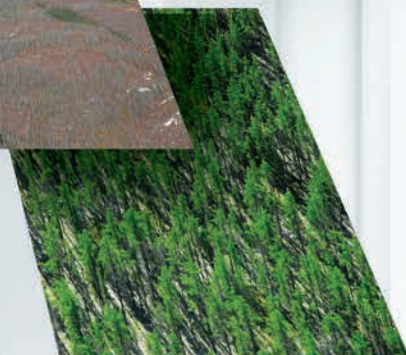
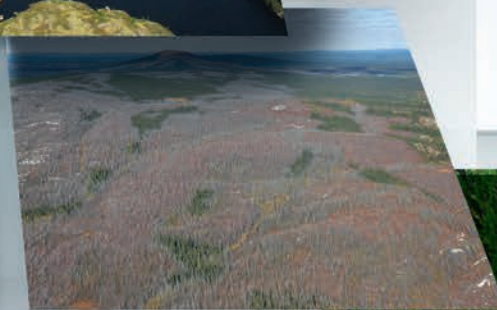


Rapport du Comité scientifique
chargé d'examiner la

LIMITE NORDIQUE DES FORÊTS ATTRIBUABLES



Rapport du Comité scientifique chargé d'examiner la

LIMITE NORDIQUE DES FORÊTS ATTRIBUABLES



Présidence du comité scientifique

Robert Jobidon, ing.f., *Ph.D.*
Directeur,
Direction de la recherche forestière
Ministère des Ressources naturelles

Yves Bergeron, biologiste, *Ph.D.*
Professeur,
Université du Québec à Montréal
Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

Membres du comité scientifique et collaboration à la rédaction

Vincent Brodeur, biologiste, *M.Sc.*
Ministère des Ressources naturelles
Direction régionale du Nord-du-Québec

Michel Campagna, ing.f., *M.Sc.*
Ministère des Ressources naturelles
Direction de la recherche forestière

Michel Chabot, ing.f.
Ministère des Ressources naturelles
Direction de la protection des forêts
(retraité)

Damien Côté, biologiste, *M.Sc.*
Ministère des Ressources naturelles
Direction régionale du Saguenay–Lac-Saint-Jean

Jacques Duval, ing.f.
Ministère des Ressources naturelles
Direction régionale de la Côte-Nord

Sylvie Gauthier, biologiste, *Ph.D.*
Responsable du sous-comité sur le risque de feu
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts

Mario Haché, statisticien, *M.Sc.*
Institut de la statistique du Québec

Louis Imbeau, biologiste, *Ph.D.*
Responsable du sous-comité sur la biodiversité
Professeur
Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

Daniel Lord, biologiste, *Ph.D.*
Professeur
Université du Québec à Chicoutimi

Lothar Marzell, géographe
Ministère des Ressources naturelles
Faune Québec

Frédéric Raulier, *Ph.D.*
Responsable du sous-comité sur la productivité
Professeur
Université Laval

André Robitaille, géomorphologue, *M.Sc.*
Responsable du sous-comité sur le milieu physique
Ministère des Ressources naturelles
Direction de la recherche forestière

Martin-Hugues St-Laurent, biologiste, *Ph.D.*
Professeur
Université du Québec à Rimouski

Jean-Pierre Saucier, ing.f., *Dr.Sc.*
Conseiller scientifique auprès des
responsables des sous-comités
Ministère des Ressources naturelles
Direction de la recherche forestière



Les membres du comité scientifique. De gauche à droite, rangée du haut : Louis Imbeau, Frédéric Raulier, Mario Haché, Jacques Duval, Lothar Marzell, Jean-Pierre Saucier, Vincent Brodeur et Martin-Hugues St-Laurent. Rangée du bas : Daniel Lord, Michel Chabot, Michel Campagna, Sylvie Gauthier, Yves Bergeron, Robert Jobidon, André Robitaille et Damien Côté.

Équipe de rédaction du rapport du comité scientifique

Yves Bergeron
Sylvie Gauthier
Louis Imbeau
Robert Jobidon
Frédéric Raulier
André Robitaille, coordonnateur
Jean-Pierre Saucier

Équipe d'analyse des données écologiques et forestières

André Robitaille, coordonnateur
Gaétan Lord, géographe, M.Sc.
Louise Bourque, tech. géomatique
Hakim Ouzennou, M.Sc.
Antoine Leboeuf, ing.f., M.Sc.

Principaux collaborateurs à l'inventaire écoforestier nordique de la Direction des inventaires forestiers du ministère des Ressources naturelles

André Robitaille, coordonnateur
Antoine Leboeuf, ing.f., M.Sc.
Jean-Pierre Berger, tech.f.
Jean-Pierre Létourneau, ing.f.
Claude Morneau, biologiste, *Ph.D.*
Yves Philibert, ing.f.
Éric Vaillancourt, tech.f.
Geneviève Auclair, t.a.a.g.

CITATION RECOMMANDÉE

Ministère des Ressources naturelles du Québec, 2013. Rapport du Comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables. Secteur des forêts. 148 p. + 6 annexes.



Table des matières

Remerciements	9
Résumé	11
1. Introduction	15
2. Territoire d'étude et informations disponibles	21
2.1 Localisation du territoire d'étude	21
2.2 Occupation du territoire	21
2.3 Information écoforestière disponible en 2005	22
2.4 Programme d'acquisition de connaissances	23
2.4.1 Cartographie écoforestière du programme d'inventaire écoforestier nordique (PIEN)	23
2.4.1.1 Validation de la cartographie du PIEN	24
2.4.1.2 Carte écoforestière unifiée du territoire d'étude	24
2.4.2 Cartographie des districts écologiques et des paysages régionaux	24
2.4.2.1 District écologique	26
2.4.2.2 Unité de paysage régional	26
2.4.3 Placettes-échantillons et plan de sondage	27
2.4.4 Données climatiques	27
3. Portrait biophysique du territoire d'étude	45
3.1 Climat	45
3.2 Milieu physique	46
3.2.1 Géologie	46
3.2.2 Relief et altitude	46
3.2.3 Dépôts de surface	46
3.2.4 Hydrographie	48
3.3 Végétation	48
3.3.1 Portrait général	48
3.3.2 Répartition des types de végétation	49
3.3.3 Espèces d'arbres	51
3.3.4 Profil physiographique	52
3.4 Perturbations naturelles et anthropiques	52
3.5 Biodiversité	52
3.5.1 Flore	52
3.5.2 Faune	53

4.	Méthodologie	69
4.1	Validation par les pairs	69
4.2	Critères retenus	69
4.3	Indicateurs et seuils retenus	70
4.3.1	Indicateur et seuils du milieu physique	70
4.3.2	Indicateur et seuils de productivité	71
4.3.3	Indicateur et seuils de vulnérabilité face au risque de feu	73
4.3.4	Indicateurs et seuils de biodiversité	76
4.4	Processus logique d'analyse et d'intégration des critères et détermination des types de territoire pour un aménagement durable des forêts	79
4.4.1	Processus d'analyse et d'intégration des critères	79
4.4.2	Détermination des types de territoire	81
5.	Résultats	93
5.1	Résultats des analyses par critère	93
5.1.1	Milieu physique	93
5.1.2	Productivité	93
5.1.3	Vulnérabilité face au risque de feu	94
5.1.4	Biodiversité	97
5.1.4.1	Filtres bruts de la quantité et de la fragmentation des habitats denses et hauts	97
5.1.4.2	Filtre fin spécifique au caribou forestier	98
5.1.4.3	Intégration des trois indicateurs de biodiversité	103
5.2	Résultats de l'intégration des critères par entité territoriale	103
5.2.1	Entité territoriale 1 : Nord-ouest de l'Abitibi	104
5.2.2	Entité territoriale 2 : Ouest du lac Mistassini	104
5.2.3	Entité territoriale 3 : Nord du Saguenay–Lac-Saint-Jean	109
5.2.4	Entité territoriale 4 : Moyenne-Côte-Nord du Saint-Laurent	110
5.2.5	Entité territoriale 5 : Basse-Côte-Nord du Saint-Laurent	115
5.3	Comparaison sommaire avec les résultats de 2002	119
6.	Recommandations	139
	Conclusion	143
	Références	145



Liste des tableaux

Tableau 1.	Position du district écologique et de l'unité de paysage régional dans le système hiérarchique de classification écologique du territoire développé par le MRN.	25
Tableau 2.	Superficie relative des dépôts de surface du territoire d'étude.	47
Tableau 3.	Proportion des types de végétation du territoire d'étude en 2009.	50
Tableau 4.	Fréquence des principales espèces d'arbres du territoire d'étude pondérée selon la superficie des unités de paysage.	51
Tableau 5.	Critères biophysiques, indicateurs, seuils de passage et seuils de sensibilité à l'aménagement durable des forêts.	80
Tableau 6.	Sensibilité du territoire d'étude à l'aménagement durable des forêts.	89



Liste des figures

Figure 1.	Principales étapes de la démarche du Comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables.	16
Figure 2.	Extraits des cartes 5 (types de végétation), 6 (régimes hydriques) et 7 (dépôts de surface) mettant en évidence les détails des polygones cartographiques à l'échelle 1/100 000.	25
Figure 3.	Classification des districts écologiques selon les types de relief.	26
Figure 4.	Portrait général de la végétation du territoire d'étude en 2009.	49
Figure 5.	Profil physiographique du centre du territoire d'étude.	67
Figure 6.	Cadre conceptuel d'identification des peuplements productifs selon deux axes distinguant la densité et la fertilité stationnelle.	72
Figure 7.	Processus logique d'analyse et d'intégration des critères du milieu physique, de la productivité, du risque de feu et de la biodiversité.	91
Figure 8.	Résultats d'analyse de chacun des quatre critères.	95
Figure 9.	Représentation schématique de l'application des filtres bruts du critère de biodiversité pour les 1114 districts du territoire d'étude à l'état actuel.	98

Figure 10.	Résultats de l'application séquentielle au territoire d'étude à l'état actuel des trois indicateurs de biodiversité et de l'intégration de ces trois indicateurs.	99
Figure 11.	Représentation schématique de l'application des filtres bruts du critère de biodiversité pour les 1114 districts du territoire d'étude avant perturbations anthropiques.	98
Figure 12.	Résultats de l'application séquentielle au territoire d'étude avant perturbations anthropiques des trois indicateurs de biodiversité et de l'intégration de ces trois indicateurs.	101
Figure 13.	Entité territoriale 1 : Nord-ouest de l'Abitibi.	105
Figure 14.	Entité territoriale 2 : Ouest du lac Mistassini.	107
Figure 15.	Entité territoriale 3 : Nord du Saguenay–Lac-Saint-Jean.	111
Figure 16.	Entité territoriale 4 : Moyenne-Côte-Nord du Saint-Laurent.	113
Figure 17.	Entité territoriale 5 : Basse-Côte-Nord du Saint-Laurent.	117



