



Tableau 14 - Vecteur d'enfeuillage pour chaque type de perturbations

Type de perturbation	Enfeuillage			
	Territoire	3b	4c	5c
TBE	11.7%	2.0%	11.1%	14.8%
FEUX	2.4%	0.9%	2.5%	2.5%
Actuelle	10.4%	10.3%	10.2%	11.0%
CT	7.0%	13.9%	6.7%	5.4%
CP	9.0%	7.9%	9.5%	13.5%
Aucune	7.3%	3.6%	8.7%	11.2%
Naturelles	6.8%	2.8%	6.5%	8.9%
Coupes et TBE	14.9%	20.2%	13.7%	16.2%

Le vecteur d'enfeuillage représente l'augmentation totale des feuillus.

L'érablière à bouleau jaune a connu les changements au niveau des perturbations anthropiques les plus importants par rapport aux perturbations naturelles. L'impact de la TBE a été de plus en plus important selon un gradient latitudinal. Tous les groupes de perturbations ont provoqué un enfeuillage.

Suite à l'observation de la présence possible d'un mécanisme de balancier entre la dominance feuillue et résineuse, nous avons analysé les vecteurs d'enfeuillage par période. Diminuer la période d'analyse permet de quantifier les changements observés période par période. Ceci nous a permis de fortifier l'impression de balancier observé dans la figure 4. Ainsi, peu importe le type de perturbations, le vecteur d'enfeuillage tend à diminuer avec les périodes pour finalement observer une perte de feuillus entre le 3^e et le 4^e décennal. Il y aurait donc une diminution de l'enfeuillage suivi d'un enrésinement, apparent seulement depuis les dernières années, puisque les vecteurs deviennent négatifs. On peut aussi remarquer que les perturbations ayant eu les vecteurs d'enfeuillage les plus élevés (par exemple, la TBE et les coupes combinées à la TBE) sont aussi celles qui ont eu la plus grande diminution de feuillus entre le 3^e et le 4^e décennal. Ainsi, le même mouvement de balancier est observé, mais avec une plus grande amplitude. Cette situation s'observe également dans chacune des régions écologiques (Figure 16 à 18). Toutefois, on pourrait croire que le balancier aurait plus d'amplitude et serait plus rapide dans la sapinière à bouleau blanc. Nous avons aussi validé que le processus de balancier n'originait pas d'une augmentation des plantations résineuses en enlevant les tesselles touchées par une plantation à un moment entre l'époque ML et le 4^e décennal. Comme les changements étaient minimes, nous n'avons pas présenté ces résultats.



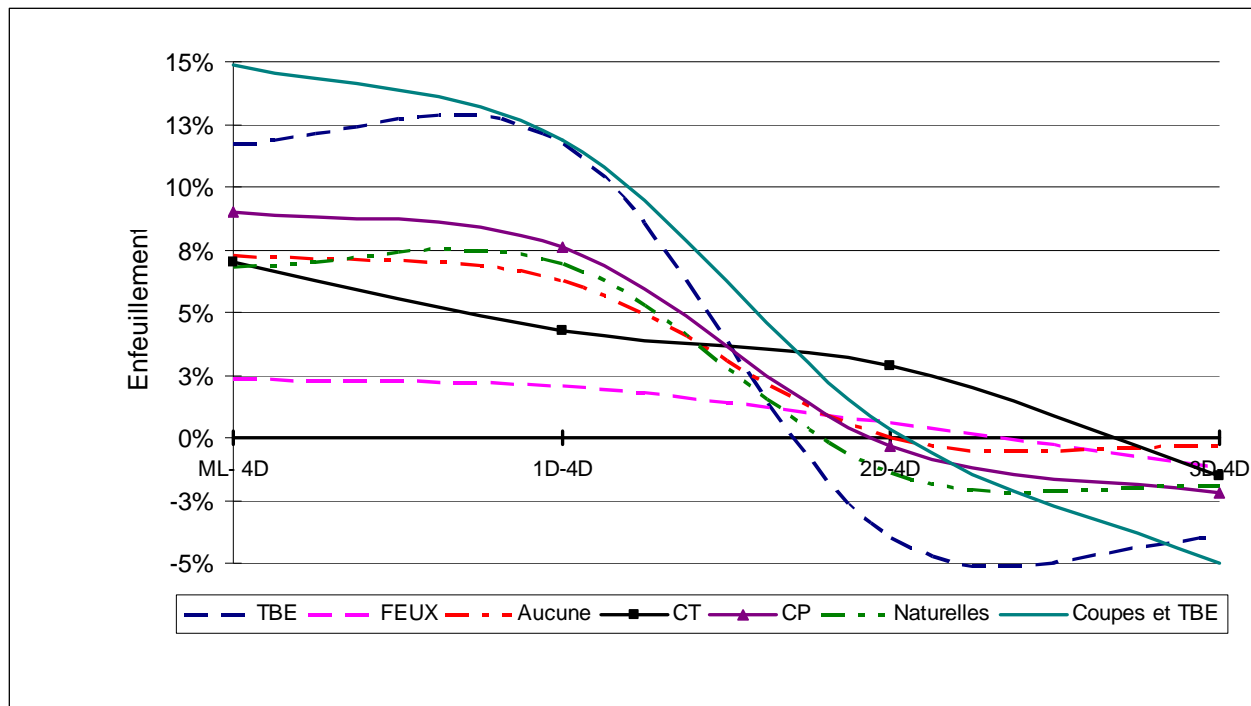


Figure 15 - Vecteur d'enfeuilement selon différentes périodes d'analyse pour l'ensemble du territoire

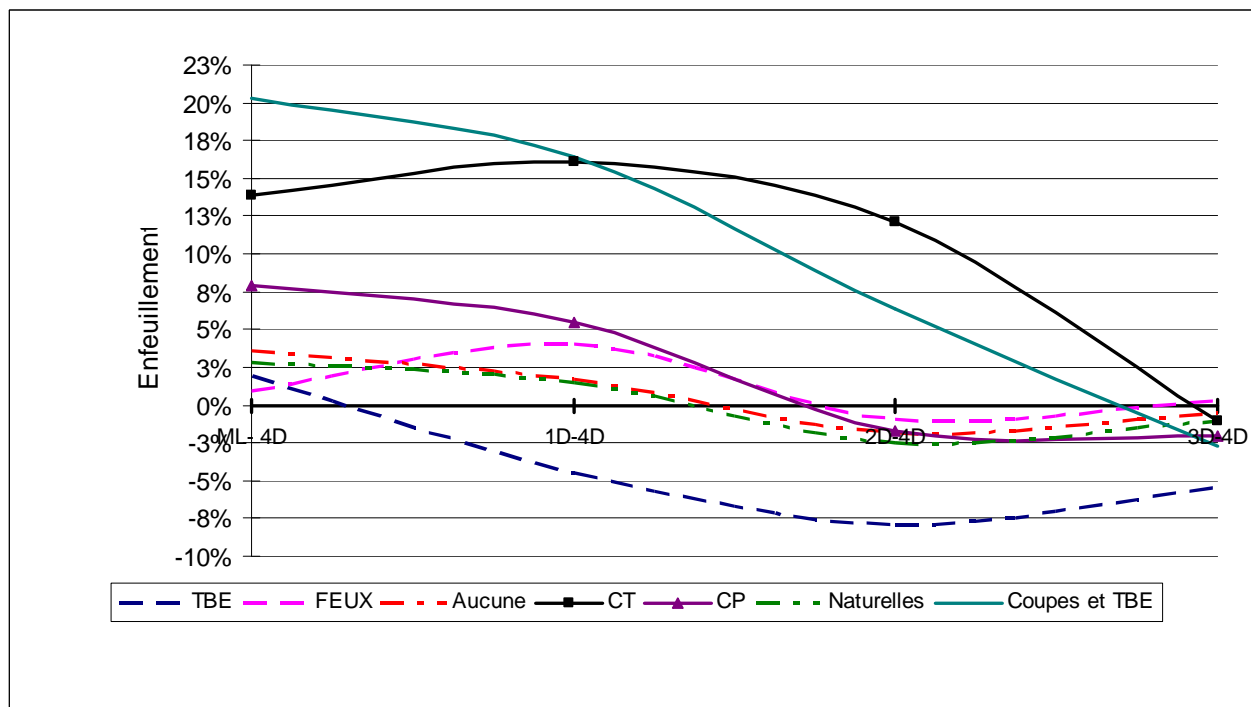


Figure 16 - Vecteur d'enfeuilement selon différentes périodes d'analyse pour l'érablière à bouleau jaune



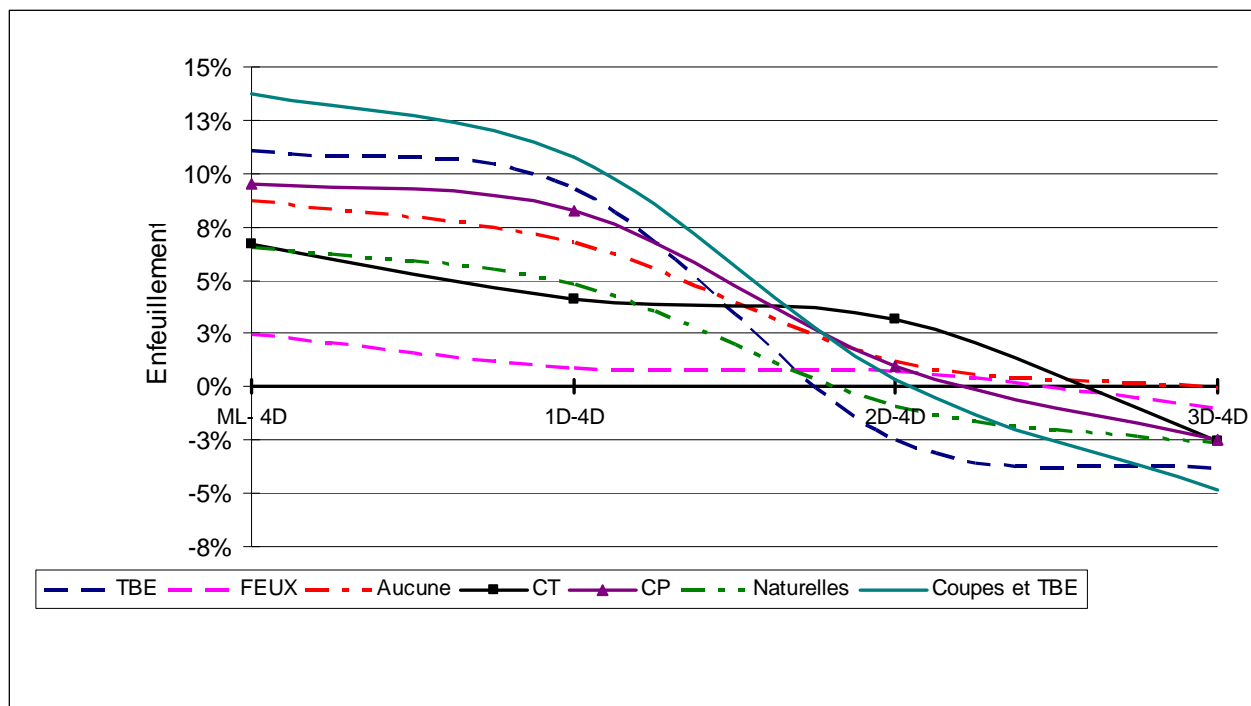


Figure 17 - Vecteur d'enfeuillage selon différentes périodes d'analyse pour la sapinière à bouleau jaune

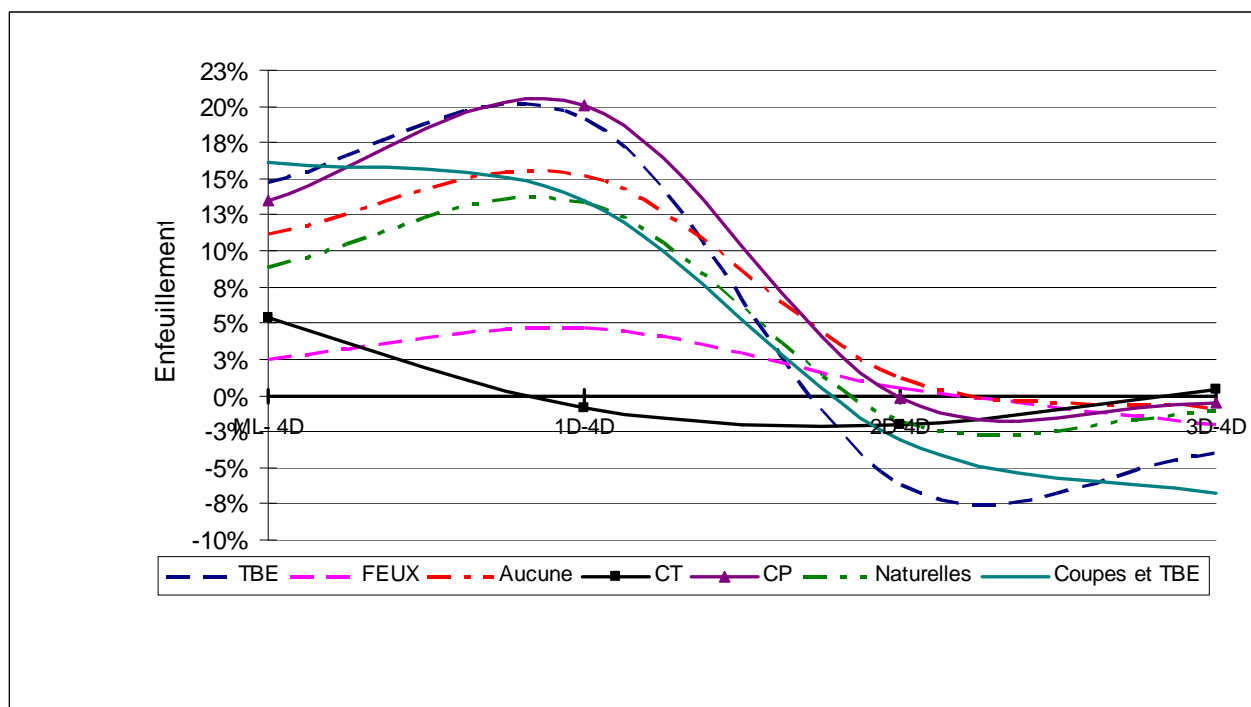


Figure 18 - Vecteur d'enfeuillage selon différentes périodes d'analyse pour la sapinière à bouleau blanc

En modifiant la longueur de la période étudiée, on remarque la présence du balancier dans les vecteurs. Ainsi, avec des périodes de plus en plus récentes, on voit une diminution de la quantité de feuillus et une augmentation de la quantité de résineux. Les perturbations ayant provoqué les vecteurs initiaux les plus élevés (par exemple : TBE et CT), sont aussi celles qui changent le plus au fil du temps. L'amplitude du balancier serait donc plus forte pour ces perturbations.