Liste des cartes

Carte 1.	Localisation du territoire d'étude.	29
Carte 2.	Occupation du territoire.	31
Carte 3.	Aires protégées.	33
Carte 4.	Programmes d'inventaire couvrant le territoire d'étude.	23
Carte 5.	Types de végétation.	35
Carte 6.	Régimes hydriques.	37
Carte 7.	Dépôts de surface.	39
Carte 8.	Districts écologiques et unités de paysage régional.	41
Carte 9.	Placettes-échantillons du programme d'inventaire écoforestier nordique.	43
Carte 10.	Température moyenne annuelle par district écologique.	55
Carte 11.	Altitude par classes de 50 mètres.	57
Carte 12.	Type de relief par district écologique.	59
Carte 13.	Dépôts de surface dominants par district écologique.	61
Carte 14.	Dépôts de surface codominants par district écologique.	63
Carte 15.	Aire d'application du Plan de rétablissement du caribou forestier.	65

Carte 16.	Cycle de feu des unités de paysage regroupées pour la période 1972-2009.	85
Carte 17.	Âge moyen par district pour atteindre le double seuil de productivité (productif potentiel).	87
Carte 18.	Sensibilité du territoire d'étude aux contraintes du milieu physique.	121
Carte 19.	Productivité potentielle au seuil de 20 %.	123
Carte 20.	Écart entre les pourcentages de peuplements potentiellement et actuellement productifs par district écologique.	125
Carte 21.	Productivité potentielle face au risque de feu (probabilité constante de brûler).	127
Carte 22.	État du niveau de perturbation, par district écologique, en lien avec le maintien du caribou forestier.	129
Carte 23.	Intégration des trois indicateurs du critère de biodiversité par district écologique, territoire d'étude à l'état actuel.	131
Carte 24.	Intégration des trois indicateurs du critère de biodiversité par district écologique, territoire d'étude avant perturbations anthropiques.	133
Carte 25.	Sensibilité du territoire à l'aménagement durable des forêts.	135
Carte 26.	Sensibilité du territoire à l'aménagement durable des forêts incluant le tracé de la limite nordique des forêts attribuables de 2002.	137



Liste des annexes

- Annexe 1.** Études citées et références additionnelles.
- Annexe 2.** Informations additionnelles sur le programme d'acquisition de connaissances.
- Annexe 3.** Régénération naturelle et croissance de l'épinette noire et du pin gris après feu dans le territoire d'étude.
- Annexe 4.** Portrait biophysique du territoire d'étude.
- Annexe 5.** Effets de la structure des peuplements sur l'abondance des lichens épiphytes et terricoles dans le territoire d'étude.
- Annexe 6.** Description détaillée des méthodes et des résultats.





Remerciements

Ce rapport est le fruit d'un travail de collaboration étroite et soutenue entre scientifiques et experts de plusieurs disciplines qui, au fil du temps, se sont mutuellement enrichis et dont la qualité des échanges a toujours été remarquable.

Revoir la limite nordique des forêts que l'on peut aménager de manière durable a, en soi, été une tâche colossale à plusieurs égards. Cinq années ont été consacrées à approfondir nos connaissances de cette forêt boréale nordique du Québec. Ces connaissances ont été acquises essentiellement par la voie de la cartographie et de l'inventaire terrestre, pour un territoire de quelque 242 000 km². Le comité a su compter sur une expertise de pointe en ce domaine, représentée par les équipes de la Direction des inventaires forestiers du Ministère. Un grand nombre de personnes appartenant à cette unité ont consacré le meilleur d'eux-mêmes, tantôt pour élaborer un cadre normatif d'inventaire qui réponde aux besoins du comité, tantôt pour le concrétiser, année après année. Certaines de ces personnes figurent d'ailleurs à la page des crédits de ce rapport. Nous exprimons notre gratitude à la directrice de ce groupe, madame Élisabeth Bossert, ing.f., qui a fait en sorte de rendre possible ces contributions remarquables. Nous tenons aussi à signaler la contribution de plusieurs personnes de la Direction de la gestion de l'information forestière pour le développement des systèmes d'information géographique liés à la cartographie.

Au cours de ses travaux, le comité a eu parfois recours à l'expertise d'autres scientifiques qui ont généreusement contribué à enrichir nos travaux. Nous exprimons notre reconnaissance à messieurs Alain Leduc, biologiste, *Ph.D.* de l'UQAM et Martin Girardin, biologiste, *Ph.D.* du Service canadien des forêts, pour leur contribution aux analyses de la variabilité interannuelle des taux de brûlage et monsieur Nicolas Mansuy, candidat au doctorat, qui a développé une approche originale pour l'étude des effets des perturbations par le feu. Aussi, nous tenons à souligner la contribution de monsieur Rock Ouimet, ing.f., *Ph.D.*, aux analyses de sols et celle de madame Fabienne Colas, biologiste, DESS, aux analyses sur les semences; tous deux sont chercheurs scientifiques à la Direction de la recherche forestière du Ministère.

Nous tenons à souligner la contribution, à titre de membre du comité au cours des deux premières années de ses travaux, de monsieur Luc Sirois, *Ph.D.*, professeur à l'Université du Québec à Rimouski. La contribution de monsieur Sirois a particulièrement été appréciée lors des travaux d'élaboration d'un cadre de travail pour les prises de mesure sur le terrain.

Nous sommes tout autant redevables à trois révisseurs externes et indépendants des travaux du comité, qui ont généreusement accepté de réaliser un examen critique des travaux du comité, allant de la prise d'informations à la structure d'analyse des résultats. Cet examen par des

pairs s'est avéré une étape fondamentale de la démarche des travaux du comité scientifique.

Nous remercions sincèrement monsieur Nelson Thiffault, ing.f., *Ph.D.*, chercheur scientifique à la Direction de la recherche forestière du Ministère, pour ses commentaires formulés sur une version finale du rapport.

Plusieurs membres du comité proviennent d'autres organismes que le Ministère. Nous tenons à leur exprimer notre reconnaissance d'avoir gracieusement libéré ces scientifiques, pour qu'ils puissent autant contribuer à l'avancement des connaissances forestières au Québec.



Robert Jobidon
Co-président



Yves Bergeron
Co-président





Résumé

Contexte

La limite nordique des forêts attribuables délimite la portion septentrionale des forêts québécoises jusqu'où il est possible de pratiquer un aménagement durable des forêts. Comme le tracé de 2002 de cette limite reposait sur une base d'informations forestières et écologiques relativement restreintes, un « Comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables » a été constitué en 2005 à la demande du Ministre. Ce comité est formé d'experts et de scientifiques des milieux gouvernementaux et universitaires, choisis pour leur spécialité en lien avec les besoins du mandat et la reconnaissance de leur expertise par la communauté où ils oeuvrent.

Mandat

Le comité a reçu un mandat d'élaborer un programme d'acquisition de connaissances sur l'écologie de la forêt boréale nordique; d'élaborer une démarche méthodologique d'analyse des nouvelles connaissances acquises; et enfin de proposer un nouveau cadre de référence de la limite nordique des forêts attribuables qui soit fondé sur des critères propres à l'aménagement durable des forêts.

Les travaux du comité se sont échelonnés sur une période de sept ans. Cinq années ont été nécessaires afin de mettre en œuvre un programme d'acquisition de connaissances d'un territoire allant de la baie James à la Basse-Côte-Nord, compris entre les latitudes 51° et 53° Nord, programme comportant une cartographie du territoire et un sondage par inventaire terrain. Pour les fins analytiques du comité, ce territoire de 242 000 km² s'est ajouté à celui, bien documenté, du domaine bioclimatique de la pessière à mousses, pour une superficie analysée de quelque

482 000 km². Ce territoire a été découpé en 1114 districts écologiques, qui représentent l'unité de base des travaux du comité.

Cadre de travail du comité

Le comité a défini quatre critères propres à la dimension biophysique de l'aménagement durable des forêts, qui s'inspirent des critères généraux du Processus de Montréal. Les critères retenus sont : les contraintes du milieu physique, la capacité de production forestière, la vulnérabilité des forêts face au risque de feu et le maintien de la biodiversité du milieu. À chaque critère sont associés un ou plusieurs indicateurs. Des seuils propres à ces indicateurs permettent de qualifier chacun des districts quant à leur potentiel à être soumis à un aménagement forestier qui soit durable. Il importe de considérer que l'ensemble du territoire a été analysé sous l'aspect d'un état potentiel de la forêt qui fait en sorte, par exemple, qu'une superficie aujourd'hui perturbée par le feu puisse présenter une forêt selon le potentiel de la station où elle se trouve.

Le comité a élaboré un cadre d'analyse par lequel chacun des districts écologiques est soumis à un processus d'analyse séquentielle permettant de le qualifier pour chacun des quatre critères d'aménagement durable des forêts. Un district donné est d'abord examiné quant à son potentiel d'aménagement en fonction de l'importance des contraintes du milieu physique qu'il renferme. Il est ensuite soumis à l'examen de sa productivité forestière, puis à l'examen combiné de la productivité forestière et de la probabilité que celle-ci se réalise en considérant le risque de perte par le feu, le temps que le peuplement atteigne un seuil minimum de productivité. Enfin, le district est soumis aux filtres d'examen de la biodiversité : filtres

bruts permettant de discriminer la qualité des habitats pour une majorité d'espèces et un filtre fin propre au caribou forestier (*Rangifer tarandus caribou*).

Ce processus analytique conduit à une qualification des districts écologiques en trois types de territoire : le territoire de sensibilité faible, qui satisfait à chacun des critères d'aménagement durable des forêts; le territoire de sensibilité moyenne à élevée, qui peut être soumis à un aménagement durable des forêts, mais sous certaines réserves; et le territoire de sensibilité très élevée, qui ne satisfait pas à au moins un des critères et pour lequel, donc, un aménagement forestier ne peut pas être considéré durable.

Le comité a soumis son cadre d'acquisition de connaissances et son processus analytique à une révision critique par trois experts scientifiques indépendants de ses travaux. Cette révision par des pairs a permis au comité de valider des éléments de sa démarche et d'en enrichir d'autres.

Le résultat de ces analyses est présenté sous forme cartographique. On y remarque clairement des transitions, tantôt progressives et tantôt abruptes, du potentiel d'aménagement durable des forêts, le plus souvent du sud vers le nord. Le nouveau tracé proposé pour la limite nordique parfois soustrait, parfois ajoute, des portions de territoire à l'aménagement durable des forêts, comparativement à celui adopté en 2002. Aussi, la région de la Basse-Côte-Nord est maintenant entièrement qualifiée selon les critères d'aménagement durable des forêts retenus par le comité. En plus de proposer une nouvelle définition de la limite nordique, les travaux du comité ont permis d'acquérir une somme de nouvelles connaissances, tant sur le milieu que sur l'écologie de la forêt boréale nordique du Québec, que le présent rapport et ses annexes fournissent.