4.3 Sommaire

On peut finalement conclure qu'il y a un enfeuillement généralisé autant à l'échelle du territoire qu'à l'échelle de chacune des régions écologiques. En analysant les résultats du vecteur d'enfeuillement de la situation actuelle, on conclut que l'enfeuillement le plus important a eu lieu dans la sapinière à bouleau blanc. Or, ce résultat diffère de l'étude de Doyon et Bouffard (2009) qui concluait que l'enfeuillement le plus important avait eu lieu dans le bloc A, représentatif de l'érablière à bouleau jaune. Cependant, cette différence au niveau des conclusions des deux études peut venir de la localisation des secteurs d'étude et du fait que cette étude couvre une plus grande portion du territoire. De plus, la différence entre les régions est relativement faible. L'enfeuillement est également observé pour le groupe de tesselles ayant seulement eu des perturbations naturelles et même dans celles n'ayant jamais eu de perturbations répertoriées. Les perturbations humaines ont cependant amplifié ce phénomène et cette amplification diffère selon la région écologique. Cette amplification est surtout visible dans l'érablière à bouleau jaune puisque c'est dans cette région que nous observons les différences les plus importantes entre les perturbations humaines et naturelles en terme de vecteur d'enfeuillement.

Aussi, l'enfeuillement ne doit pas seulement être vu dans l'optique d'une augmentation des peuplements feuillus ou à dominance feuillue mais aussi dans l'optique de la diminution des peuplements résineux ou à dominance résineuse. En effet, selon la région écologique, différentes perturbations peuvent être cause selon qu'il s'agit d'une augmentation des feuillus ou de la perte des résineux.

Les résultats précédents nous portent également à croire que l'évolution de la composition végétale des forêts se ferait sous la forme d'un cycle d'augmentation et de diminution de la quantité de feuillus. Cette hypothèse a également été suggérée par Doyon et Bouffard (2009) lors de l'analyse de l'évolution de la composition forestière sur des échantillons du même territoire. La composition forestière de l'époque des 1^{er} et 2^e inventaires décennaux serait à une période plus feuillue du balancier alors que nous semblons nous diriger vers une période plus résineuse. Toutefois, il faudrait remonter plus loin dans le temps et attendre les résultats des futurs inventaires décennaux pour confirmer l'existence de ce cycle et définir son amplitude. Il serait également possible de réaliser d'autres études visant à projeter la composition future des peuplements en fonction de la composition des gaules actuelles.



4.4 Suggestions d'enjeu et de balises

4.4.1 Érablière à bouleau jaune

4.4.1.1 Écart

D'importants écarts sont observés entre l'effet des perturbations naturelles et les perturbations humaines autant sur les changements de composition que sur les vecteurs d'enfeuillage et d'énrésinement. L'importance des écarts fait en sorte que les groupes ayant eu une perturbation humaine ont des effets se trouvant hors de la variabilité naturelle pour la majorité des compositions. Ces écarts sont particulièrement importants pour les FT et les R. Il en est de même si on compare les vecteurs d'enfeuillage et d'énrésinement, c'est-à-dire que l'ensemble des perturbations humaines sont problématiques, puisque les vecteurs sont plus élevés.

4.4.1.2 Enjeu

Dans cette région écologique, au moins un type de perturbation humaine provoque un changement plus important qu'une perturbation naturelle dans l'une ou l'autre des compositions les plus présentes dans cette région, c'est-à-dire les FT, les MFTF et les MFIF. Les deux enjeux seraient l'augmentation des peuplements feuillus ou à dominance feuillue et la diminution des peuplements résineux ou à dominance résineuse. À l'exception des FI et des MFIR où les perturbations humaines n'étaient pas problématiques, chaque composition aurait un enjeu.

4.4.1.3 Balises

Les balises seraient les mêmes, peu importe le type de perturbations humaines. C'est seulement l'effort pour diminuer l'impact de la perturbation qui changera. Pour chaque type de composition, l'effet de la perturbation humaine devrait se trouver dans l'intervalle de variabilité naturelle soit, les changements minimum et maximum provoqués par une perturbation naturelle. Les valeurs minimale et maximale de changement ont été converties en pourcentage de superficie à partir de l'ensemble des tesselles de la région de l'époque Maclaren (



Tableau 15). Par exemple, la variabilité naturelle des FT est de -3.7% à 6.3% de changement. La proportion de FT à l'époque Maclaren étant de 39.1%, les balises, en terme de composition de la forêt, seraient de 37.7 à 41.6% de la région. Ces balises devraient éventuellement permettre une amélioration du vecteur d'enfeuillage afin qu'il se trouve au même niveau qu'une perturbation naturelle.

Il est à noter que, pour certaines compositions, la valeur actuelle peut déjà se trouver à l'intérieur ou même sous le seuil minimal proposé (par exemple MFTF). Cette situation ne veut pas nécessairement dire qu'aucun enjeu ne serait présent. Comme nous nous sommes basés sur les perturbations individuelles et sur la composition à l'époque Maclaren pour établir les cibles et non sur l'état de la situation actuelle, il peut arriver qu'elle ne soit pas problématique en soi par rapport aux cibles. La situation actuelle consiste finalement en une moyenne de l'ensemble des perturbations où l'effet des perturbations humaines peut être noyé par l'effet des autres perturbations. Cependant, comme l'effet des perturbations humaines est plus élevé pour ces compositions, la situation pourrait se dégrader si aucune action n'est prise. En d'autres mots, l'enjeu serait présent puisqu'on sort de la variabilité naturelle lorsqu'on traite.



Tableau 15 - Proposition de balises de composition pour l'érablière à bouleau jaune

	Seuil minimal (%)	Seuil maximal (%)	Situation actuelle (%)
FT	37.7%	41.6%	47.7%
MFIF	3.1%	4.2%	10.1%
MFTF	28.9%	29.4%	25.6%
MFTR	5.5%	19.2%	4.5%
R	6.5%	16.8%	5.7%

4.4.1.4 Solutions et suivi

Une fois les cibles définies, nous avons cherché à définir des solutions et des indicateurs de suivi pour atteindre les cibles énoncées précédemment. Pour ce faire, nous avons calculé et comparé la quantité totale de résineux qui se trouvait à l'époque Maclaren et au 4^e décennal pour chaque groupe de perturbations naturelles (Tableau 16). Cette méthode permet de quantifier la quantité globale de résineux présente sur le territoire contrairement à la gestion des compositions, qui gère uniquement la quantité de résineux présente dans un type de composition. Les quantités de résineux viennent des normes de cartographie écoforestière. Ainsi, pour classer un peuplement F (FI ou FT), ce dernier doit contenir un maximum de 25% de résineux. La quantité utilisée est donc la quantité moyenne de résineux retrouvés dans un peuplement feuillu. Il en est de même avec les autres catégories. Par exemple, un MF contient en moyenne 37.5% de résineux (pour être classifié mixte à dominance feuillue, un peuplement doit contenir entre 25 et 50% de résineux).

Cette méthode purement théorique est seulement un moyen d'estimer l'effort nécessaire et n'est pas utilisée pour établir un enjeu, des études plus poussées seraient nécessaires pour avoir une meilleure estimation. Comme nous utilisons la variabilité naturelle pour définir les valeurs minimale et maximale, nous avons utilisé la plus grande différence entre les deux époques et donc ce qui constituerait la plus petite cible (Tableau 17). Par la suite, pour définir la cible, nous soustrayons la valeur obtenue, la plus grande différence, avec la situation actuelle (colonne cibles possibles, ex : 0.398 (valeur actuelle Maclaren) - 0.036 (différence aucune perturbation) = 0.362). La cellule jaune indique la cible qui a été utilisée, indiquant qu'il y aurait un manque à combler de 6.7% (0.362 (la cible) – 0.296 (valeur actuelle au 4^e décennal) = 0.067. Ce manque est défini comme étant la différence entre la cible utilisée et la situation actuelle au 4^e décennal.

Tableau 16 - Proportion de résineux pour chacune des compositions pour effectuer le suivi

	Proportion de résineux
F (FI et FT)	0.125
MF (MFIF et MFTF)	0.375
MR (MFIR et MFTR)	0.625
R	0.875



Tableau 17 - Différences entre les groupes de perturbations au niveau de la quantité de résineux

	ML	4D	Différence	Cibles possibles	Manque à gagner
Aucune	0.296	0.260	0.036	0.362	0.067
Feux	0.389	0.380	0.009	0.389	
TBE	0.429	0.409	0.020	0.379	
Naturelle	0.336	0.308	0.028	0.371	
Actuelle	0.398	0.296	0.103	-	

Ce manque à gagner peut être considéré comme une quantité de résineux. Ainsi, lorsqu'il est multiplié par la superficie de la région écologique, il donne la superficie manquante en résineux pur. Il est donc possible de connaître la superficie devant être enrésinée afin de contrer l'enfeuillement et combler le manque à gagner en quantité de résineux. La quantité de résineux ajoutée vient du tableau 16. Par exemple, un peuplement F aurait en moyenne 12.5% de résineux alors qu'un peuplement R en a 87.5%. Transformer un peuplement F en R permet d'obtenir un gain en résineux de 75% ($0.875 - 0.125 = 0.75$). Plus la transformation est importante en terme de gain de résineux et plus la superficie devant être traitée sera faible (Tableau 18). Par exemple, si on transforme un peuplement F en peuplement R, la superficie théorique sera de 8 106ha alors qu'elle serait de 24 319ha si ce même peuplement F était transformé en MF. Chaque ligne du tableau suivant représente une situation différente, les superficies ne sont pas additives. Cependant, l'utilisation d'une seule transformation (par exemple F vers R) ne représente pas une solution en soi. La solution finale et optimale devra être constituée d'un mélange des transformations. De plus, ce tableau agit à titre indicatif seulement, permettant de mieux comprendre l'ampleur du travail à réaliser pour atteindre les balises. La proportion de résineux ajoutée en fonction de la transformation est seulement théorique; d'autres études devront être faites pour évaluer les énergies à mettre pour diminuer l'impact des perturbations humaines sur la composition. Aussi, plus d'expérimentations sur le terrain devront être effectuées pour valider cette démarche.

Tableau 18 - Superficie à modifier pour augmenter la composante résineuse dans l'érablière à bouleau jaune

Peuplement initial	Peuplement final	Qté de résineux ajouté (%)	Superficie théorique à modifier (ha)
F	F	0	-
	MF	0.25	24 319
	MR	0.50	12 159
	R	0.75	8 106
MF	F	0.00	-
	MF	0.00	-
	MR	0.25	24 319
	R	0.50	12 159
MR	F	0.00	-
	MF	0.00	-
	MR	0.00	-
	R	0.25	24 319

Divers moyens sont disponibles pour l'aménagiste désirant modifier la composition d'un peuplement. En effet, effectuer une éclaircie précommerciale, enrichir les sentiers d'une coupe



partielle avec de l'épinette ou augmenter les superficies regarnies ou reboisées permettraient d'augmenter ou de maintenir la composante résineuse du peuplement.

4.4.2 Sapinière à bouleau jaune

4.4.2.1 Écart

L'importance des perturbations humaines est moindre dans cette région. Cependant, une différence importante entre les effets des perturbations naturelles et des perturbations humaines est présente au niveau des FT et des MFIR. Pour ces compositions, deux groupes de perturbations humaines se trouvent hors de la limite de la variabilité naturelle. Les CP et les coupes combinées à la TBE causent aussi une diminution plus importante des R, quoique la différence soit très petite. Il en est de même avec les FI en coupes partielles et les MFTF en coupes totales. Les seuls vecteurs supérieurs à la limite naturelle, autant au niveau de l'enfeuillage que de l'enrésinement, sont la coupe combinée à la TBE. Les autres types de perturbations humaines ne présentent pas de problème à ce niveau.

4.4.2.2 Enjeu

Seulement deux types de compositions, ayant eu des changements suffisamment importants et causés par plusieurs types de perturbations, pourraient être considérées comme un enjeu. Les enjeux seraient donc l'augmentation des peuplements FT et la diminution des MFIR. En ce qui concerne les peuplements R, comme la différence était très faible, aucun enjeu ne serait défini à cet effet. Il en est de même pour les FI. Cependant, il faudra agir avec précaution dans ces peuplements pour ne pas aggraver la situation.

4.4.2.3 Balises

Les balises sont présentées au tableau suivant. Certains types de perturbations humaines n'auraient pas d'écart à combler puisqu'ils sont déjà dans cet intervalle, par exemple la CT dans les R et MFIR. Ces balises devraient éventuellement permettre une amélioration du vecteur d'enfeuillage afin qu'il se trouve au même niveau qu'une perturbation naturelle.

Tableau 19 - Proposition de cibles de composition pour la sapinière à bouleau jaune

	Seuil minimal (%)	Seuil maximal (%)	Situation actuelle (%)
FT	10.8%	12.8%	18.1%
MFIR	8.2%	11.5%	7.7%

4.4.2.4 Solutions et suivi

Selon la méthode présentée précédemment pour l'érablière à bouleau jaune, il n'y aurait pas de superficie à modifier puisque la diminution actuelle de la quantité de résineux est inférieure à la diminution observée avec le groupe TBE (Tableau 20). En effet, la différence la plus importante, attribuable à la TBE, donnerait une cible possible de 0.436. Cette valeur étant inférieure à la quantité actuellement présente (0.445), il n'y a pas lieu d'indiquer des superficies à modifier.