Recommandations du comité

Considérant les résultats obtenus de ses analyses et de l'état des connaissances scientifiques propres aux divers enjeux abordés lors de ses travaux, le comité formule les recommandations suivantes :

1. Le comité recommande de modifier le tracé de la limite nordique des forêts attribuables afin d'exclure des unités d'aménagement forestier les territoires de sensibilité très élevée pour lesquels un aménagement durable des forêts n'est pas envisageable.

1.1 Dans les territoires de sensibilité très élevée, le comité recommande qu'aucune garantie de récolte ne soit accordée. Toutefois, des travaux d'aménagement forestier seraient possibles à condition que leur mise en œuvre et leurs résultats atténuent la sensibilité actuelle.

1.2 Dans les territoires de sensibilité très élevée, seuls les besoins ponctuels en matière ligneuse des communautés locales pourraient être permis, après une évaluation d'informations écoforestières additionnelles.

2. Dans les territoires de sensibilité moyenne à élevée, le comité recommande la mise en œuvre de stratégies d'aménagement qui permettent d'en diminuer la sensibilité.

2.1 Dans les territoires de sensibilité moyenne à élevée, où l'on observe un impact élevé des perturbations récurrentes par le feu, le comité recommande la mise en œuvre de stratégies d'aménagement qui intègrent ces risques.

2.2 Dans les territoires de sensibilité moyenne à élevée, où l'on observe des habitats denses et hauts fragmentés, le comité recommande la mise en œuvre de stratégies d'aménagement qui permettraient d'augmenter à terme la proportion de forêts denses et hautes non fragmentées.

3. Dans les territoires de sensibilité faible, tenir compte, à l'échelle du district, des facteurs de risque pour les cas où ceux-ci s'approchent des seuils qui déterminent le passage d'un niveau de sensibilité faible à un niveau de sensibilité plus élevée, notamment pour des enjeux propres à une fragmentation d'habitats.

4. Pour les territoires qui s'ajouteraient aux unités d'aménagement forestier existantes suite à la

réévaluation de la limite nordique par le comité, ce dernier recommande de réaliser une cartographie détaillée et un inventaire d'aménagement afin de soutenir une évaluation de la possibilité forestière et permettre la planification forestière sur des bases équivalentes à celles des unités d'aménagement forestier actuelles.

4.1 Pour les territoires qui s'ajouteraient aux unités d'aménagement forestier existantes, le comité recommande que la stratégie d'aménagement impose des contraintes de répartition territoriale des activités forestières sur l'ensemble de ces territoires.

4.2 Dans les cas où les nouveaux territoires aménageables sont utilisés par des hardes de caribous forestiers, le comité recommande qu'une analyse soit réalisée pour démontrer la capacité de celles-ci à soutenir des activités d'aménagement forestier sans risquer de causer leur déclin et de compromettre leur viabilité à long terme.

5. Le comité recommande de réévaluer la sensibilité des territoires à l'aménagement forestier lorsque des résultats de recherche, notamment sur l'effet des changements climatiques, démontreront des modifications significatives de la capacité de production des forêts, du cycle de feu ou de la biodiversité.

5.1 Pour évaluer les effets des changements climatiques sur la forêt boréale nordique, les placettes réalisées dans le cadre du programme d'inventaire écoforestier nordique (PIEN) devraient s'ajouter à celui de l'inventaire écoforestier du Québec et être remesurées périodiquement (par exemple, entre 10 et 15 ans).

5.2 Le comité recommande d'encourager des initiatives de recherche sur la forêt boréale nordique afin de mieux documenter et comprendre sa dynamique naturelle.





Introduction

En 2002, le ministère des Ressources naturelles (MRN) annonçait le tracé d'une limite nordique des forêts attribuables (carte 1, page 29). Ce tracé délimite la frontière septentrionale des forêts québécoises jusqu'où il est possible de pratiquer un aménagement durable des forêts. Il se fonde sur le rapport d'un groupe de travail mis en place par le Ministère (MRN, 2000), qui évaluait alors la capacité du milieu nordique à soutenir un aménagement forestier qui soit durable. À cette époque, le tracé de la limite nordique reposait sur une base d'informations forestières et écologiques relativement restreintes. Les scientifiques du groupe de travail ayant produit le rapport de 2000 avaient alors recommandé d'enrichir les connaissances sur la forêt boréale nordique afin de mieux en documenter l'écologie, ce qui allait permettre, plus tard, de revoir le tracé de la limite nordique adopté en 2002.

L'approche

Afin de donner suite à cette recommandation, le Ministre annonçait, en décembre 2005, la mise sur pied d'un « Comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables » et lui confiait le soin d'élaborer un programme d'acquisition de connaissances sur l'écologie de la forêt boréale nordique. Plus précisément, le mandat du comité consistait à :

- procéder à une réévaluation scientifique de l'approche et de la méthode utilisées pour établir la limite nordique, sur la base notamment de critères relatifs à la biodiversité, à la productivité ligneuse, à la dynamique naturelle et au potentiel d'aménagement forestier;
- déterminer la nature et l'ampleur des connaissances supplémentaires nécessaires et les acquérir;

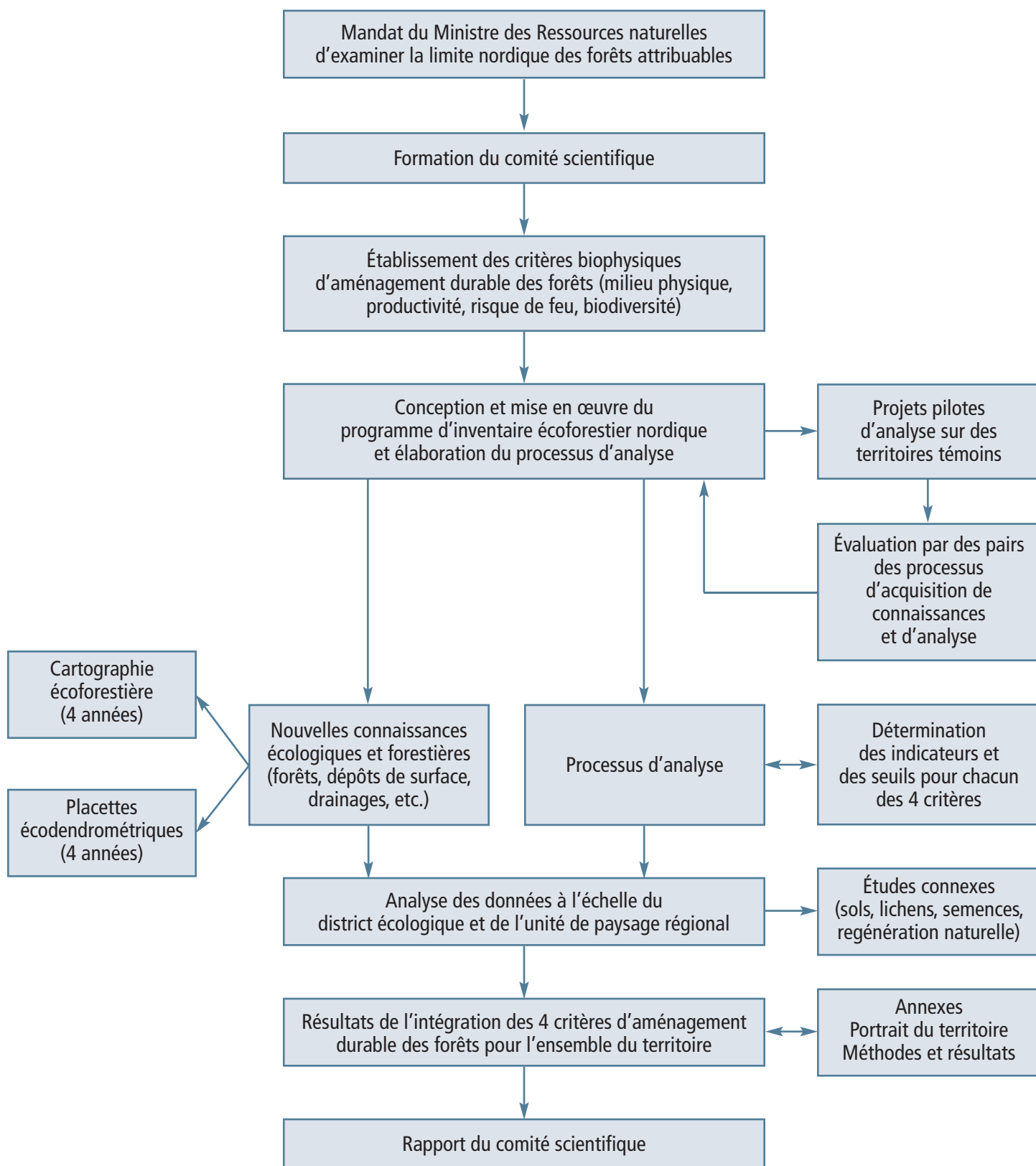
- procéder à l'analyse de ces nouvelles connaissances et délimiter des zones d'aménagement ou proposer une limite nordique des attributions dans un contexte de développement durable.

Pour réaliser son mandat, ce comité pluridisciplinaire, qui regroupe des membres provenant à la fois d'organismes gouvernementaux et universitaires, a eu recours à une approche scientifique qui lui a permis d'élaborer un programme d'acquisition de connaissances et de définir un processus analytique des nouvelles informations forestières obtenues (figure 1).

L'approche avait pour assises des critères et indicateurs inspirés de ceux du « Processus de Montréal sur les critères et indicateurs pour la conservation et l'aménagement durable des forêts tempérées et boréales », qui découle de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement de 1992 (Sommet de la Terre de Rio). Globalement, les critères et indicateurs issus du Processus de Montréal permettent le partage, entre les nations participantes, d'une compréhension commune de l'aménagement durable des forêts. Ils constituent, en quelque sorte, des outils pour suivre l'évolution des forêts aménagées et faciliter la mise en place de balises communes pour décrire, mesurer et évaluer les progrès favorisant l'émergence de pratiques d'aménagement plus durables. Le Processus de Montréal a identifié sept critères essentiels à l'aménagement durable des écosystèmes forestiers. Les cinq premiers visent le maintien ou la conservation des fonctions et des attributs vitaux des écosystèmes : la diversité biologique, la capacité de production des écosystèmes forestiers, la santé et la vitalité des écosystèmes forestiers, les ressources pédologiques et hydriques ainsi que la contribution des forêts aux cycles planétaires (par exemple, le cycle du carbone). Le

FIGURE 1

Principales étapes de la démarche du Comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables.



sixième critère concerne spécifiquement le maintien et l'accroissement des avantages économiques à long terme en vue de répondre aux besoins de la société. Finalement, le septième critère vise la gouvernance en assurant un cadre juridique, institutionnel et économique pour la conservation et l'aménagement durable des forêts.