Tableau 20 - Différences entre les groupes de perturbations au niveau de la quantité de résineux

	ML	4D	Différence	Cible possible
Aucune	0.512	0.424	0.087	0.459
Feux	0.617	0.592	0.025	0.522
TBE	0.563	0.453	0.111	0.436
Naturelle	0.573	0.507	0.065	0.482
Actuelle	0.547	0.445	0.102	



4.4.3 Sapinière à bouleau blanc

4.4.3.1 Écart

Dans cette région, les coupes combinées à la TBE présentent des variations plus importantes que la variabilité naturelle pour certaines compositions, notamment pour les FI et les FT. Toutefois, ces compositions sont peu présentes pour cette perturbation, d'où le changement important observé. Il en est de même avec les coupes partielles pour les MFTF, qui comportent un nombre insuffisant de tesselles. Les seules compositions présentant des changements à la fois supérieurs et différents des perturbations naturelles et comportant un nombre suffisant de tesselles sont donc les MFIR et les R. Cependant, pour les raisons exprimées précédemment, les écarts observés pour ces compositions n'ont pas été retenus comme étant problématique. On observe les mêmes tendances avec le vecteur d'enfeuillage où aucun type de perturbation humaine n'est trop élevé mais, les coupes combinées à la TBE ont un vecteur d'enrésinement plus élevé que la TBE.

4.4.3.2 Enjeu

Pour cette région, aucun type de composition n'a subi de changement assez important sous différentes perturbations pour être qualifié d'enjeu. Cependant, compte tenu de la différence au niveau du vecteur d'enrésinement entre les perturbations naturelles et les coupes combinées à la TBE ainsi que les écarts relevés pour les R et les MFIR, une attention particulière devra être portée aux peuplements résineux ou à dominance résineuse. Comme ce n'est pas particulièrement défini comme un enjeu, aucune cible ne sera définie.

4.4.3.3 Solutions et suivi

En utilisant la même méthode que pour les régions précédentes, nous arrivons à la même conclusion qu'il n'est pas nécessaire d'instaurer un enjeu pour la composante résineuse sur le territoire. En effet, la diminution engendrée par la TBE a été plus importante que celle qui est actuellement observée (Tableau 21).

Tableau 21 - Différence entre les perturbations au niveau de la quantité de résineux

	ML	4D	Différence	Cible possible
Aucune	0.697	0.585	0.112	0.536
Feux	0.598	0.573	0.025	0.623
TBE	0.695	0.547	0.148	0.500
Naturelle	0.644	0.555	0.089	0.559
Actuelle	0.648	0.538	0.110	



La grandeur des écarts entre les perturbations naturelles et humaines pour certaines compositions a fait en sorte de nécessiter la mise sur pied d'enjeux. Dans l'érablière à bouleau jaune, les enjeux concernent les FT, MFIF, MFTF, MFTR et les R. Dans la sapinière à bouleau jaune, les enjeux sont établis seulement pour les FT et MFIR. Les perturbations humaines n'ayant pas causé de changements plus importants que les perturbations naturelles, aucun enjeu n'est établi pour la sapinière à bouleau blanc.

5 PROPORTION DE FORÊTS MÛRES ET SURANNÉES

Afin de permettre la comparaison de la structure d'âge de la forêt entre les périodes, nous avons simplifié les classes d'âge en cinq catégories, soit de 10 à 90 ans par tranche de 20 ans. Les tesselles classifiées VIN, VIR et 120 ans se retrouvent dans la classe d'âge de 90 ans alors que les tesselles classifiées JIN et JIR ont été classifiées 50 ans. Les forêts mûres et surannées sont donc composées des tesselles dont l'âge est supérieur ou égal à 70 ans. Cependant, il ne faut pas oublier que la définition utilisée ici des forêts mûres et surannées est surtout forestière et fonctionne surtout pour les forêts résineuses ou régulières, tel qu'expliqué dans la méthodologie. Toutefois, à notre connaissance, aucune autre méthode ne permettait d'effectuer ces analyses avec les informations disponibles.

Le tableau 16 présente les résultats en fonction des trois périodes étudiées, soit les données venant de la compagnie Maclaren (ML) et les données du 3^e et 4^e inventaire décennal (3D et 4D respectivement). En général, par rapport à l'époque Maclaren, on peut observer une diminution des forêts jeunes de 30 ans et moins. En contrepartie, on observe une augmentation des forêts de 50 ans et plus.

Tableau 22 - Structure d'âge de la forêt à trois époques différentes

Classe d'âge	ML	3D	4D
10	9.9%	9.9%	10.0%
30	16.2%	10.4%	8.7%
50	27.6%	27.2%	29.0%
70	9.9%	13.4%	12.0%
90	36.4%	39.1%	40.2%

Malgré l'importante présence des perturbations naturelles et humaines sur le territoire, on assiste à un vieillissement de la forêt. En effet, on observe à une augmentation de la superficie de classe d'âge de 50 ans et plus et une diminution de la classe d'âge de 30 ans.

Il y aurait donc une augmentation de la proportion de forêts mûres et surannées sur le territoire de la concession Maclaren (46.3% pour l'époque ML contre 52.2% pour le 4^e décennal, Tableau 23).



Malgré cette augmentation, on observe une diminution significative des forêts mûres et surannées résineuses ou à dominance résineuse. Or, comme on observe une augmentation de la représentativité des feuillus et des mixtes à dominance feuillue, on peut supposer un transfert des R et MR vers les F et les MF. Ces variations sont également observées pour les tesselles ayant seulement eues des perturbations naturelles. Seulement, ces diminutions semblent être moins importantes lorsqu'on considère ces tesselles. De plus, dans ce groupe, il y a eu une augmentation de la quantité de forêts mûres et surannées résineuses.

Tableau 23 - Représentativité des forêts mûres et surannées selon deux scénarios de perturbations pour l'ensemble du territoire

	L'ensemble des tesselles			Seulement perturbations naturelles		
	ML	4D	Différence	ML	4D	Différence
FI	0.6%	2.9%	383.3%	1.0%	6.6%	571.9%
FT	11.9%	18.5%	55.5%	7.3%	8.4%	15.6%
MFIF	1.8%	6.1%	238.9%	2.1%	11.5%	454.1%
MFIR	4.7%	1.9%	-59.6%	6.0%	4.7%	-22.7%
MFTF	10.7%	14.0%	30.8%	5.1%	7.4%	45.6%
MFTR	5.0%	1.3%	-74.0%	2.4%	1.3%	-44.2%
R	11.6%	7.5%	-35.3%	16.6%	20.6%	23.5%
Total	46.3%	52.2%	12.7%	40.4%	60.4%	49.4%

Malgré le fait que la superficie de forêt mûre et surannée soit en augmentation à l'échelle du territoire, on observe une baisse de ces forêts dans la sapinière à bouleau blanc, quoique cette baisse ne soit pas significative (Tableau 24). On peut également noter que la quantité de forêt mûre et surannée est en diminution progressive au fur et à mesure qu'on se déplace vers le nord du territoire, diminuant ainsi de 74 à 35.5%, autant pour l'ensemble des tesselles que pour la forêt naturelle. Cependant, il ne faut pas oublier que les critères utilisés ne représentent pas nécessairement une forêt mûre et surannée dans les peuplements feuillus, communs dans la région écologique de l'érablière à bouleau jaune. Ce phénomène pourrait s'expliquer par une dynamique de perturbations plus importante au nord du territoire. Ainsi, la présence plus importante de perturbations d'origine comme le feu pourrait faire en sorte de diminuer la quantité totale de forêt mûre et surannée pouvant se trouver sur le territoire. Les changements observés dans chacune des régions suivent le même patron que celui observé à l'échelle du territoire, c'est-à-dire une diminution des R et des mixtes à dominance résineuse.

Tableau 24 - Représentativité des forêts mûres et surannées en fonction des régions écologiques basé sur l'ensemble des tesselles

	3b			4c			5c		
	ML	4D	Différence	ML	4D	Différence	ML	4D	Différence
FI	0.0%	0.9%	4500.0%	1.0%	3.1%	218.0%	0.1%	4.3%	5425.0%
FT	35.6%	43.5%	22.3%	8.6%	16.1%	86.0%	0.2%	2.6%	1550.0%
MFIF	0.0%	1.1%	-	2.3%	6.0%	156.6%	1.6%	11.3%	606.1%
MFIR	0.1%	0.8%	850.0%	5.5%	1.8%	-67.9%	6.4%	3.7%	-42.0%
MFTF	9.8%	22.6%	129.3%	12.9%	15.1%	16.9%	3.8%	1.6%	-57.4%
MFTR	12.0%	3.1%	-74.4%	4.3%	1.1%	-73.9%	0.5%	0.0%	-96.0%
R	4.7%	2.1%	-56.2%	9.7%	7.8%	-19.9%	24.9%	12.0%	-51.9%
Total	62.2%	74.0%	18.9%	44.4%	50.9%	14.7%	37.4%	35.5%	-5.2%



Le tableau 25 présente la même information que pour le tableau 24 mais, pour une forêt naturelle. On y remarque que les MFTR sont aussi en baisse. La principale différence se trouve au niveau des R où on n'observe qu'une faible diminution dans la sapinière à bouleau blanc, contrairement à la situation actuelle où ils sont en diminution sur l'ensemble du territoire.

Tableau 25 - Représentativité des forêts mûres et surannées en fonction des régions écologiques pour la forêt naturelle

	3b			4c			5c		
	ML	4D	Différence	ML	4D	Différence	ML	4D	Différence
FI	0.0%	4.5%	-	1.7%	6.8%	304.7%	0.0%	7.1%	-
FT	34.7%	33.0%	-4.9%	5.4%	7.3%	34.3%	0.1%	0.9%	800.0%
MFIF	0.0%	2.5%	-	3.0%	12.7%	322.8%	1.1%	12.8%	1076.2%
MFIR	0.3%	1.8%	600.0%	6.3%	4.4%	-30.4%	7.7%	6.3%	-18.7%
MFTF	8.1%	18.3%	125.8%	6.2%	8.4%	36.6%	1.7%	0.9%	-43.8%
MFTR	7.2%	5.2%	-27.3%	2.4%	1.2%	-49.5%	0.4%	0.0%	-100.0%
R	5.5%	5.8%	4.8%	13.6%	21.8%	60.5%	27.1%	24.1%	-11.2%
Total	55.8%	71.2%	27.5%	38.5%	62.9%	63.2%	38.1%	52.1%	36.6%

Le vieillissement de la forêt a eu lieu dans chacune des régions écologiques à l'exception de la sapinière à bouleau blanc où la différence n'est pas significative.

Cependant, la représentativité sur le territoire des forêts mûres et surannées résineuses est en diminution. Les perturbations humaines sont en partie responsables de ce changement puisque la situation est légèrement différente pour la forêt naturelle.

Les tableaux suivants indiquent une information légèrement différente des tableaux précédents. En effet, ils indiquent la composition des forêts mûres et surannées. Ces pourcentages ne sont pas fonction de la quantité de ces forêts présentes sur le territoire mais plutôt de la proportion de chaque type de peuplement à l'intérieur de la catégorie des forêts mûres et surannées. Les valeurs sont donc relatives les unes par rapport aux autres et non absolues.

Si on compare l'ensemble des tesselles avec le groupe des perturbations naturelles, on remarque que les changements sont généralement les mêmes. Cependant, la magnitude de certains changements est différente, par exemple, le groupe des perturbations naturelles a eu une augmentation de près de 350% contre 308% pour l'ensemble des tesselles pour les FI. La diminution des compositions plus résineuses est aussi moins importante pour la forêt naturelle. Toutefois, compte tenu de la différence au niveau de l'origine des groupes, nous n'avons pu comparer statistiquement les différences pour savoir si elles sont différentes.

Tableau 26 - Composition des forêts mûres et surannées selon 2 situations pour l'ensemble des tesselles

	L'ensemble des tesselles			Seulement perturbations naturelles		
	ML	4D	Différence	ML	4D	Différence
FI	1.4%	5.6%	307.9%	2.4%	10.9%	349.6%
FT	25.7%	35.4%	38.0%	18.0%	13.9%	-22.6%



MFIF	3.8%	11.6%	202.5%	5.1%	19.0%	270.7%
MFIR	10.1%	3.7%	-63.4%	14.9%	7.7%	-48.3%
MFTF	23.2%	26.8%	15.7%	12.5%	12.2%	-2.6%
MFTR	10.7%	2.4%	-77.4%	5.9%	2.2%	-62.6%
R	25.1%	14.5%	-42.4%	41.2%	34.0%	-17.3%

Les deux tableaux suivants présentent la même information mais avec deux groupes différents. On peut noter une augmentation plus importante des FT et une diminution moins importante des R dans chacune des régions écologiques pour l'ensemble des tesselles par rapport à la forêt naturelle. Les MFTR ont connu une diminution plus importante lorsqu'on considère l'ensemble des tesselles qu'en considérant seulement les perturbations naturelles dans l'éraiblière à bouleau jaune (diminution de 79% contre une diminution de 43%).