Les critères du Processus de Montréal sont assez généraux. Le comité a adopté les quatre premiers critères et en a dérivé des critères de nature plus opérationnelle propres à la dimension biophysique de l'aménagement durable des forêts. Les quatre critères biophysiques ainsi retenus sont : les contraintes du milieu physique, la capacité de production forestière, la vulnérabilité des forêts face au risque de feu et le maintien de la biodiversité du milieu¹. L'utilisation de ces critères permet de respecter l'esprit de la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier dont l'article 1 établit le principe de l'aménagement durable des forêts et l'article 2 en précise les critères de base. Volontairement, le comité ne s'est pas penché directement sur les critères du Processus de Montréal associés aux cycles globaux, ni sur ceux propres aux dimensions sociales et économiques, ni sur les critères de gouvernance. Les cycles globaux n'ont pas été considérés puisqu'il s'agit d'un champ de connaissances en émergence. Pour leur part, les enjeux économiques et sociaux, qui fluctuent selon les cycles économiques et les décisions politiques, devront être considérés, le cas échéant, dans une planification future d'aménagement du territoire. Quant à la gouvernance, les recommandations du comité permettront aux autorités de décider en conséquence.

Mieux connaître la forêt nordique

Le mandat du comité comportait une phase d'acquisition des connaissances suivie de l'analyse des informations écologiques et forestières obtenues. Ainsi, après avoir défini une approche et un cadre de travail, le comité a ensuite élaboré un plan d'acquisition de connaissances de la forêt nordique, s'étalant d'ouest en est entre

les longitudes 79° 30' et 57° Ouest, soit de la baie James à la Basse-Côte-Nord, et du sud au nord entre les latitudes 51° et 53° Nord, le tout représentant une superficie de 242 000 km². Ce territoire couvre la portion nord du domaine bioclimatique de la pessière à mousses et la portion sud de celui de la pessière à lichens. Afin de considérer la totalité du domaine de la pessière à mousses, le comité a ajouté la portion sud de ce dernier (240 000 km²), bien documenté par l'inventaire forestier du Ministère, pour un territoire d'étude d'une superficie totale de 482 000 km².

Pour la portion nord du territoire d'étude, les travaux de cartographie ont été réalisés essentiellement à partir d'une interprétation d'images satellite Landsat et de photographies aériennes. Afin de répondre spécifiquement aux besoins d'information du comité, un plan d'inventaire forestier sur le terrain a aussi été réalisé.

La productivité forestière englobe à la fois la productivité actuelle, qui témoigne de la végétation actuellement en place, et la productivité potentielle, qui représente la capacité de production d'un site, qu'il supporte actuellement ou non des arbres. De l'ouest vers l'est et du sud vers le nord, la forêt boréale est marquée à divers degrés par des perturbations naturelles, notamment le feu, ce qui affecte la résilience et la productivité des écosystèmes. L'inventaire forestier sur le terrain a été élaboré afin de bien tenir compte de ces dimensions. Le comité a porté une attention particulière à la biodiversité, afin de bien intégrer la complexité des écosystèmes forestiers nordiques, à la fois sous l'angle des habitats que celui de la composition et de la structure de la forêt à l'échelle du paysage. Cette approche, utilisant un filtre brut pour le maintien de la biodiversité, a été enrichie par l'utilisation d'un filtre fin spécifique au caribou forestier (*Rangifer tarandus caribou*).

Pour les quatre critères d'analyse, le comité a déterminé des indicateurs auxquels il a attribué des seuils. Ces seuils ont été définis sur la base des meilleures connaissances scientifiques disponibles et aussi par le jugement d'experts.

¹ Dans le présent rapport, les dénominations abrégées : « milieu physique », « productivité », « risque de feu » et « biodiversité » sont aussi utilisées.

Le comité a porté une attention particulière à bien mesurer la sensibilité de chaque indicateur face aux niveaux de risque ou de contraintes à l'aménagement durable des forêts.

Parallèlement au programme d'acquisition de connaissances, le comité a élaboré un processus logique d'analyse du territoire d'étude. Ce processus, spécifique aux quatre critères mentionnés, permet d'exprimer et d'évaluer le potentiel à l'aménagement durable des forêts à l'échelle du paysage et, par conséquent, les niveaux de risque ou de contraintes qui en découlent, à partir des seuils déterminés pour chacun des indicateurs. Les critères du milieu physique et de la productivité forestière expriment principalement des niveaux de contraintes directes à l'aménagement. Le critère propre au risque de feu exprime une contrainte indirecte à l'aménagement liée à une probabilité de ne pas retrouver le volume sur pied au moment de la récolte, due au passage des feux. Quant au critère de la biodiversité, il vise à assurer la présence d'un minimum de massifs de forêts et d'habitats fauniques avant d'y planifier toute forme d'aménagement.

Le comité a soumis son cadre de travail à un processus rigoureux de révision par des pairs, ce qui a permis d'enrichir certaines étapes du travail en cours de réalisation.

Le district écologique est l'unité de base du travail d'analyse. C'est à cette échelle qu'ont été évalués séquentiellement les indicateurs de chacun des quatre critères mentionnés plus haut, à travers un processus logique d'analyse. Le territoire est découpé en 1114 districts écologiques afin de permettre au comité de spatialiser les résultats d'analyse. Le résultat obtenu de l'intégration de chacun des quatre critères a permis de qualifier les districts écologiques selon les niveaux de sensibilité à l'aménagement qu'ils présentent. Les unités de paysage, qui sont un regroupement de districts écologiques, sont aussi utilisées pour certaines analyses.

Une fois cette intégration complétée, le comité a procédé à une analyse globale du résultat obtenu, lequel est présenté pour l'ensemble du territoire d'étude. Chaque district écologique s'y trouve qualifié, selon les quatre critères biophysiques d'aménagement durable des forêts. Pour qu'un district donné soit reconnu propre à un aménagement durable des forêts, il doit excéder les seuils de passage fixés pour chacun des critères. Les districts qui satisfont cette exigence peuvent tout de même faire l'objet d'une recommandation particulière s'il sont considérés à la marge en regard d'un ou plusieurs seuils déterminant leur sensibilité. Autrement, les districts écologiques dont les caractéristiques sont en deçà des seuils de passage pour un ou plusieurs critères à la fois sont considérés impropres à un aménagement durable des forêts. Afin de faciliter la présentation des résultats, l'ensemble du territoire à l'étude a été partagé, d'ouest en est, en cinq grandes entités territoriales.

À propos de ce rapport

Ce rapport présente d'abord le territoire d'étude et l'état des connaissances qui étaient déjà à la disposition du comité au début de ses travaux, de même que le programme d'acquisition des nouvelles connaissances forestières et écologiques qui ont été nécessaires à la réalisation de son mandat. Ensuite, un portrait du territoire est établi, ce dernier traitant notamment du climat, du milieu physique, de la végétation forestière, des perturbations naturelles, de la flore et de la faune. La méthodologie expose le processus d'analyse défini par le comité. Suivent les résultats qui présentent l'intégration des quatre critères pour chacun des districts écologiques et, enfin, les recommandations du comité visant à garantir l'aménagement durable des forêts du territoire. Les annexes 1 à 6 exposent : 1) une liste des études citées dans ce rapport ainsi que de nombreuses références additionnelles; 2) des informations additionnelles sur le programme d'acquisition de connaissances; 3) un rapport d'analyse sur la régénération naturelle et la croissance de

l'épinette noire et du pin gris après feu; 4) le portrait biophysique détaillé du territoire d'étude; 5) un rapport d'analyse qui porte spécifiquement sur les effets de la structure des peuplements sur l'abondance des lichens épiphytes et terricoles; 6) la description détaillée des méthodes et des résultats. Afin d'alléger la lecture, les citations de références à la littérature scientifique ayant servi de base à l'ensemble du processus sont réduites au minimum dans le rapport principal. Toutefois, elles se retrouvent toutes colligées à l'annexe 1 et citées plus spécifiquement dans les autres annexes. Un DVD inséré en pochette contient l'ensemble du rapport et ses annexes, les cartes ainsi que des informations supplémentaires.





Territoire d'étude et informations disponibles

2.1 Localisation du territoire d'étude

Le territoire d'étude est situé au centre du Québec. Sa limite sud se trouve à quelque 400 km au nord de Montréal (carte 1, page 29). Ce territoire fait partie de la zone de végétation boréale et couvre la totalité du domaine bioclimatique de la pessière à mousses ainsi que la portion sud de celui de la pessière à lichens (Saucier *et al.*, 2011). Il s'étend d'ouest en est sur plus de 1500 km et du sud au nord sur une distance qui varie entre 200 et 450 km. Il est délimité à l'ouest par l'Ontario et la baie James, au nord par la latitude 53° Nord et Terre-Neuve-et-Labrador, à l'est et au sud par le golfe du Saint-Laurent et le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc.

Cinq régions administratives couvrent le territoire d'étude, soit la partie sud de la région du Nord-du-Québec (10), la portion nord de la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean (02), la majeure partie de la région de la Côte-Nord (09) ainsi que l'extrémité nord des régions de l'Abitibi-Témiscamingue (08) et de la Mauricie (04). Le lac Mistassini et le réservoir Manicouagan, notamment, se situent au cœur de cet immense territoire de 482 000 km², soit 30 % de la superficie du Québec.

2.2 Occupation du territoire

Selon le recensement de Statistique-Canada de 2011, le territoire d'étude compte environ 37 000 habitants permanents. Cette population est fortement concentrée en certains points, laissant de grands espaces inhabités, ce qui représente une densité globale de seulement un habitant par 13 km². On compte 17 municipalités dans le territoire d'étude, les trois principales étant Chibougamau à l'ouest (7500 habitants), Havre-Saint-Pierre à l'est (3400 habitants) et

Fermont au nord (2900 habitants). On peut mentionner également les municipalités de Matagami, Chapais et Blanc-Sablon. Pour ce qui est de la population autochtone, les informations les plus récentes fournies par le ministère des Affaires autochtones et Développement du Nord Canada font état de 16 200 Cris et 3200 Innus. La portion ouest du territoire renferme sept communautés cries (Wemindji, Eastmain, Waskaganish, Nemaska, Waswanipi, Oujé-Bougoumou et Mistissini), tandis que la côte nord du golfe du Saint-Laurent compte quatre communautés innues (Mingan, Natashquan, La Romaine et Pakuashipi).

La presque totalité des terres du territoire d'étude sont du domaine public. L'occupation de la partie ouest (région du Nord-du-Québec) est encadrée par la Convention de la Baie-James et du Nord québécois (CBJNQ), un traité signé en 1975 par le Gouvernement du Canada, le Gouvernement du Québec et les nations cries et inuites du territoire (carte 2, page 31). La « Paix des braves », quant à elle, est une entente bipartite signée en 2002 entre les nations cries et le Gouvernement du Québec.

Au 31 mars 2012, les aires protégées inscrites au registre des aires protégées du ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs occupaient environ 46 000 km², ce qui représentait un peu moins de 10 % de la superficie du territoire d'étude et 36 % de la superficie de toutes les aires protégées du Québec (carte 3, page 33). La majeure partie de ces aires est constituée de réserves de biodiversité projetées. Pour leur part, les réserves fauniques totalisent une superficie de plus de 30 000 km².

Les routes principales forment un réseau de près de 3000 km et les voies ferrées environ 800 km.

À cela s'ajoutent de nombreuses routes forestières qui sillonnent la zone d'aménagement forestier de la partie sud du territoire. Toutefois, les routes sont quasi inexistantes dans les secteurs situés au nord du lac Mistassini et du réservoir Manicouagan, de même que dans la région de la Côte-Nord, à l'exception de la frange littorale. Plusieurs aéroports régionaux et quelques hydrobases desservent les principales communautés. On trouve aussi quelques pistes d'atterrissage dans certains secteurs isolés. Néanmoins, une grande partie du territoire n'est accessible qu'en hélicoptère ou en hydravion.

Les secteurs actuellement soumis à l'aménagement forestier sont principalement situés au sud-ouest et au centre-sud du territoire d'étude. On y trouve notamment de nombreux camps forestiers non permanents. Les sites miniers les plus importants sont situés dans les secteurs de Matagami, Chibougamau, Fermont et Havre-Saint-Pierre. De récentes découvertes ont, en outre, révélé d'importants gisements aurifères dans la région de Matagami. D'autres secteurs font l'objet d'exploration, comme les sites diamantifères situés au nord du lac Mistassini et les sites aurifères situés à proximité du lac Opinaca. Les aménagements aux fins de production hydroélectrique sont nombreux. On compte près de 40 barrages, dont certains de dimensions imposantes comme le barrage Daniel-Johnson sur la rivière Manicouagan. Ces aménagements touchent principalement, de l'ouest vers l'est, les rivières Rupert, Eastmain, Péribonka, aux Outardes, Manicouagan, Toulnostouc, Sainte-Marguerite et Romaine. Neuf lignes à 735 kV totalisent plus de 3500 km de longueur et traversent le territoire dans l'axe nord-sud.

2.3 Information écoforestière disponible en 2005

En 2005, lors de la formation du comité, le MRN avait à sa disposition des données détaillées pour la portion sud du territoire d'étude, soit une superficie d'environ 240 000 km². Pour les portions nord et est, qui couvrent 242 000 km², les données étaient soit inexistantes, soit trop peu

précises, notamment en ce qui concerne la forêt, sa croissance, ses régimes de perturbation et sa biodiversité. Ces données dataient parfois de plus de 20 ans.

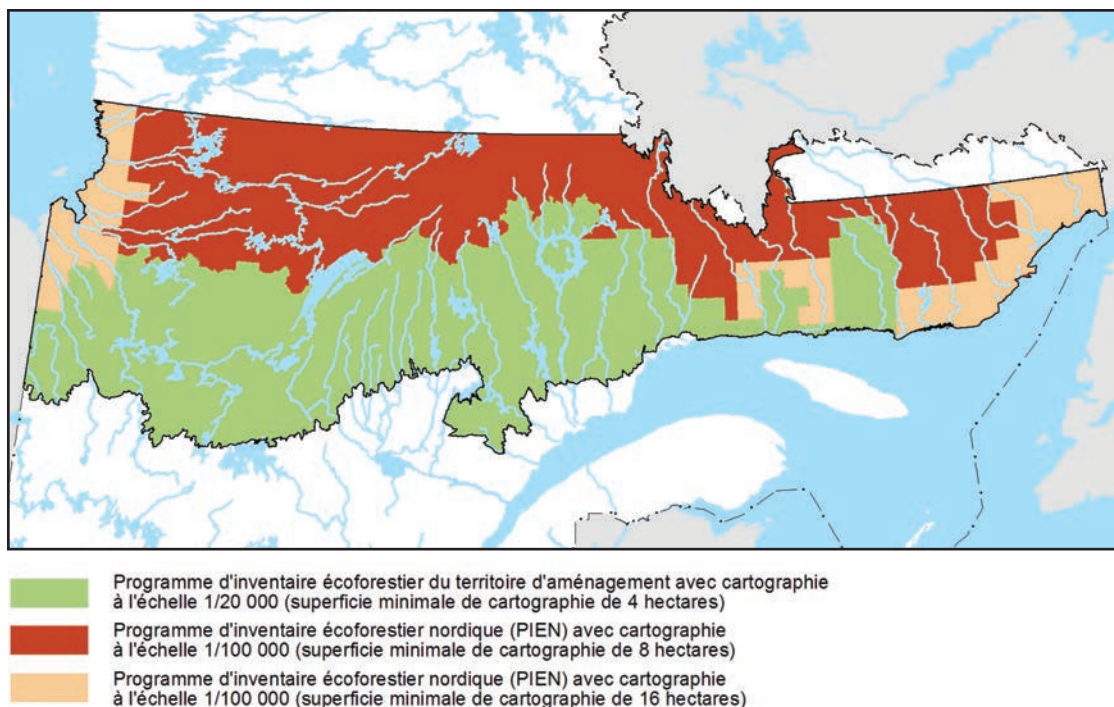
Pour la portion sud du territoire, qui fait l'objet d'aménagements forestiers (carte 4), le comité pouvait déjà compter sur des cartes écoforestières détaillées à l'échelle 1/20 000 (MRNF, 2009), de même que sur des données provenant de plusieurs milliers de placettes-échantillons², soit celles des placettes-échantillons permanentes (MRNF, 2006a), des placettes-échantillons temporaires (MRNF, 2006b) et de points d'observation écologique (Saucier *et al.*, 1994). Le comité avait également à sa disposition une classification écologique préliminaire tirée de trois guides de reconnaissance des types écologiques pour la majeure partie du territoire s'étendant jusqu'à la latitude 52° Nord (Blouin et Berger, 2004 et 2005; Morneau et Landry, 2007). Pour ce territoire, les cartes écoforestières à l'échelle 1/20 000 donnaient, entre autres, des renseignements sur les dépôts de surface, le drainage et les peuplements écoforestiers (hauteur, densité, classe d'âge et composition en essences). Ces cartes avaient été réalisées à l'aide de photographies aériennes prises entre 1990 et 2001, dans le cadre du troisième programme d'inventaire écoforestier. Les placettes-échantillons permanentes et temporaires fournissaient, quant à elles, des informations relatives aux caractéristiques physiques (sols, pierrosité), dendrométriques (diamètre, âge, hauteur des arbres) et écologiques (plantes indicatrices, types écologiques). Les placettes-échantillons permanentes font l'objet de mesures depuis 40 ans, planifiées selon des cycles d'inventaire, et permettent de suivre l'évolution de la forêt. Enfin, le comité pouvait aussi avoir recours aux cartes des districts écologiques à l'échelle 1/250 000, des unités de paysage régional et des régions écologiques à l'échelle 1/1 250 000.

Pour les portions nord et est du territoire, le comité avait à sa disposition des cartes forestières plus générales qu'au sud, et qui dataient de la fin du

² Le synonyme « placette » est aussi utilisé dans ce rapport.

CARTE 4

Programmes d'inventaire couvrant le territoire d'étude.



deuxième programme d'inventaire (1992). Il disposait aussi de cartes de dépôts de surface, de même que de cartes de districts écologiques. Ces deux dernières séries de cartes n'étaient toutefois pas disponibles entre les latitudes 52° et 53° Nord.

2.4 Programme d'acquisition de connaissances

Le mandat du comité comportait une première phase d'acquisition de connaissances pour les portions nord et est du territoire d'étude. Ainsi, dès la formation du comité, en 2005, un programme d'inventaire écoforestier nordique (PIEN) a vu le jour, défini spécifiquement pour le territoire situé entre la limite nord de la zone d'aménagement et la latitude 53° Nord, ainsi que pour une grande portion de la Moyenne-Côte-Nord et de la Basse-Côte-Nord³ (carte 4).

Le PIEN s'est échelonné sur une période de cinq ans, soit de 2005 à 2009. Il comprenait, pour une portion donnée du territoire, une première année

de cartographie, suivie d'une seconde consacrée au mesurage de placettes. Le programme a aussi permis de compléter la cartographie des districts écologiques et des unités de paysage régional.

2.4.1 Cartographie écoforestière du programme d'inventaire écoforestier nordique (PIEN)

La cartographie du territoire nordique a été réalisée selon une approche qui repose sur l'utilisation de photographies aériennes interprétées en trois dimensions sur écran d'ordinateur et sur l'analyse d'images satellite Landsat (Leboeuf et al., 2012).

Des photographies aériennes à l'échelle 1/40 000 ont été utilisées pour cartographier les dépôts de surface et les régimes hydriques. Elles permettent de repérer des formes de terrains caractéristiques (terrasses, formes profilées, etc.) qui renseignent sur l'origine et la composition des types de dépôts. Les régimes hydriques sont attribués en fonction de la nature des matériaux qui composent les

³ Pour les fins de ce rapport, la rivière Natasquan constitue la limite entre la Moyenne-Côte-Nord (à l'ouest) et la Basse-Côte-Nord (à l'est).

dépôts et de la forme des pentes. L'interprétation en trois dimensions à l'écran d'ordinateur, qui a remplacé l'utilisation du stéréoscope traditionnel, a permis d'augmenter la précision globale du travail.

Les images satellite Landsat, dont la résolution spatiale est de 30 m au sol, ont été employées pour interpréter et cartographier la végétation. Ce travail comprend trois étapes principales. La première consiste à segmenter les images en créant automatiquement des polygones à partir des zones homogènes d'une image. Ensuite, ces polygones sont classés automatiquement sur la base des couleurs de l'image, en lien avec la nature de la végétation. Cette opération est appuyée par des milliers de points de validation sur le terrain. Enfin, une dernière étape de cartographie manuelle vise à éditer les contours et la classe de végétation des polygones que le système n'a pas pu classer automatiquement.

La carte produite, dont la superficie minimale de représentation est de 8 ou 16 ha (voir carte 4), décrit les variables permanentes du milieu (dépôt de surface, régime hydrique, pente), les variables écoforestières (type de couvert forestier, densité, hauteur, stade de développement, végétation du sous-bois) et les perturbations naturelles (feux, chablis et épidémies). Il est à noter que pour les portions ouest et est du territoire d'étude, le comité a décidé de récupérer des cartes de dépôts de surface qui n'incluaient pas les régimes hydriques. Pour l'ensemble du territoire couvert par le PIEN, ce sont plusieurs centaines de milliers de polygones cartographiques qui permettent de localiser et de décrire les massifs boisés, les landes, les milieux contraignants, les perturbations naturelles, etc.