Tableau 27 - Composition des forêts mûres et surannées selon les régions écologiques pour l'ensemble des tesselles

	3b			4c			5c		
	ML	4D	Différence	ML	4D	Différence	ML	4D	Différence
FI	0.0%	1.2%	3769.3%	2.2%	6.0%	177.3%	0.2%	12.1%	5728.4%
FT	57.2%	58.8%	2.9%	19.5%	31.6%	62.2%	0.4%	7.2%	1640.6%
MFIF	0.0%	1.4%	-	5.2%	11.7%	123.7%	4.3%	31.8%	644.9%
MFIR	0.1%	1.0%	699.1%	12.4%	3.5%	-72.0%	17.0%	10.4%	-38.8%
MFTF	15.8%	30.5%	92.9%	29.1%	29.7%	1.9%	10.3%	4.6%	-55.0%
MFTR	19.3%	4.1%	-78.5%	9.7%	2.2%	-77.2%	1.3%	0.1%	-95.8%
R	7.6%	2.8%	-63.1%	21.9%	15.3%	-30.1%	66.6%	33.8%	-49.3%

Tableau 28 - Composition des forêts mûres et surannées selon les régions écologiques pour la forêt naturelle

	3b			4c			5c		
	ML	4D	Différence	ML	4D	Différence	ML	4D	Différence
FI	0.0%	6.3%	-	4.4%	10.8%	148.0%	0.0%	13.6%	-
FT	62.2%	46.4%	-25.4%	14.1%	11.6%	-17.7%	0.3%	1.8%	558.9%
MFIF	0.0%	3.5%	-	7.8%	20.1%	159.1%	2.8%	24.5%	761.1%
MFIR	0.5%	2.6%	449.2%	16.4%	7.0%	-57.4%	20.3%	12.1%	-40.5%
MFTF	14.6%	25.8%	77.2%	16.0%	13.4%	-16.3%	4.3%	1.8%	-58.8%
MFTR	12.9%	7.4%	-42.9%	6.2%	1.9%	-69.0%	1.1%	0.0%	-100.0%
R	9.9%	8.1%	-17.8%	35.2%	34.6%	-1.7%	71.1%	46.2%	-35.0%

Lorsqu'on analyse la composition des forêts mûres et surannées, on remarque une diminution généralisée des peuplements résineux et des mixtes à dominance résineuse. Cette diminution est aussi observée dans le cas de la forêt naturelle mais, dans une moindre mesure.

L'analyse des tableaux précédents nous permet de voir que l'influence humaine sur le territoire semble avoir plus affecté les forêts mûres et surannées résineuses que la combinaison des perturbations naturelles. Il y a donc lieu de se questionner sur la nécessité d'établir un enjeu sur cette composante importante sinon essentielle pour de nombreuses espèces. Avant l'établissement d'un enjeu et éventuellement d'une cible, nous devons comparer la situation



actuelle à un seuil historique. Nous avons établi ce seuil à l'aide des forêts surannées présentes à l'époque Maclaren. Ces forêts, âgées de 90 ans et plus en 1960, devaient être mûres et avoir environ 70 ans au lendemain des grands feux, soit en 1930. On peut donc considérer ce pourcentage comme étant un seuil minimal de quantité à conserver puisque les espèces ont pu survivre à la quantité plus faible présente avec les feux historiques. Pour établir la nécessité d'un enjeu, nous avons donc comparé la quantité de forêts surannées de l'époque Maclaren, et donc matures dans les années 1930, à la quantité de forêts mûres et surannées du 4^e décennal. Le tableau suivant montre les résultats de cette comparaison et on y remarque que la quantité totale est en augmentation et ce, peu importe la région. À l'exception de la sapinière à bouleau jaune, les peuplements R sont en diminution. Cette diminution est particulièrement importante dans la sapinière à bouleau blanc. Les MFTR sont également en diminution partout sur le territoire. Un enjeu sur la composition des forêts mûres et surannées serait donc approprié.

Tableau 29 - Comparaison entre le seuil historique et le 4e décennal

	Territoire		3b		4c		5c	
	ML	4D	ML	4D	ML	4D	ML	4D
FI	0,1%	2,9%	0,0%	0,9%	0,2%	3,1%	0,1%	4,3%
FT	11,8%	18,5%	35,5%	43,5%	8,6%	16,1%	0,2%	2,6%
MFIF	0,5%	6,1%	0,0%	1,1%	0,7%	6,0%	0,6%	11,3%
MFIR	1,0%	1,9%	0,1%	0,8%	1,0%	1,8%	2,1%	3,7%
MFTF	10,6%	14,0%	9,8%	22,6%	12,7%	15,1%	3,8%	1,6%
MFTR	4,3%	1,3%	12,0%	3,1%	3,3%	1,1%	0,4%	0,0%
R	8,0%	7,5%	4,7%	2,1%	4,8%	7,8%	22,2%	12,0%
Total	36,4%	52,2%	62,1%	74,0%	31,3%	50,9%	29,2%	35,5%

La comparaison de la situation actuelle au seuil historique de la quantité de forêts mûres et surannées indique quel type de composition est plus problématique. On remarque une diminution des R et des MFTR assez généralisée sur l'ensemble du territoire.

5.1 Sommaire

En conclusion, nous pouvons dire qu'il y a une augmentation de la quantité de forêts mûres et surannées sur l'ensemble du territoire. Cependant, il ne faut pas oublier que l'analyse a été réalisée d'un point de vue forestier, c'est-à-dire que nous avons seulement tenu compte de l'âge des peuplements et non des caractéristiques typiquement associées aux forêts mûres et surannées. Tel que spécifié précédemment, cette définition peut s'appliquer aux forêts résineuses puisque les perturbations affectent également la classe d'âge du peuplement, contrairement aux perturbations en forêt feuillue.

Cependant, cette augmentation est surtout constituée de peuplements feuillus ou mixtes à dominance feuillue. Toutefois, cette augmentation pourrait être biaisée à la hausse compte tenu de la méthode utilisée. On observe en effet une diminution des forêts mûres et surannées résineuses ou mixtes avec feuillus tolérants à dominance résineuse. Cette diminution ne peut pas être uniquement reliée à l'enfeuillement et à la perte des résineux observés dans la section précédente. Ainsi, les changements observés au niveau des peuplements mûrs et surannés



résineux pour l'ensemble des tesselles sont en général plus élevés que la perte des peuplements résineux en forêt naturelle (Tableau 30). Aussi, on peut dire que les peuplements résineux évoluent de la même façon que ce soit dans une forêt naturelle que pour l'ensemble des tesselles puisque les diminutions sont du même ordre de grandeur. Toutefois, les quantités de forêts mûres et surannées résineuses sont en diminution sur le territoire si on prend l'ensemble des tesselles alors qu'ils sont en augmentation avec le groupe de la forêt naturelle. Les perturbations anthropiques pourraient donc être la cause de cette diminution, d'où la définition d'un enjeu pour ces compositions.

Tableau 30 - Comparaison entre la perte des résineux et la diminution des forêts mûres et surannées résineuses

	Peuplements R		Forêts mûres et surannées R	
	L'ensemble des tesselles	Naturelle	L'ensemble des tesselles	Naturelle
Territoire	-31.7%	-27.4%	-35.3%	23.5%
3b	-60.1%	-33.0%	-56.2%	4.8%
4c	-28.1%	-22.4%	-19.9%	60.5%
5c	-30.9%	-35.0%	-51.9%	-11.2%

5.2 Suggestions d'enjeu et de balises

Les résultats précédents nous portent à croire qu'il n'y aurait pas lieu d'établir un enjeu pour la quantité de forêts mûres et surannées résineuses dans la sapinière à bouleau jaune. Toutefois, la diminution importante observée dans les autres régions fait en sorte qu'un enjeu ainsi qu'une cible doivent être mise en place pour l'érablière à bouleau jaune et la sapinière à bouleau blanc (Tableau 31). Les différences observées au niveau des MFTR dans l'érablière à bouleau jaune et la sapinière à bouleau jaune nous incitent à l'établissement d'un enjeu et de balises spécifiques à cette composition (



Tableau 32). La présence plutôt marginale de cette composition dans la sapinière à bouleau blanc fait en sorte qu'il n'y aura pas de cible pour cette région. Compte tenu que le seuil utilisé est la quantité observée au lendemain de perturbations d'origine très importantes et peut ainsi être considéré comme un minimum, nous préférons utiliser une valeur supérieure au 33% du seuil historique, valeur habituellement utilisée. Cette valeur sera donc la balise inférieure. Une balise équivalent à 66% du seuil historique nous apparaît être un bon compromis comme balise supérieure. Par contre, une évaluation de l'impact de cette cible sur la stratégie d'aménagement devra être faite afin de valider le pourcentage.

Tableau 31 - Suggestions de balises de forêts mûres et surannées résineuses basées sur le seuil historique

	ML	4D	Écart	Balise inférieure (33% du seuil)	Balise supérieure (66% du seuil)
Érabièrre à bouleau jaune	4.7%	2.1%	-56.2%	1.6%	3.1%
Sapinière à bouleau jaune	4.8%	7.8%	62.1%	1.6%	3.2%
Sapinière à bouleau blanc	22.2%	12.0%	-45.9%	7.3%	14.8%



Tableau 32 - Suggestions de balises de forêts mûres et surannées MFTR basées sur le seuil historique

	ML	4D	Écart	Balise inférieure (33% du seuil)	Balise supérieure (66% du seuil)
Érablière à bouleau jaune	12,0%	3,1%	-74.4%	4.0%	8.0%
Sapinière à bouleau jaune	3,3%	1,1%	-66.4%	1.1%	2.2%
Sapinière à bouleau blanc	0,4%	0,0%	-94.4%	0.1%	0.2%

Compte tenu des différences observées, nous préconisons la présence d'un enjeu pour les R dans l'érablière à bouleau jaune et la sapinière à bouleau blanc. Pour les MFTR, l'enjeu sera seulement applicable dans l'érablière à bouleau jaune et la sapinière à bouleau jaune.

6 ORGANISATION SPATIALE DES FORÊTS

La fragmentation du paysage peut être analysée sous divers points de vue, dont celui de la fragmentation au niveau des classes d'âge sous l'effet de différentes perturbations et celle induite par l'entremêlement des types de composition sur le territoire. Pour commencer, nous avons comparé l'effet de deux perturbations d'origine, à l'intérieur d'une zone touchée par les grands feux, sur la modification des classes d'âge soit le feu et les coupes totales. Nous nous sommes basés sur le fait qu'un feu ne brûle pas nécessairement uniformément sur l'ensemble de son passage. Il est ainsi possible de retrouver des peuplements non brûlés ou partiellement brûlés à l'intérieur d'un feu. Pour ce faire, nous avons sélectionné, à l'intérieur des principaux feux, les tesselles ayant une classe d'âge à l'époque Maclaren plus vieille que l'âge du feu ou différentes de la classe d'âge majoritaire. Nous avons par la suite déduits que ces tesselles n'avaient pas brûlé ou avaient seulement eu un feu superficiel. Par exemple, pour le feu de 1923, les tesselles de 70 et 90 ans ont été identifiées comme n'ayant pas brûlées. Cette sélection a été validée avec les peuplements de cette époque et la topographie. Il s'est avéré que la sélection concordait souvent avec des peuplements feuillus ou à dominance feuillue, ces derniers ayant naturellement moins de chance de brûler. Pour comparer l'effet des coupes totales, nous avons sélectionné, à l'intérieur des mêmes feux, les tesselles âgées de 10 ans et ayant eu une coupe totale répertoriée dans le fichier cartographique de l'historique des perturbations. Les coupes partielles n'ont pas été incluses dans cette analyse puisqu'elles ne modifient pas substantiellement la classe d'âge du peuplement. La base de données de tesselles a ensuite été superposée à la carte des coupes totales pour y transférer l'information.

Ensuite, nous avons créé une carte matricielle pour chaque perturbation à l'aide des statistiques de voisinage. Cette méthode analyse chaque pixel de la carte et pour chacun, identifie la classe d'âge majoritaire dans un rayon de 500m autour du pixel. Ainsi, s'il y a une majorité de tesselles jeunes, le logiciel classifera ce pixel comme étant jeune. Le logiciel Fragstats a été utilisé pour calculer des métriques décrivant le paysage pour pouvoir comparer la fragmentation à l'intérieur des feux à la fragmentation d'un paysage de coupes. Le choix des métriques a été fait en s'inspirant de certains articles présents dans la littérature scientifique tout en tenant compte des caractéristiques du paysage faisant l'objet de la comparaison (Cushman et al. 2008, Linke et al. 2008). Une description détaillée de chaque métrique utilisée est présentée à l'annexe 2. Un bémol doit cependant être mis sur les valeurs des indices de même que sur les conclusions



pouvant en être tirées. En effet, ces valeurs sont utilisées à titre indicatif seulement dans le cadre de la comparaison entre les deux époques pour mieux comprendre l'effet et l'importance de l'être humain sur le paysage.

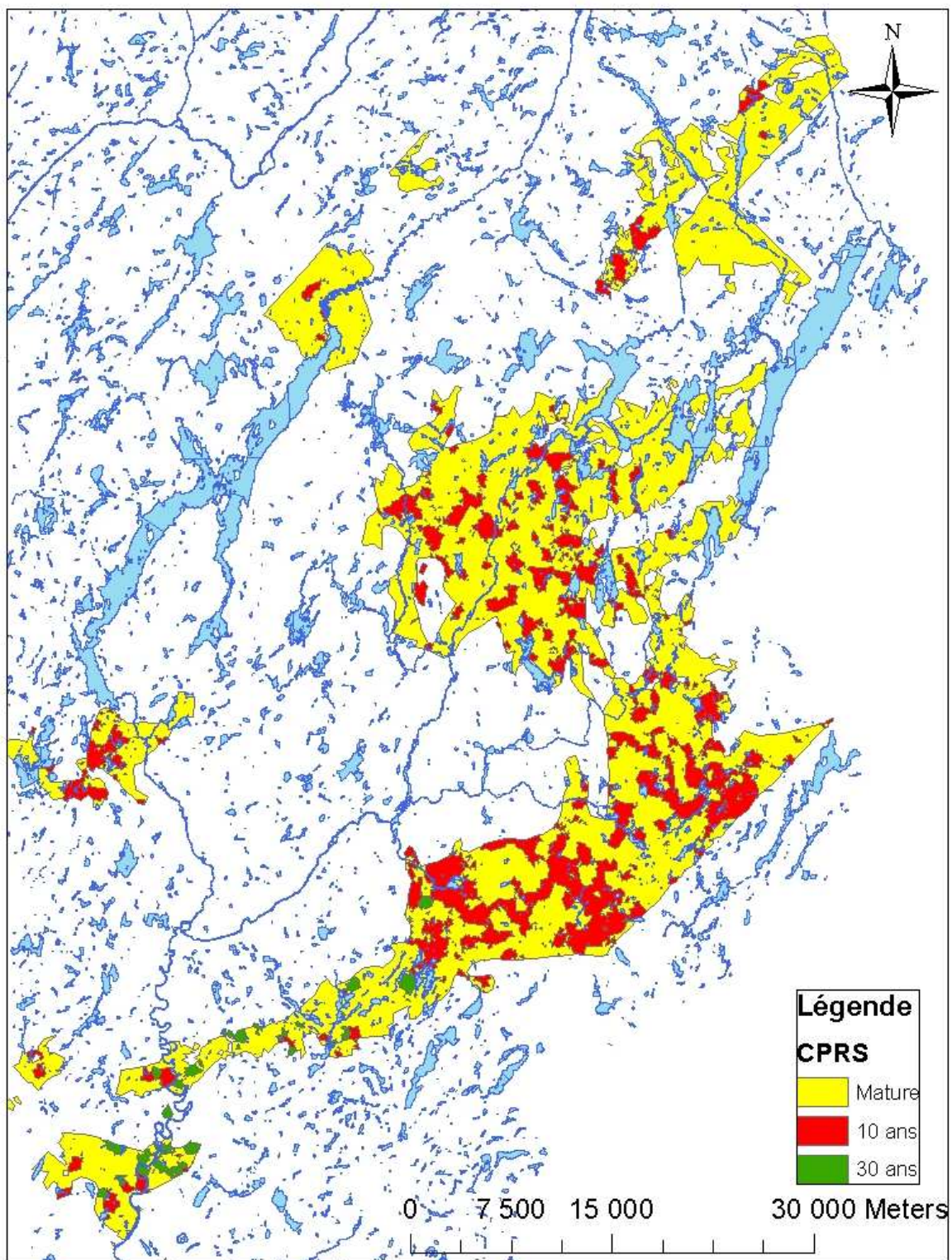
Les résultats de la comparaison présentés au tableau suivant indiquent que les deux paysages étudiés sont légèrement différents, outre le fait que les effets sont inverses, les feux créant des peuplements matures dans une matrice de peuplements jeunes. On note que le paysage de coupes totales a tendance à créer des peuplements de plus faible taille et que cette taille est moins variable dans le paysage (AREA_MN et AREA_CV). Le plus gros peuplement est également plus important dans le paysage généré par le feu (LPI). Les principales différences observées viennent de la distance moyenne au plus proche voisin et de l'indice d'isolation (ENN_MN et PROX_MN). Les peuplements jeunes du paysage de coupes totales sont plus près les uns des autres puisque la valeur de ENN_MN est plus faible. On peut aussi dire qu'ils sont moins isolés les uns des autres avec une augmentation de PROX_MN. La densité de peuplements est également différente et plus élevée pour le paysage de coupes totales, laissant présager une plus grande fragmentation (PD). L'augmentation de l'indice de complexité du paysage, LSI, laisse supposer un paysage de forme plus complexe avec des peuplements moins agglomérés. Cependant, la forme des peuplements créés est similaire, quoique plus variable dans le paysage de coupes totales, et demeure assez simple (SHAPE_MN et SHAPE_CV). Pour mieux comprendre la signification des changements observés, la colonne complexité résume la variation de la valeur des métriques, par rapport aux feux, en ce qui a trait à la complexité. Un + indique qu'il pourrait y avoir une augmentation de la complexité alors qu'un - indiquerait une simplification.

Finalement, on peut dire que le paysage de CPRS peut être considéré comme étant plus complexe et plus fragmenté puisque les peuplements jeunes couvrent une plus grande superficie de la région étudiée et la taille de ces peuplements est plus petites que dans le paysage de feux. Ils sont ainsi plus éparpillés dans le paysage, créant une plus grande quantité de lisières. Cette situation peut être favorable pour certaines espèces préférant ces lisières et un paysage plus complexe. Toutefois, cela peut nuire à d'autres espèces préférant des massifs fermés ou des forêts d'intérieur. Une attention particulière devra donc être portée à cet aspect lors de la planification des coupes totales, surtout si l'objectif est de s'inspirer des perturbations naturelles.

Tableau 33 - Résultats de l'analyse de fragmentation pour les classes d'âge

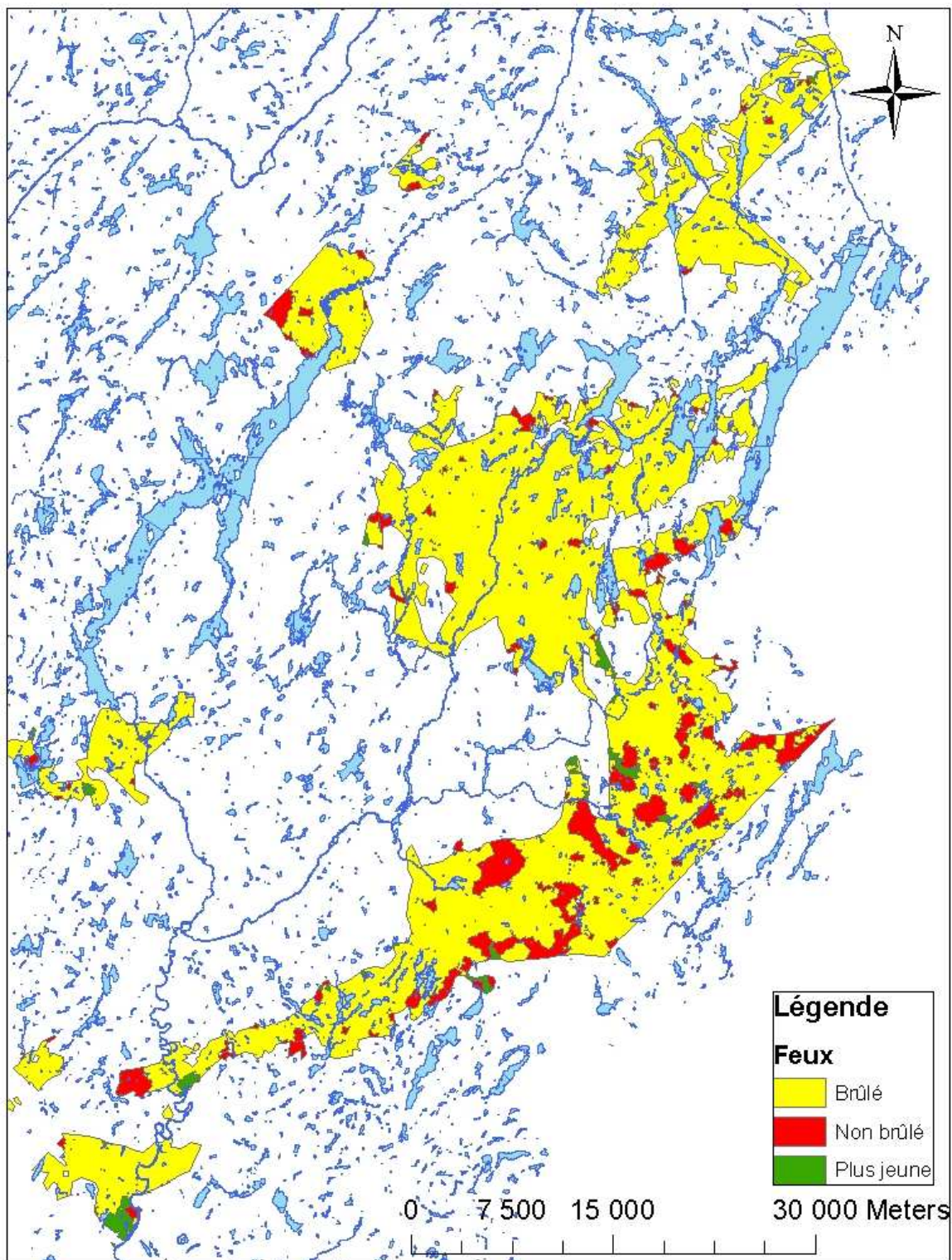
	Code Fragstats	CPRS	Feux	Complexité (p/r aux feux)
Isolation	PROX_MN	455.79	292.97	-
Distance du plus proche voisin	ENN_MN	477.96	782.37	-
Complexité de la forme	SHAPE_MN	1.36	1.41	-
Variation de la forme des peuplements	SHAPE_CV	62.05	46.82	
Forme du paysage	LSI			+
Superficie des peuplements	AREA_MN	187.30	248.18	+
Variation de la superficie	AREA_CV	770.49	885.00	
Densité de peuplements	PD	0.047	0.035	+
Indice de forme du paysage	LSI	4.00	2.50	+
Indice de dominance (plus gros peup.)	LPI	2.02	2.84	+
Proportion du paysage coupé / non brûlé	-	19.9%	9.9%	+





Carte 3 - Fragmentation induite par la CPRS au 4^e décennal





Carte 4 - Fragmentation induite par les feux à l'époque Maclaren



La CPRS a un effet différent d'un feu de forêt sur l'organisation spatiale en rendant le paysage plus complexe en terme de classe d'âge. La CPRS crée plus de peuplements qui couvrent une plus grande superficie, augmentant ainsi la quantité de lisières.

Par la suite, nous avons examiné la fragmentation du paysage au niveau des différentes compositions forestières et ce, par région écologique. Nous avons également inclus l'âge des peuplements, soit jeune (10 et 30 ans) ou mature (50 à 90 ans) et s'il y avait eu une perturbation humaine ou non. Pour chaque composition, il peut donc y avoir jusqu'à quatre catégories, soit jeune et perturbée, jeune et non perturbée, mature et perturbée et finalement mature et non perturbée. Nous avons regroupé les classes d'âge de façon à obtenir un portrait général de la situation. Le grain de l'analyse demeure ainsi assez grossier, concordant avec les données d'origine et le contexte de l'analyse. Nous avons procédé de la même façon pour créer les cartes matricielles nécessaires à l'utilisation du logiciel Fragstats. Suite à des analyses préliminaires, il a été convenu de poursuivre les analyses. En effet, une vérification devait être faite quant à la validité de l'analyse en fonction du rayon utilisé pour calculer la majorité. Un rayon de 750m ayant été utilisé initialement, il y avait un questionnement pour savoir si un rayon inférieur ou supérieur modifierait les résultats de l'analyse. L'utilisation de plusieurs rayons de recherche permet aussi de mieux comprendre les effets de l'échelle dans ce type d'analyse puisque certains patrons peuvent être visibles à certaines échelles et invisibles à d'autres. Aussi, selon Riitters et al. (2000), aucune échelle ou fenêtre d'analyse ne peut convenir pour l'ensemble des besoins.

6.1.1 Érablière à bouleau jaune

Les résultats concernant cette région sont en général constants d'une échelle à l'autre quoique la simplification du paysage soit plus évidente à grande échelle. En utilisant un rayon de 500m, il y aurait un peu plus de peuplements et ces derniers seraient d'une plus petite taille. Par contre, le peuplement le plus gros est plus important au 4^e décennal et les peuplements similaires sont moins isolés. Quant à l'indice de forme du paysage, ils ont une valeur similaire pour chacune des époques. Ces résultats portent à croire à la présence de paysages similaires pour les deux époques, avec cependant une légère simplification. Cette même simplification est aussi présente avec les autres échelles d'analyse. De plus, plus le rayon de recherche est grand, plus la simplification du paysage est évidente puisque la majorité des métriques abonde dans le même sens. Ainsi, au cours de la période étudiée, on assisterait à une simplification du paysage et ce, à n'importe quelle échelle d'analyse.

Tableau 34 - Analyse de la fragmentation pour l'érablière à bouleau jaune

	Rayon de 500m			Rayon de 750m			Rayon de 1000m			Rayon de 1500m		
	ML	4D	Impact	ML	4D	Impact	ML	4D	Impact	ML	4D	Impact
PD	0.60	0.63	=	0.40	0.41	=	0.30	0.30	=	0.20	0.17	=
LPI	0.8	1.5	-	1.8	3.8	-	2.4	4.6	-	2.8	12.7	-
LSI	13.6	13.6	=	10.9	10.6	=	9.1	8.3	-	6.7	5.8	-
AREA_MN	49.5	46.2	=	75.8	74.3	=	101.4	100.7	=	154.1	176.1	-
PROX_MN	7.9	11.3	-	18.6	37.1	-	34.8	89.0	-	88.0	408.4	-
ENN_MN	838.1	824.6	=	957.3	1002.0	+	1037.4	952.4	-	937.8	1186.0	+
SIDI	0.86	0.81	-	0.84	0.75	-	0.83	0.70	-	0.80	0.62	-



6.1.2 Sapinière à bouleau jaune

L'évolution de la région de la sapinière à bouleau jaune aurait été différente de celle de l'érablière à bouleau jaune. En effet, pour cette région, l'échelle d'analyse a un impact sur la conclusion pouvant être tirée suite à l'analyse de fragmentation. Lorsque le rayon minimal est utilisé (500m), le paysage apparaît comme étant plus complexe. Les peuplements sont de plus petites tailles, créant ainsi une densité de peuplements plus importante. L'indice de forme du paysage indique également que le paysage est de forme plus complexe. À partir du rayon de recherche de 1000m, les résultats indiquent que le paysage aurait tendance à être moins complexe. La densité de peuplements est similaire mais le plus gros peuplement a une taille plus importante au 4^e décennal. Il y aurait aussi une plus grosse dominance d'un seul type de peuplement dans le paysage. Les résultats indiquent une évolution similaire avec un rayon de 1500m.

Le constat est donc sensible à un changement d'échelle d'analyse. En effet, à une échelle plus fine, qui pourrait correspondre à l'échelle du peuplement, il y aurait une augmentation de la fragmentation. Cependant, lorsque calculée avec une plus grande échelle, la matrice résultante devient moins fragmentée.