2.4.1.1 Validation de la cartographie du PIEN

Considérant que la cartographie écoforestière à l'échelle 1/100 000 du PIEN a été conçue à partir d'images satellite, et compte tenu de son importance pour mener à bien les analyses du comité scientifique, celle-ci nécessitait une validation rigoureuse. Pour ce faire, le comité a confié à son membre de l'Institut de la statistique du Québec

le soin d'élaborer une approche de validation cartographique permettant d'évaluer les niveaux de précision des principales variables. Globalement, les résultats obtenus sont très satisfaisants pour la majorité des variables et montrent qu'il n'y a pas de biais d'interprétation. Seuls les résultats relatifs aux cinq classes de densité présentent une plus grande diversité de classement. Ces résultats permettent donc d'affirmer que la carte écoforestière donne un portrait juste et fiable du paysage forestier du territoire d'étude. La méthode de validation et les résultats sont présentés en détail à l'annexe 2.

2.4.1.2 Carte écoforestière unifiée du territoire d'étude

Dans le but d'obtenir une base de données cartographiques uniformisée pour l'analyse de l'ensemble du territoire d'étude, les éléments descriptifs cartographiques de la portion sud ont été synthétisés et adaptés à ceux de la portion nord. Cette carte « unifiée » permet de dresser un portrait global du territoire d'étude. Les cartes 5, 6 et 7 (pages 35, 37 et 39) montrent respectivement des résultats relatifs aux types de végétation, aux régimes hydriques et aux dépôts de surface. La carte unifiée a été mise à jour en 2009 pour inclure de récentes interventions forestières et perturbations naturelles. La figure 2 montre des extraits des cartes 5, 6 et 7 réalisées dans le cadre du PIEN et mettent en évidence les détails des polygones cartographiques.

2.4.2 Cartographie des districts écologiques et des paysages régionaux

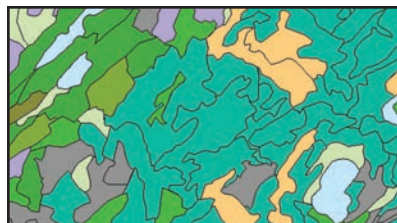
Le district écologique et l'unité de paysage régional sont des éléments du système hiérarchique de classification écologique du territoire (tableau 1). Réalisée en 1998 par le MRN (Saucier *et al.*, 1998), cette classification illustre, à différentes échelles, les liens entre des facteurs écologiques comme le relief, l'altitude, la végétation et le climat.

Le système comprend onze niveaux hiérarchiques aux limites cartographiques parfaitement emboîtées. Chaque niveau est défini par un ensemble

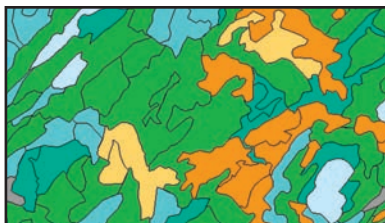
FIGURE 2

Extraits des cartes 5 (types de végétation), 6 (régimes hydriques) et 7 (dépôts de surface) mettant en évidence les détails des polygones cartographiques à l'échelle 1/100 000.

Types de végétation



Régimes hydriques



Dépôts de surface



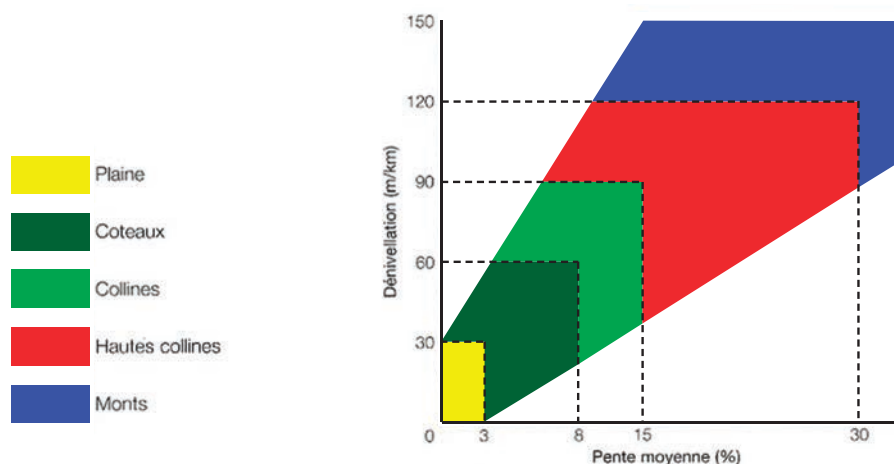
TABEAU 1

Position du district écologique et de l'unité de paysage régional dans le système hiérarchique de classification écologique du territoire développé par le MRN. (Tiré de Robitaille et Saucier, 1998).

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

FIGURE 3

Classification des districts écologiques selon les types de relief.



de facteurs écologiques dont le nombre et la précision augmentent de l'échelle continentale à l'échelle locale. Le système hiérarchique s'apparente en plusieurs points à d'autres travaux réalisés ailleurs dans le monde, notamment au Canada (Wiken et Ironside, 1977; Pojar *et al.*, 1987), aux États-Unis (Avers *et al.*, 1993) et en Scandinavie (Rudberg, 1984).

2.4.2.1 District écologique

Le district écologique est défini comme « une portion de territoire caractérisée par un pattern propre du relief, de la géologie, de la géomorphologie et de la végétation régionale » (Jurdant *et al.*, 1977). Il correspond au concept de district écologique de Lacate (1969) et s'apparente à celui de *site district* proposé par Hills (1959) et à celui de « paysage type » qui décrit un sous-espace du paysage régional (Smardon *et al.*, 1986; Robitaille, 1995). Le district écologique met en évidence, à l'échelle régionale, la structure ou le patron géographique qui caractérise certains facteurs écologiques permanents du milieu.

La méthode de cartographie des districts écologiques comporte de nombreuses règles de délimitation et de caractérisation (Robitaille, 1989). Pour ce faire, la première étape consiste à cartographier les dépôts de surface à l'échelle 1/50 000 par l'analyse de photographies aériennes. La carte

produite est appuyée par des relevés effectués sur le terrain. La deuxième étape conduit à délimiter les districts en utilisant des cartes illustrant le relief (combinaison de pentes, différences d'élévation et morphologie), la géologie (nature et structure), l'hydrographie, de même que la nature et l'épaisseur des dépôts de surface. La troisième étape consiste à caractériser les districts afin de constituer une base de données quantitatives et qualitatives. Les types de relief renseignent sur le caractère doux ou accidenté du relief d'un district (figure 3). Ils sont classifiés à l'aide de la pente moyenne et de la dénivellation absolue mesurées sur des cartes topographiques à l'échelle 1/50 000. Enfin, des textes uniformisés décrivent les grands traits biophysiques de chaque district.

Le territoire d'étude comprend 1114 districts écologiques, dont la superficie moyenne est de 433 km² (carte 8, page 41). Certains de ces districts présentent des caractéristiques semblables tout en étant éloignés géographiquement les uns des autres.

2.4.2.2 Unité de paysage régional

L'unité de paysage régional est une « portion de territoire caractérisée par une organisation récurrente des principaux facteurs permanents du milieu et de la végétation » (Robitaille et Saucier, 1998). Le concept d'unité de paysage régional fait appel à l'intégration de variables bioclimatiques

et physiographiques (climat, végétation potentielle, relief, géologie, dépôts de surface, etc.). La méthode de délimitation des paysages régionaux repose sur l'analyse et l'intégration des variables permanentes du milieu et de celles de la végétation. L'objectif est de délimiter des portions de territoire qui se démarquent nettement les unes des autres et qui présentent une relative homogénéité dans la composition et la distribution des écosystèmes. Sommairement, l'approche consiste à regrouper des districts écologiques qui présentent des similitudes en ce qui a trait au type de relief, à l'altitude, aux dépôts de surface ou à la géologie. On utilise aussi des informations écoforestières qui renseignent sur la répartition d'espèces végétales dont la distribution spatiale s'explique par le climat et les végétations potentielles observées. Enfin, chaque unité de paysage est décrite de façon standardisée. Le territoire d'étude comprend 76 unités de paysage régional, dont la superficie moyenne est de 6341 km² (carte 8, page 41).

2.4.3 Placettes-échantillons et plan de sondage

De 2006 à 2009 inclusivement, un sondage écodendrométrique a été réalisé annuellement pour les portions nord et est du territoire d'étude, à l'aide de mesures effectuées dans trois types de placettes : 1) des placettes écodendrométriques définies et implantées spécifiquement pour les travaux du comité; 2) des placettes post-feu établies dans des brûlis de 10 à 30 ans après le feu au moment de l'échantillonnage; 3) des placettes permanentes existantes auxquelles on a ajouté certaines mesures de nouvelles variables, conformément aux placettes de type 1. En tout, 875 placettes-échantillons nordiques ont fait l'objet d'une récolte de données durant cette période (carte 9, page 43).

Les placettes-échantillons ont été disposées sur le territoire en fonction de grandes strates, déterminées par les types de milieu physique, les types de couvert et les types de végétation de sous-bois, de façon à en représenter au mieux la diversité. En ce qui concerne les placettes post-feu,

seul le milieu physique a servi à déterminer les strates. Les polygones sondés à l'intérieur des strates ont été choisis au hasard. Pour plus d'informations relatives à la structure de cet inventaire, aux strates et aux variables mesurées dans les placettes, voir l'annexe 2 et la norme d'inventaire écoforestier nordique (Berger *et al.*, 2008).

Les placettes écodendrométriques nordiques et les placettes permanentes nordiques ont été utilisées dans le processus d'analyse, notamment pour les aspects relatifs à la productivité. En ce qui concerne les placettes post-feu, une étude réalisée dans le cadre des travaux d'acquisition de connaissances du comité scientifique, et dont le texte intégral est présenté à l'annexe 3, porte sur les résultats d'analyse de 158 des 168 placettes correspondant au territoire sondé (carte 9). L'analyse qu'on y trouve permet de préciser la qualité de la régénération forestière après le feu en forêt boréale nordique, ainsi que la croissance qu'on y observe au cours des premières années suivant cette perturbation.