Tableau 35 - Analyse de la fragmentation pour la sapinière à bouleau jaune

	Rayon de 500m			Rayon de 750m			Rayon de 1000m			Rayon de 1500m		
	ML	4D	Impact	ML	4D	Impact	ML	4D	Impact	ML	4D	Impact
PD	0.88	1.08	+	0.58	0.67	+	0.41	0.44	=	0.27	0.26	=
LPI	1.7	1.4	=	2.2	2.1	=	2.4	3.5	-	3.0	6.0	-
LSI	31.8	35.4	+	25.2	26.9	+	20.4	21.1	+	15.5	14.9	-
AREA_MN	50.6	41.2	+	78.3	66.9	+	109.5	101.8	+	166.5	172.9	-
PROX_MN	10.0	7.9	+	24.3	39.2	-	40.2	93.9	-	88.4	338.4	-
ENN_MN	634.1	628.1	=	719.8	729.5	=	778.8	749.4	-	707.8	586.5	-
SIDI	0.93	0.90	=	0.92	0.88	=	0.92	0.86	-	0.91	0.84	-

6.1.3 Sapinière à bouleau blanc

Dans le cas de la sapinière à bouleau blanc, l'échelle n'a eu aucune influence sur les résultats observés. Peu importe l'échelle d'analyse, la densité de peuplements aurait augmenté et la taille moyenne des peuplements serait plus faible. L'indice de forme du paysage révèle aussi un paysage de forme complexe pour chacun des rayons, à l'exception du rayon de 1500m qui s'est avéré similaire. La particularité de cette région est l'influence d'un gros peuplement et ce, particulière au 4^e décennal. Ce peuplement exerçant une certaine influence sur certaines métriques, leurs valeurs nous porteraient à croire à une simplification. Toutefois, puisque les autres métriques indiquent une augmentation de la complexité malgré ce peuplement, il serait réaliste de croire à une augmentation de la complexité pour l'ensemble des échelles.

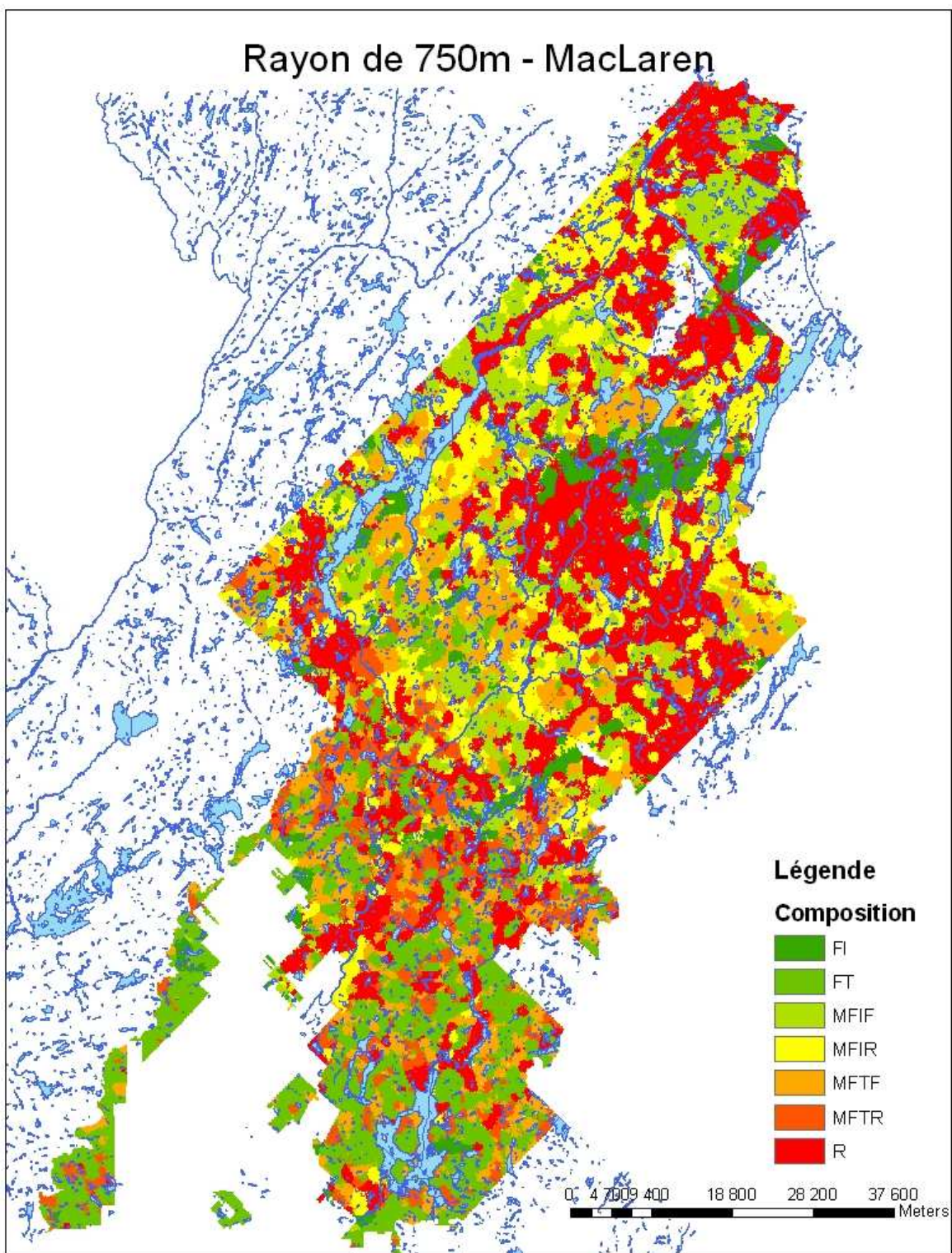


Tableau 36 - Analyse de la fragmentation pour la sapinière à bouleau blanc

	Rayon de 500m			Rayon de 750m			Rayon de 1000m			Rayon de 1500m		
	ML	4D	Impact	ML	4D	Impact	ML	4D	Impact	ML	4D	Impact
PD	0.88	1.24	+	0.58	0.76	+	0.41	0.51	+	0.23	0.28	+
LPI	4.4	10.0	-	4.5	19.1	-	4.8	25.2	-	5.5	29.7	-
LSI	16.8	20.0	+	13.1	15.0	+	10.4	11.7	+	7.8	7.6	=
AREA_MN	64.4	45.7	+	97.5	74.7	+	138.9	111.5	+	250.1	201.0	+
PROX_MN	12.8	34.8	-	21.6	236.0	-	37.9	342.0	-	69.3	689.4	-
ENN_MN	692.0	576.9	-	599.2	607.2	=	748.4	592.2	-	608.2	540.7	-
SIDI	0.89	0.77	-	0.89	0.71	-	0.88	0.66	-	0.88	0.58	-

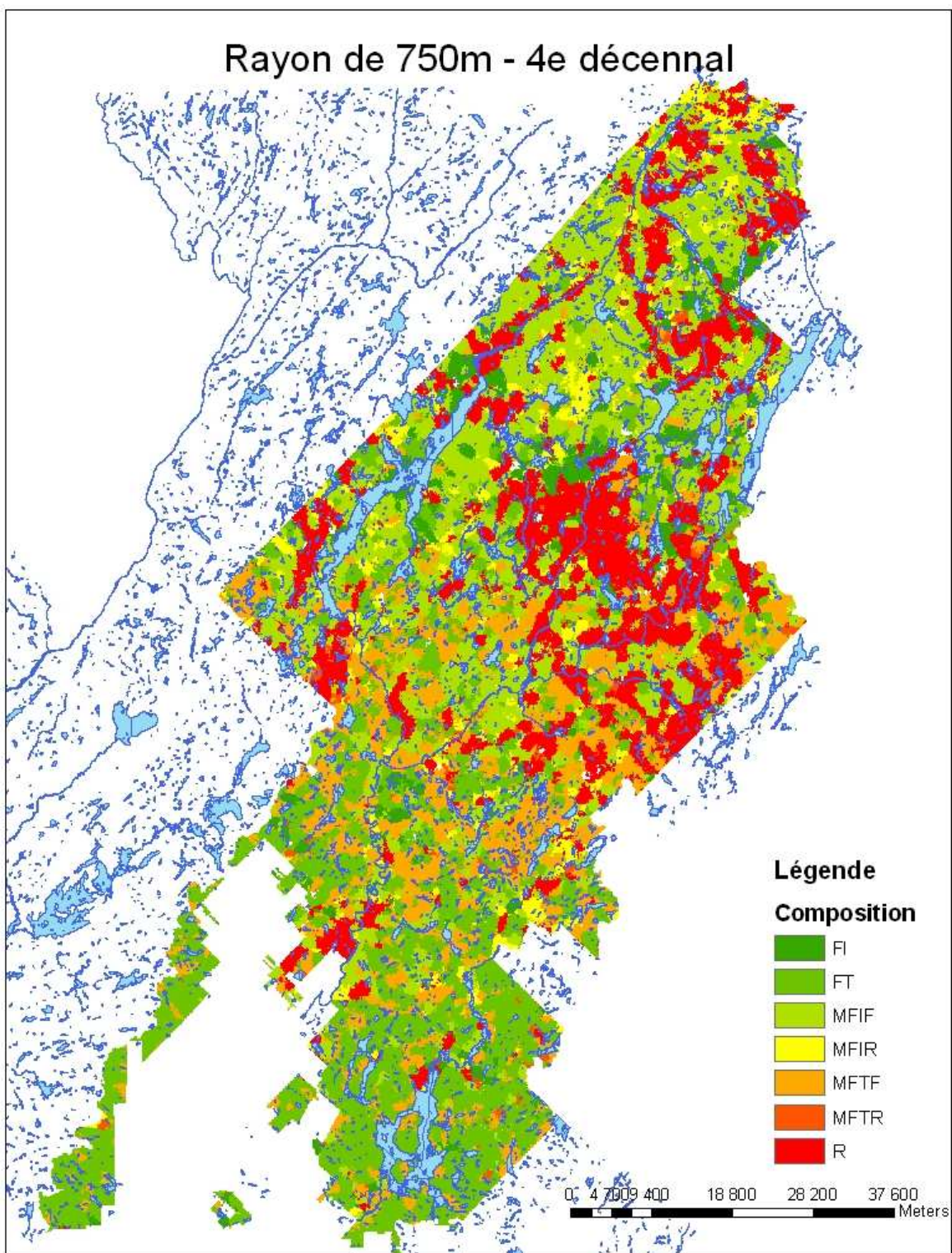
Les cartes suivantes montrent le résultat des analyses à l'aide des statistiques de voisinage pour les compositions. On peut donc comparer l'évolution des compositions et on remarque de grosses différences sur l'ensemble du territoire.





Carte 5 - Statistiques de voisinage pour les compositions de l'époque MacLaren





Carte 6 - Statistiques de voisinage pour les compositions au 4^e décennal



Le paysage a été modifié au cours de la période étudiée, notamment en terme de complexité du paysage. Le paysage de l'érablière à bouleau jaune se serait simplifié alors que ceux de la sapinière à bouleau jaune et la sapinière à bouleau blanc se seraient complexifiés. Le constat diffère en fonction de l'échelle utilisée pour la sapinière à bouleau jaune. Il y aurait donc une augmentation de la fragmentation du sud vers le nord. Cependant, il est difficile de quantifier l'impact de ces changements sur la biodiversité.

6.2 Sommaire

En conclusion, il faut d'abord rappeler l'origine des données utilisées dans le cadre de cette analyse. En effet, il s'agit de tesselles, chacune espacées d'environ 300 à 400m, ce qui pourrait correspondre à un polygone d'une dizaine d'hectare. Étudier l'évolution de la fragmentation ou de la complexité d'un territoire entre deux époques à partir de ces données a des limites. Il est cependant possible de les utiliser pour donner un aperçu général de la situation et pour quantifier l'effet de l'échelle d'analyse utilisée pour calculer les statistiques de voisinage. Il est ainsi possible de conclure à une modification de l'agencement et la diversité des peuplements au cours de la période étudiée par de nombreuses perturbations. On observe ainsi une simplification du paysage et un regroupement de peuplements en certains endroits alors que d'autres sont plus fragmentés ou plus simplement à une simplification du paysage dans l'érablière à bouleau jaune, à une complexification ou à une simplification selon l'échelle utilisée dans la sapinière à bouleau jaune et d'une complexification dans la sapinière à bouleau blanc. Il y aurait ainsi une tendance vers l'augmentation de la complexité qui est fonction du gradient latitudinal.

Il est cependant difficile de dire si la nature de même que la force du changement observé peuvent influencer de façon négative ou positive la biodiversité. En effet, nous n'avons pas les connaissances requises pour établir si les différences observées sont suffisamment importantes pour être néfastes. Pour certaines espèces, une augmentation de la complexité peut constituer une amélioration de son habitat alors que pour d'autres espèces, la même situation constituera une détérioration. Des espèces spécifiques devront être ciblées avant d'avancer une conclusion sur l'impact des résultats présentés ici sur la biodiversité. De plus, il est difficile de comparer les valeurs des métriques obtenues avec d'autres études puisque le contexte et la base des analyses ne sont pas les mêmes. D'autres études seraient requises pour quantifier plus exactement la fragmentation ou la simplification du territoire ainsi que ses effets sur la biodiversité en place.

7 ESPÈCES FAUNIQUES

Les espèces fauniques sont étroitement reliées à leur habitat, certaines plus que d'autres. Par exemple, une espèce dite spécialiste sera plus limitée à un type particulier d'habitat alors qu'une espèce plus généraliste sera moins restreinte dans son choix. Une modification de l'habitat peut donc entraîner des modifications au niveau de la répartition ou de la taille de la population d'une espèce.

La figure suivante démontre l'évolution de la qualité d'habitat pour quatre différentes espèces, soit le grand pic, la moucherolle tchébec, la gélinotte huppée et la paruline couronnée. Ce sont des espèces surtout représentatives des forêts feuillues, autant jeunes que plus matures. Comme on pouvait s'y attendre suite aux conclusions des sections précédentes où une augmentation des



peuplements de composition à dominance feuillue et une diminution des peuplements de composition à dominance résineuse ont été documentées, nous observons une amélioration généralisée de la qualité des habitats. La proportion d'habitats de qualité élevée pour le grand pic a notamment doublé au cours de la période étudiée.

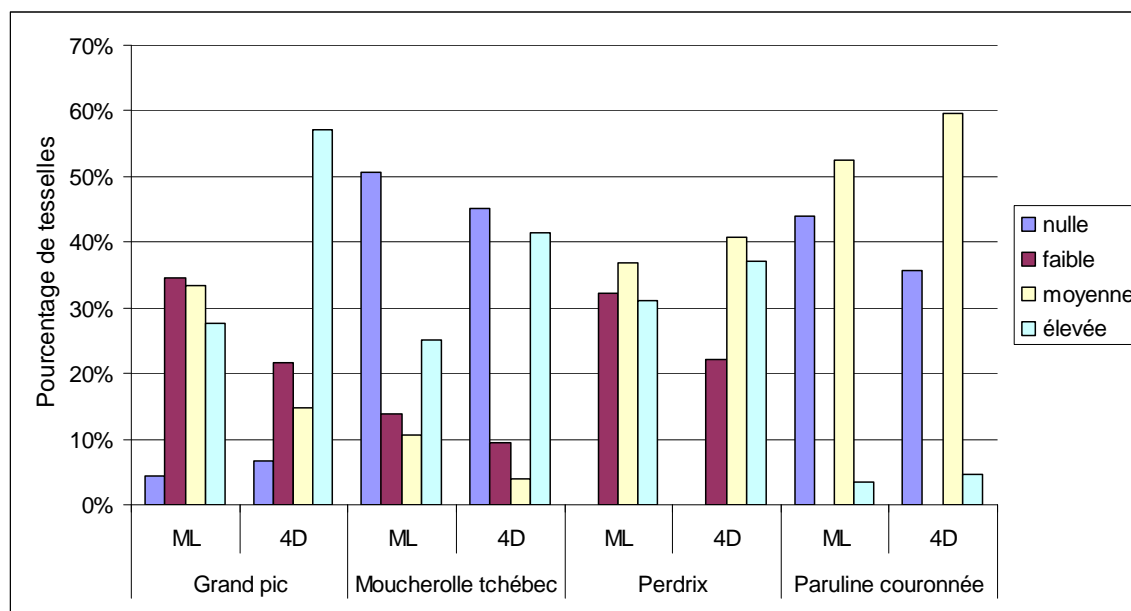


Figure 19 - Évolution de l'habitat des espèces représentatives des forêts feuillues

En ce qui concerne les espèces habituellement associées aux forêts résineuses ou à dominance résineuses, la situation est tout autre. La même relation entre la qualité de l'habitat et les changements observés en terme de compositions à la première section s'applique. Comme la diminution des peuplements résineux sur l'ensemble du territoire a fait en sorte de causer une diminution de la qualité d'habitat autant pour la martre que la sittelle à poitrine rousse ou le tétras du Canada. La situation est particulièrement évidente pour la sittelle à poitrine rousse qui a connu une baisse importante de la quantité d'habitat de qualité élevée et une augmentation des habitats classés de qualité nulle.

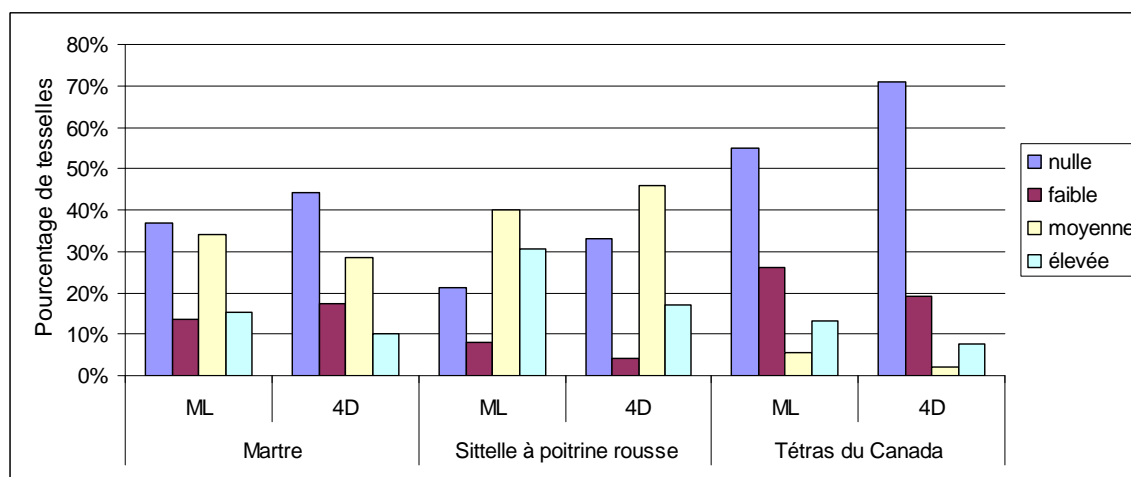


Figure 20 - Évolution de l'habitat des espèces représentatives des forêts résineuses

L'habitat de l'orignal et du lynx du Canada est dans une situation très similaire à celle observée lors de l'analyse de l'époque Maclaren, quoique dans le cas de l'orignal, la qualité de son habitat soit en légère diminution. On peut cependant remarquer que plus de 70% du territoire est classifié comme étant un habitat de qualité élevée pour l'orignal. Ainsi, très peu de tesselles ont été classées de qualité faible ou nulle.

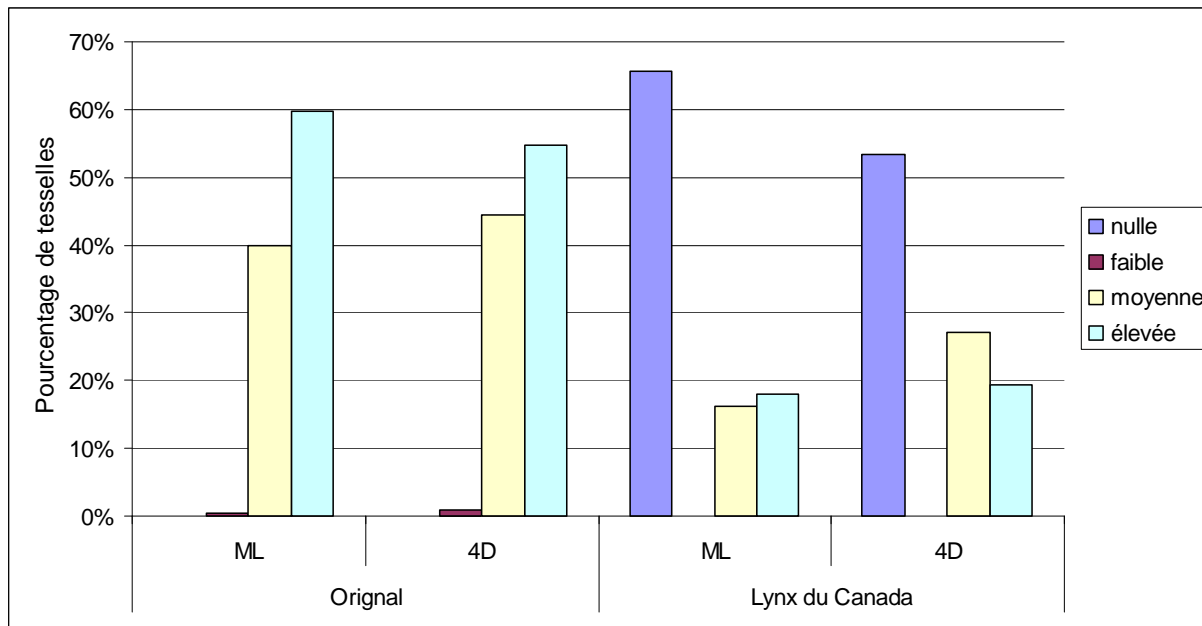


Figure 21 - Évolution des espèces représentatives des forêts mixtes

On observe une relation très importante entre les variations de qualité d'habitat des espèces plus spécialistes et les changements de composition observés à la section 1. Les espèces associées aux compositions résineuses ont connu une diminution de leur qualité d'habitat alors que les espèces associées aux feuillus ont connu une augmentation.

La séparation de l'IQH de l'orignal en régions écologiques permet de localiser la région écologique présentant les meilleures caractéristiques pour l'orignal. Ainsi, on peut voir que la région démontrant le plus haut pourcentage d'habitat de qualité élevée est la sapinière à bouleau blanc suivi par la sapinière à bouleau jaune. On voit également que la diminution de la qualité de l'habitat a surtout eu lieu dans la sapinière à bouleau jaune et dans l'érablière à bouleau jaune alors qu'elle a augmenté dans la sapinière à bouleau blanc.

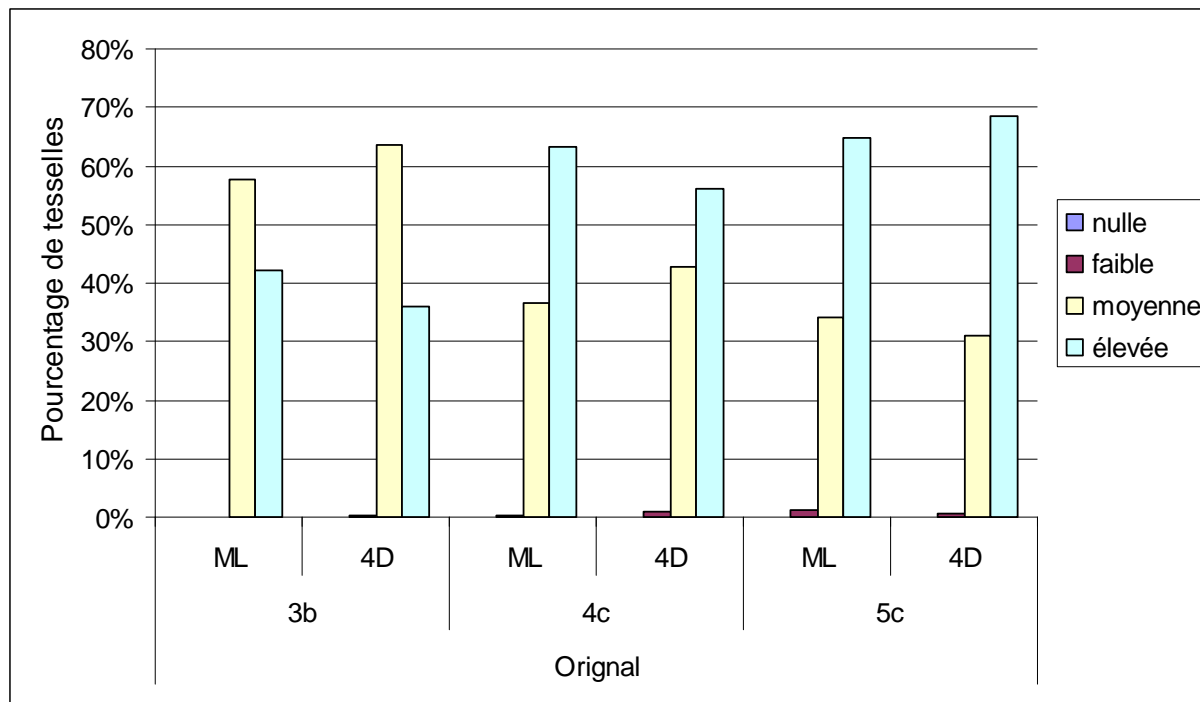


Figure 22 - Qualité de l'habitat de l'orignal en fonction de la région écologique

Du côté de la martre, étant donné que les forêts mûres et surannées résineuses sont de plus en plus présentes vers le nord du territoire, un type de peuplement fortement associé à celle-ci, il est normal de retrouver une moins grande proportion d'habitat de qualité nulle dans la sapinière à bouleau blanc. Cependant, peu importe la région écologique et peu importe la période étudiée, la quantité d'habitat de qualité élevée est relativement faible. On note également une hausse de la quantité de l'habitat de qualité nulle ou faible et une diminution des habitats de qualité élevée ou moyenne pour chacune des régions.

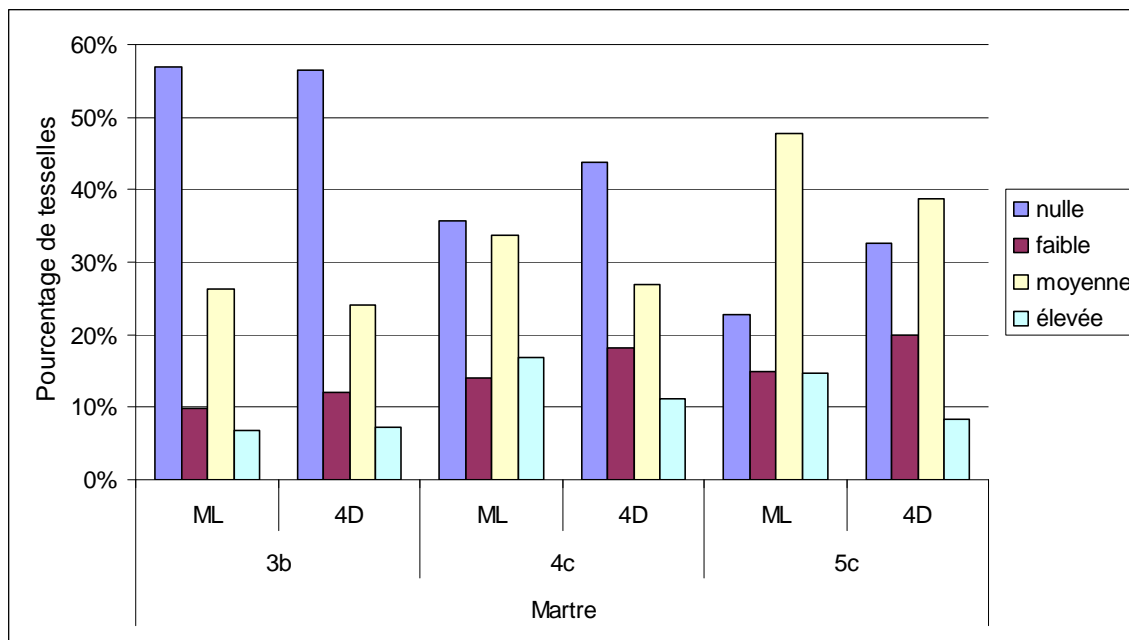


Figure 23 - Qualité de l'habitat de la martre en fonction de la région écologique

7.1 Gestion par bassin versant

Enfin, une analyse de l'IQH de l'original à l'échelle du bassin versant a été réalisée. Les résultats présentés dans cette section doivent être considérés différemment de ceux de la section précédente puisque l'échelle d'analyse n'est pas la même. Dans ce cas-ci, le bassin versant, d'une superficie moyenne de 29.7 km², agit comme unité d'analyse au lieu de la tesselle. Ainsi, quelques tesselles de qualité d'habitat nulle au sein d'un bassin versant majoritairement composé de tesselles de qualité d'habitat élevée n'aurait que peu d'impact sur la classification de ce bassin. Les résultats de cette analyse sont seulement présentés pour l'original puisqu'il s'agit d'une espèce vedette. À l'échelle de l'UAF, il y a eu une faible diminution du nombre de bassins versants de qualité d'habitat élevée. Cette diminution à l'échelle de l'UAF résulte de la diminution observée dans l'érablière à bouleau jaune et dans la sapinière à bouleau jaune. Pourtant, aucune diminution notable dans ces régions n'a été notée lorsque l'analyse est faite avec la tesselle comme unité. Cette situation peut être causée par une baisse de l'IQH suffisamment élevée et regroupée pour faire changer de catégorie la valeur du bassin. La sapinière à bouleau blanc a quant à elle connu une augmentation du nombre de bassins versants de qualité élevée.