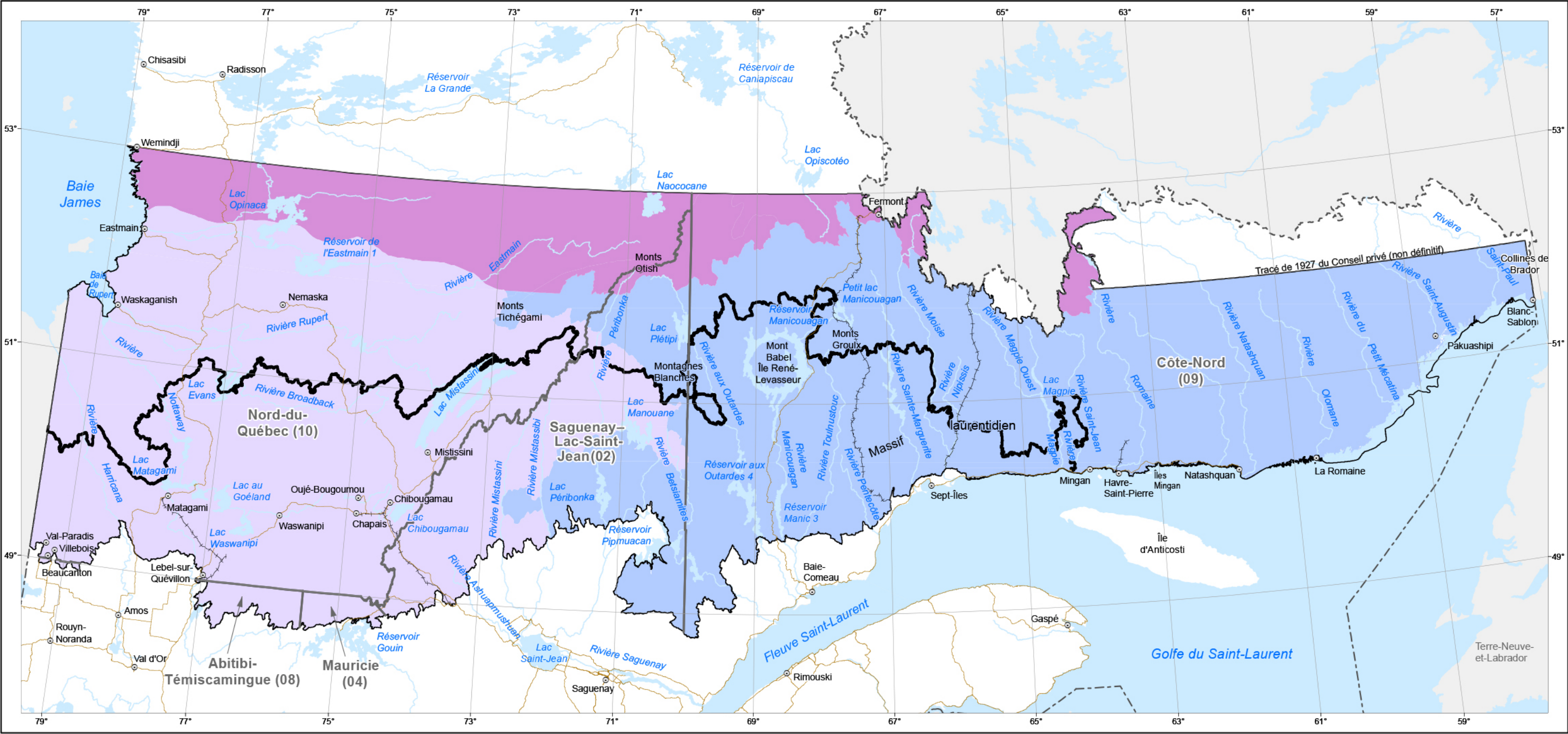
2.4.4 Données climatiques

Le climat est un facteur déterminant à la fois pour la productivité forestière et le régime des feux. Afin de connaître adéquatement le climat du territoire d'étude et de pallier la rareté des stations météorologiques de cette partie du territoire québécois, le logiciel BioSIM 9 a été utilisé (Régnière et Saint-Amant, 2008). Les méthodes d'extrapolation qui y sont intégrées tiennent compte adéquatement des éléments topographiques du territoire d'étude, notamment en ce qui a trait à leurs relations avec certaines variables climatiques d'intérêt, comme la température et les précipitations. La méthode est décrite à l'annexe 2, tandis que des résultats détaillés, accompagnés de nombreuses cartes climatiques, sont présentés à l'annexe 4.



Carte 1

Localisation du territoire d'étude



Domaines bioclimatiques

- Domaine de la pessière à lichens
- Domaine de la pessière à mousses (sous-domaine de l'Ouest)
- Domaine de la pessière à mousses (sous-domaine de l'Est)

Limites

- Région administrative
- Limite nordique des forêts attribuables de 2002

Réseau de transport

- Route principale
- Voie ferrée

Frontières

- Interprovinciale
- Québec – Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique MRNF 2010
Domaines bioclimatiques MRNF 2011
(4^e version)

Référence

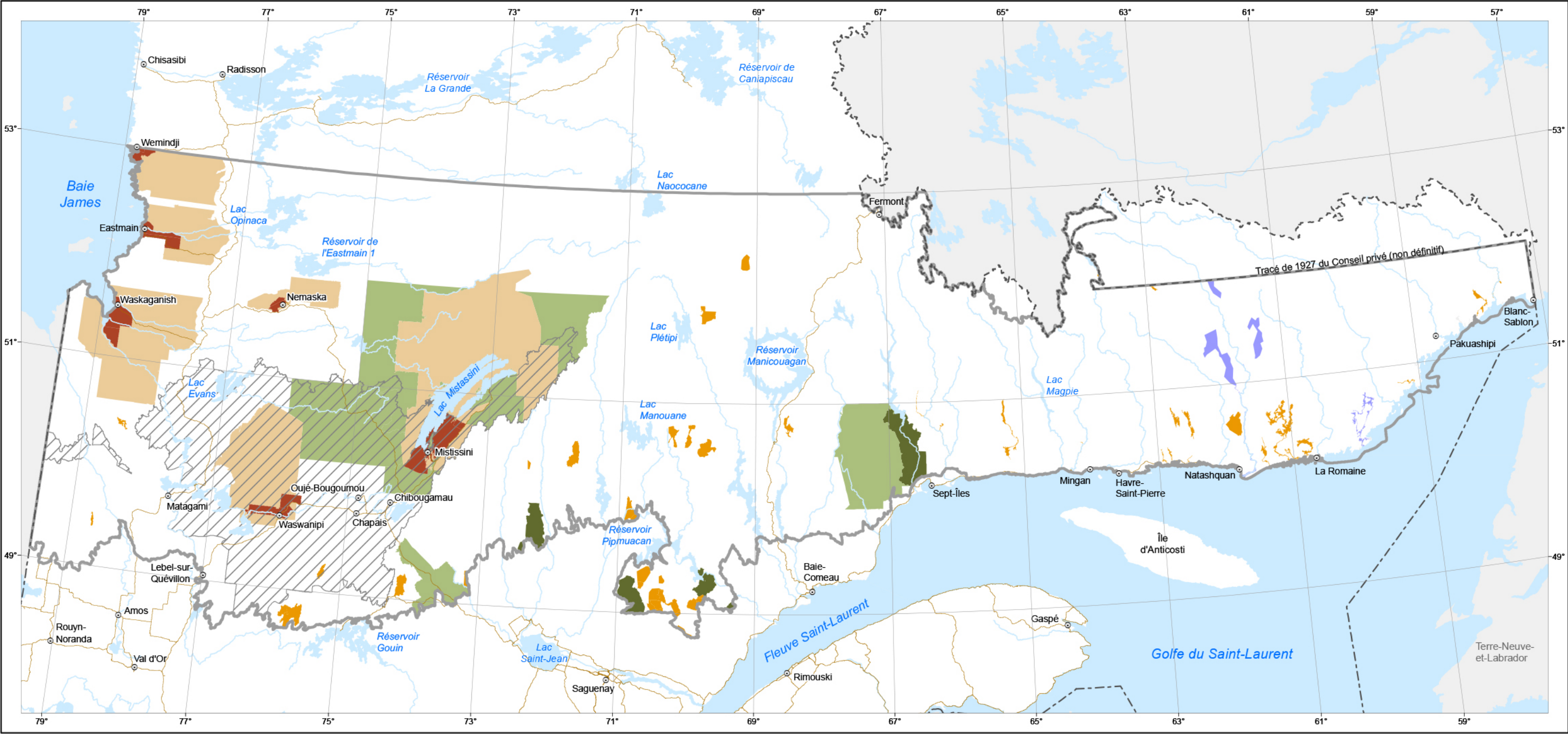
Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.



© Gouvernement du Québec, 2013

Occupation du territoire



Occupation du territoire

- Terres de catégorie I
- Terres de catégorie II
- Territoire de la Paix des braves
- Entente particulière avec les autochtones
- Pourvoirie à droits exclusifs
- Réserve faunique
- Zone d'exploitation contrôlée

Limite

Territoire d'étude

Réseau routier

Route principale

Frontières

Interprovinciale
Québec – Terre-Neuve-et-Labrador
(cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

Source

Assise cartographique MRNF 2010

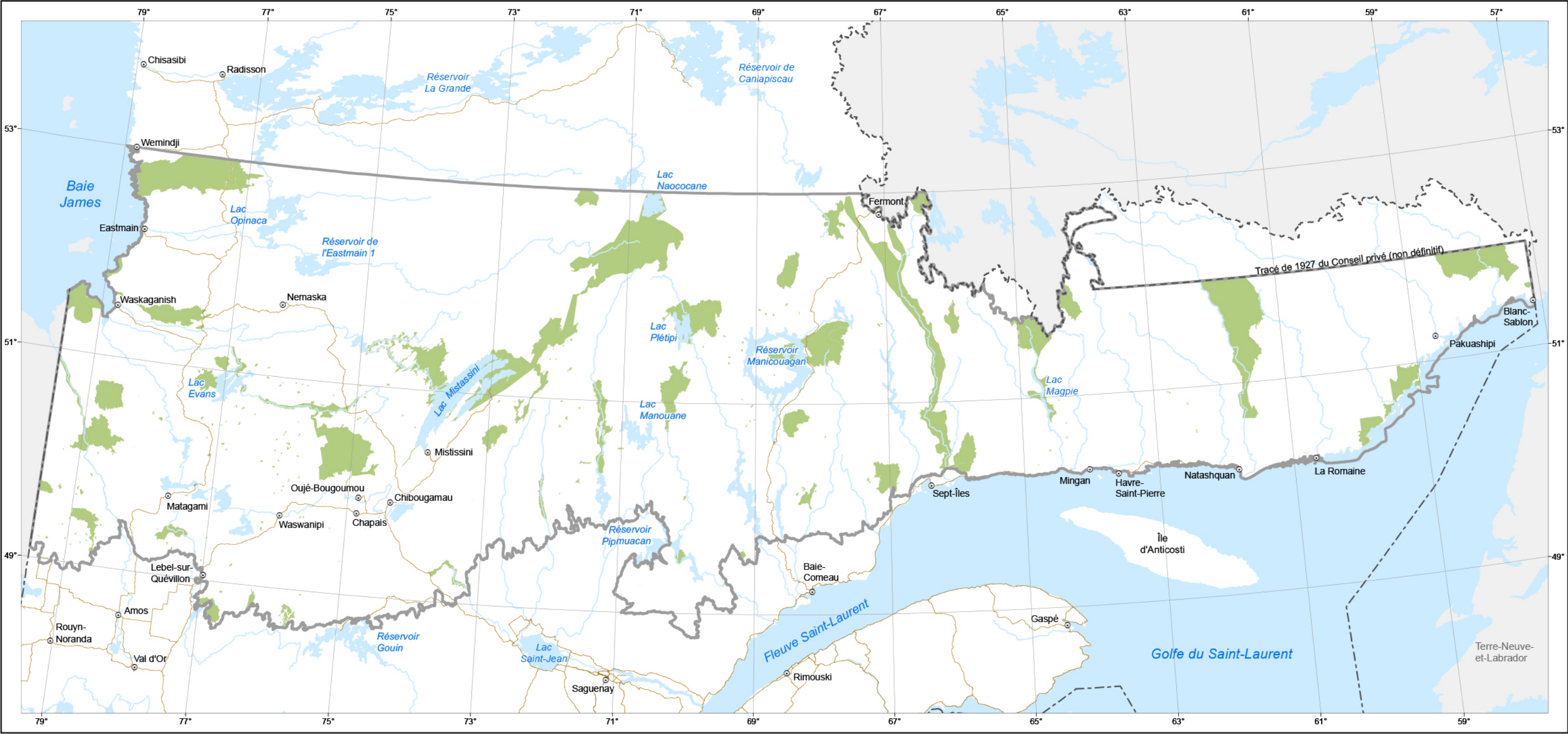
Référence

Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.