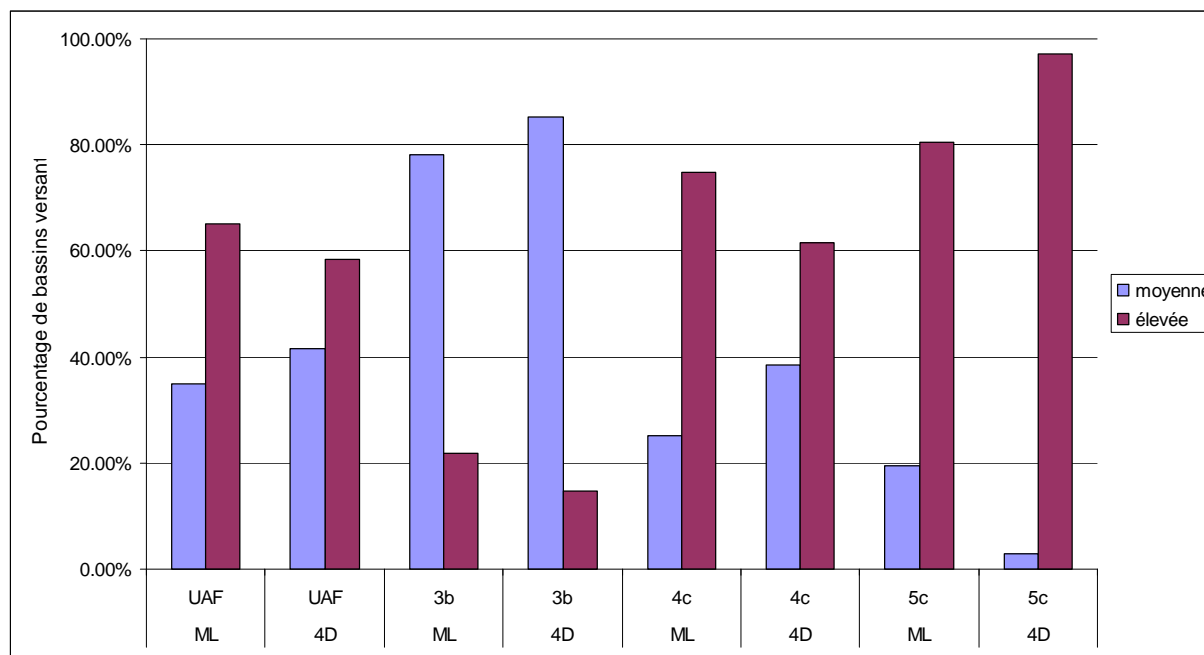


Figure 24 - Évolution de la qualité de l'habitat de l'original par bassin versant

7.2 Sommaire

La qualité d'habitat des espèces identifiées dans cette analyse a beaucoup variée pour certaines d'entre elles, surtout celles associées à des types particuliers d'habitat. Ainsi, les espèces associées aux habitats à dominance résineuse telles que la martre et le tétras ont connu une diminution de la qualité de leur habitat. Les espèces comme le grand pic et la mouche tchébec ont quant à elles connu une amélioration de la qualité de leur habitat. Les changements de qualité d'habitat pour une espèce donnée apparaissent donc comme étant reliés aux changements de composition observés dans les sections précédentes. Cette conclusion n'est pas très surprenante en soi puisque le calcul de l'IQH utilise directement les données étudiées dans les sections précédentes. Ainsi, pour une espèce typique des peuplements résineux ou à dominance résineuse, une diminution de ces peuplements risque d'entraîner une diminution de la qualité de l'habitat pour cette espèce.

Si par le biais de pratiques forestières différentes, nous pouvions réduire les problèmes énoncés plus haut tels que l'enfeuillage et la perte de résineux, la qualité des habitats risquerait de moins varier. On pourrait donc envisager de gérer indirectement l'habitat de certaines espèces fauniques ciblées en gérant les compositions forestières typiquement associées à ces espèces. Par exemple, au lieu de gérer l'habitat de la martre, il serait possible de gérer les peuplements résineux ou à dominance résineuse matures. Mais, comme l'ont précisé Bouffard et Doyon (2008), gérer l'habitat de la martre au lieu d'un type particulier d'habitat peut s'avérer utile et plus informatif pour l'ensemble des intervenants du milieu. Compte tenu des enjeux et des cibles précédemment indiqués dans ce document, aucun enjeu n'a été énoncé pour une espèce faunique particulière. S'assurer de demeurer dans la variabilité naturelle des modifications de composition devrait suffire pour assurer la présence d'une quantité adéquate d'habitat de qualité.



8 CONCLUSION

En conclusion, nous pouvons dire que ce projet a permis de faire de nombreux apprentissages en ce qui concerne la comparaison entre la dynamique forestière naturelle et l'effet des perturbations anthropiques. Ainsi, nous avons été en mesure d'établir les balises nécessaires à la réalisation de l'aménagement écosystémique autant en terme de changement de composition qu'en terme de présence de forêts mûres et surannées pour chacune des régions écologiques. Il reste cependant une question très importante, pouvant influencer les efforts mis en place pour s'inspirer des perturbations naturelles, à éclaircir; celle de la présence d'un balancier entre la quantité de feuillus et la quantité de résineux.

Il reste par contre beaucoup de travail à faire en ce qui a trait à la mise en application de l'aménagement écosystémique de même que sur la réalisation des correctifs à apporter. En effet, ce travail va servir de base aux changements apportés par le nouveau régime mais, il demeure encore de nombreuses questions en suspens. Notamment, quels traitements sylvicoles vont permettre d'augmenter la composante résineuse sur le territoire et dans quelle proportion doit-on les appliquer? Comment modifier l'organisation spatiale des peuplements de façon à ce qu'elle s'inspire davantage des perturbations naturelles? Comment concilier les coupes forestières dans les peuplements matures résineux et le besoin d'augmenter la proportion de forêts mûres et surannées résineuses? Peut-on développer de nouvelles méthodes de coupe permettant de maintenir les attributs caractéristiques des forêts mûres et surannées dans les forêts résineuses?



BIBLIOGRAPHIE

Cushman, S.A., McGarigal, K., Neel, M.C. 2008. Parsimony in landscape metrics: strength, universality and consistency. *Ecological Indicators* 8, 691-703.

Doyon, F., Bouffard, D. 2009. Reconstitution historique du dynamisme du paysage forestier de l'UAF 064-51 au cours du 20^e siècle (version 1.0) pour Coopérative forestière des Hautes-Laurentides. Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue (IQAFF). Juin 2009. 98 p.

Doyon, F., Bouffard, D. 2008. L'intégration des valeurs fauniques et de biodiversité à la planification forestière. Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue (IQAFF). 37 p.

Doyon, F., Bouffard, D., Poirier, J. 2002. Classification et cartographie des habitats fauniques basée sur les caractéristiques structurales des peuplements forestiers de l'Outaouais. Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue (IQAFF). 142 p.

Doyon, F., Higgleke, P.E., MacLeod, H.L. 2000a. Least flycatcher (*Empidonax minimus*). KBM Forestry Consultants Inc.. 7 p.

Doyon, F., Higgleke, P.E., MacLeod, H.L. 2000b. Canada lynx (*Lynx canadensis*). KBM Forestry Consultants Inc.. 15 p.

Forêt modèle du Bas St-Laurent, Université du Québec à Rimouski (FMBSL). 2003. Indices de qualité d'habitat, extension ArcView version 3.0. Forêt modèle du Bas St-Laurent, 58 p.

Linke, J., Franklin, S.E., Hall-Beyer, M., Stenhouse, G.B. 2008. Effects of cutline density and land-cover heterogeneity on landscape metrics in Western Alberta. *Canadian Journal of Remote Sensing* 34, 309-404.

McGarigal, K., Cushman, S.A., Neel, M.C., Ene, E. 2002. FRAGSTATS : Spatial pattern analysis program for categorical maps. Programme informatique produit par les auteurs à l'Université du Massachusetts, Amherst, disponible sur le site internet suivant : <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.

Pelletier, G et al, 2007. SIFORT: Système d'Information FORestière par Tesselle, Manuel de l'utilisateur. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, 129 p.

Puigdevall, J.P., Gauthier, P. 2009. Portrait historique de l'UAF 064-51 selon la concession Maclaren, rapport final. La Coopérative forestière des Hautes-Laurentides (CFHL), Service de l'Innovation et de l'Expérimentation, 24 p.

Riitters, K., J. Wickham, R. O'Neill, B. Jones, et E. Smith. 2000. Global-scale patterns of forest fragmentation. *Conservation Ecology* 4(2): 3. [en ligne] URL: <http://www.consecol.org/vol4/iss2/art3>

Varady-Szabo, H., Côté, M., Boucher, Y., Brunet, G., Jetté, J.-P. 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 Gaspésie-Les-Îles et Ministère des Ressources naturelles et de la faune, 61 p.



Annexes

Annexe 1 - Proportions de feuillus et de résineux utilisées pour le calcul du vecteur d'enfeuillement

Maclaren	4D	Enfeuillement
F	F	0.0%
	MF	-25.0%
	MR	-50.0%
	R	-75.0%
MF	F	25.0%
	MF	0.0%
	MR	-25.0%
	R	-50.0%
MR	F	50.0%
	MF	25.0%
	MR	0.0%
	R	-25.0%
R	F	75.0%
	MR	50.0%
	MR	25.0%
	R	0.0%



Annexe 2 - Description détaillée des métriques de paysage utilisées

	Code Fragstats	Description
Isolation	PROX_MN	Degré d'isolation d'un peuplement des peuplements de même type à proximité. La valeur augmente au fur et à mesure que le voisinage d'un peuplement est occupé par un peuplement du même type. Un chiffre plus élevé indique que les peuplements du même type sont plus concentrés. Intervalle : PROX \geq 0
Distance du plus proche voisin	ENN_MN	Une valeur plus petite indique que la distance moyenne entre les peuplements de même type est plus petite. Les peuplements similaires sont plus rapprochés. Une valeur élevée peut indiquer une plus grande isolation. Intervalle : ENN $>$ 0
Complexité de la forme	SHAPE_MN	Plus la valeur est élevée, plus la forme est complexe, 1 étant un carré et le minimum. La valeur du ratio entre le périmètre et la superficie du peuplement est un invariant de cet indice. Intervalle : SHAPE \geq 1
Variation de la forme des peuplements	SHAPE_CV	La valeur représente la variation de l'indice précédent. Plus cette valeur est faible, moins la forme des peuplements est variable.
Superficie des peuplements	AREA_MN	Superficie moyenne des peuplements. Plus le chiffre est élevé, plus les peuplements sont gros. Les paysages avec une plus faible moyenne peuvent être considérés comme plus fragmentés. Intervalle : AREA $>$ 0
Variation de la superficie	AREA_CV	Cette valeur représente la variation de la superficie des peuplements. Plus la valeur est élevée, plus la superficie est variable et il y a moins d'uniformité.
Densité de limites	ED	Cette valeur représente la densité de limites dans le paysage. Plus la valeur est élevée, plus il y a de limites. Un paysage avec une plus grande valeur peut être considéré comme plus fragmenté. Intervalle ED \geq 0
Indice de forme du paysage	LSI	Cette valeur représente un indice de forme du paysage. La valeur minimale est 1 et elle est atteinte quand le paysage est composé d'un seul peuplement de forme carrée. Plus le paysage devient irrégulier, plus la valeur augmente. Une augmentation peut aussi vouloir dire que les peuplements sont de plus en plus désagrégés. Intervalle : LSI \geq 1
Densité de peuplements	PD	Cet indice exprime la densité de peuplements du paysage par unité de 100ha. Pour un même paysage, plus la valeur est élevée, plus il y a de peuplements différents. Intervalle : PD $>$ 0, restreint par la taille du pixel
Moyenne pondérée de la dimension fractale	FRAC_AWM	La dimension fractale donne un indice de la complexité de la forme. Comme cet indice utilise la moyenne pondérée par la superficie, les peuplements les plus gros ont un plus gros poids dans la valeur de cet indice. Une valeur près de 2 indique une forme très complexe alors qu'une valeur près de 1 indique des formes plus simples, par exemple un carré. Intervalle : 1 \leq FRAC \leq 2
Diversité	SIDI	Cet indice informe sur la diversité du paysage. Lorsque la valeur approche de 1, le nombre de peuplements de différents types augmente et la distribution devient plus égale entre les types. Une diminution indique une plus grande dominance d'un type de peuplement. Intervalle : 0 \leq SIDI \leq 1
Indice de dominance	LPI	Cet indice est une valeur comprise entre 0 et 100. Il quantifie le pourcentage du paysage total compris par le plus gros peuplement. Une valeur de 100 indique que le paysage est constitué d'un seul peuplement. Intervalle : 0 $<$ LPI $<$ 100