Aires protégées



Aire protégée

—

Limite

—

Territoire d'étude

—

Réseau routier

—

Route principale

Frontières

Interprovinciale

Québec—Terre-Neuve-et-Labrador
(cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique

MRNF

2010

Registre des aires protégées

MDDEP

2012

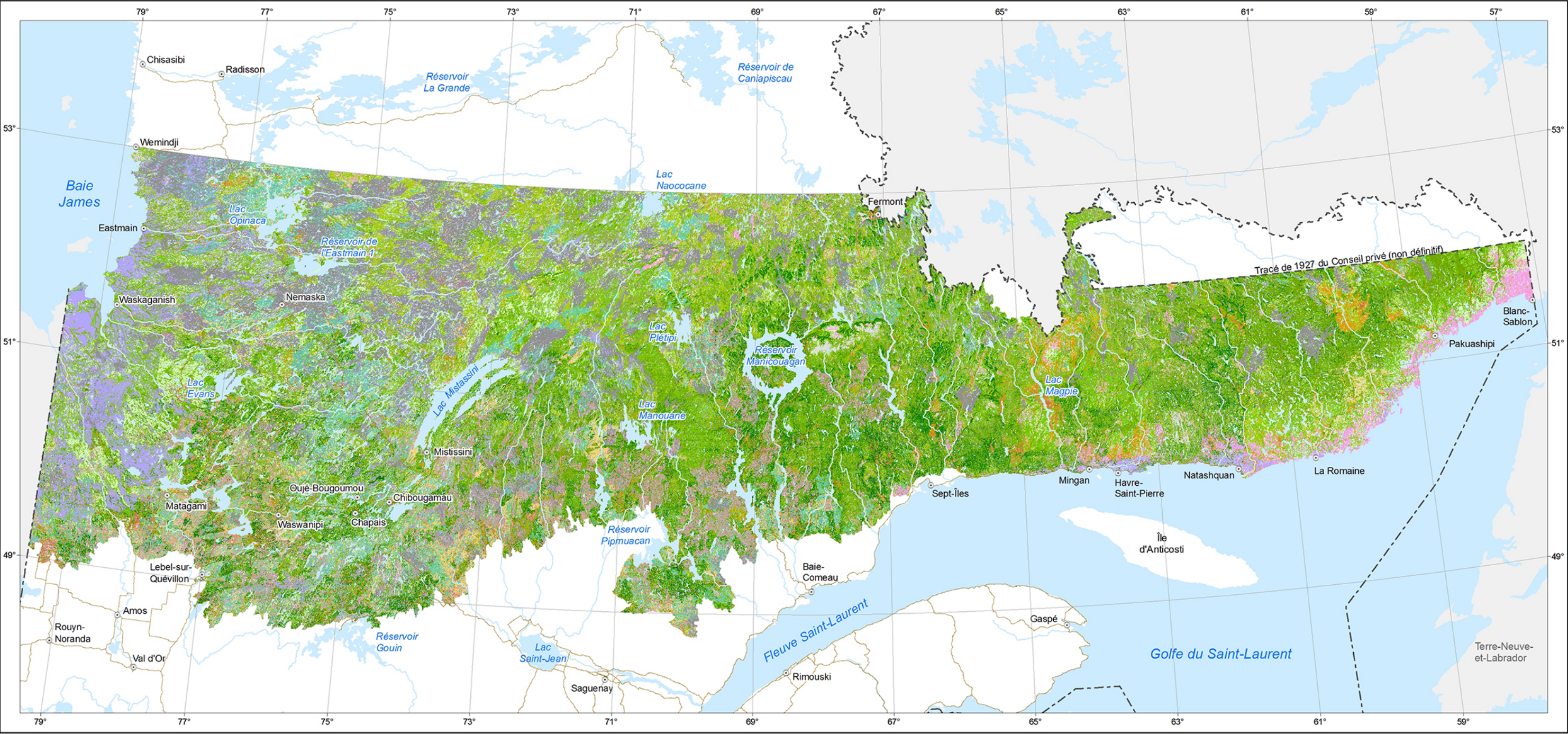
Référence

Rapport du comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.



Types de végétation



Types de végétation

- Milieux terrestres sans végétation
- Milieux humides
- Brûlis récents
- Perturbations naturelles (chablis total, épidémies sévères)
- Interventions (coupes totales, plantations)
- Landes ou arbustes
- Feuillus
- Régénération feuillue
- Mélangés
- Régénération mélangée

- Résineux à fond de mousses (densité de 80 à 100%)
- Résineux à fond de mousses (densité de 60 à 80%)
- Résineux à fond de mousses (densité de 40 à 60%)
- Résineux à fond de mousses (densité de 25 à 40%)
- Lande boisée résineuse à fond de mousses (densité de 10 à 25%)
- Résineux à fond de lichens (densité de 60 à 80 %)
- Résineux à fond de lichens (densité de 40 à 60 %)
- Résineux à fond de lichens (densité de 25 à 40 %)
- Lande boisée résineuse à fond de lichens (densité de 10 à 25%)
- Régénération résineuse

Réseau routier

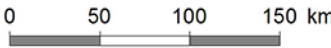
- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec – Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)



Sources

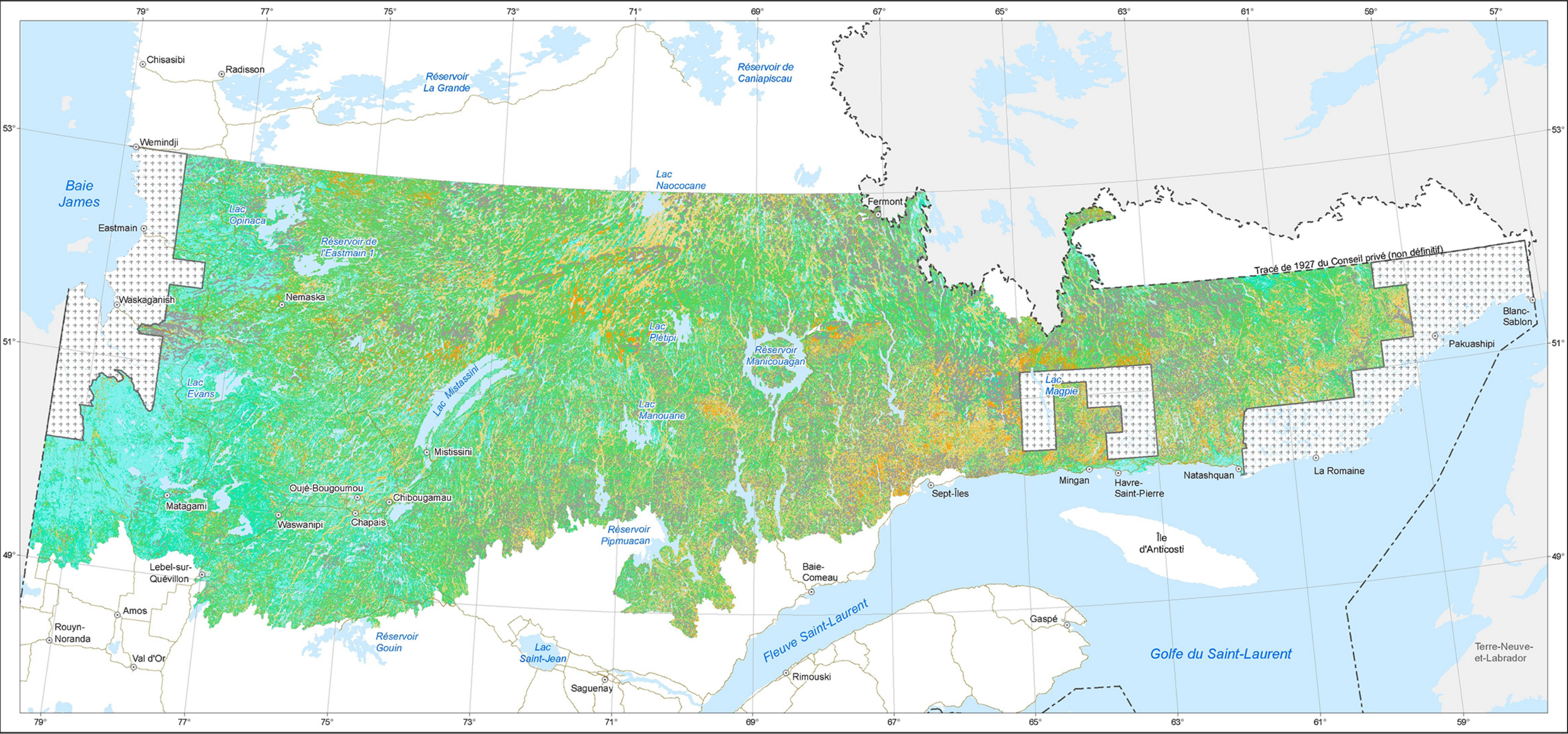
- Assise cartographique MRNF 2010
- Types de végétation MRNF 2009

Référence

Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

Régimes hydriques



Régimes hydriques

- Xérique
- Mésique-xérique
- Mésique
- Subhydrique
- Hydrique
- Drainage latéral
- Secteurs non cartographiés (dominance de tourbières à l'ouest et de roc à l'est)

Réseau routier

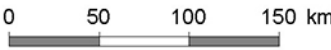
- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec – Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)



Sources

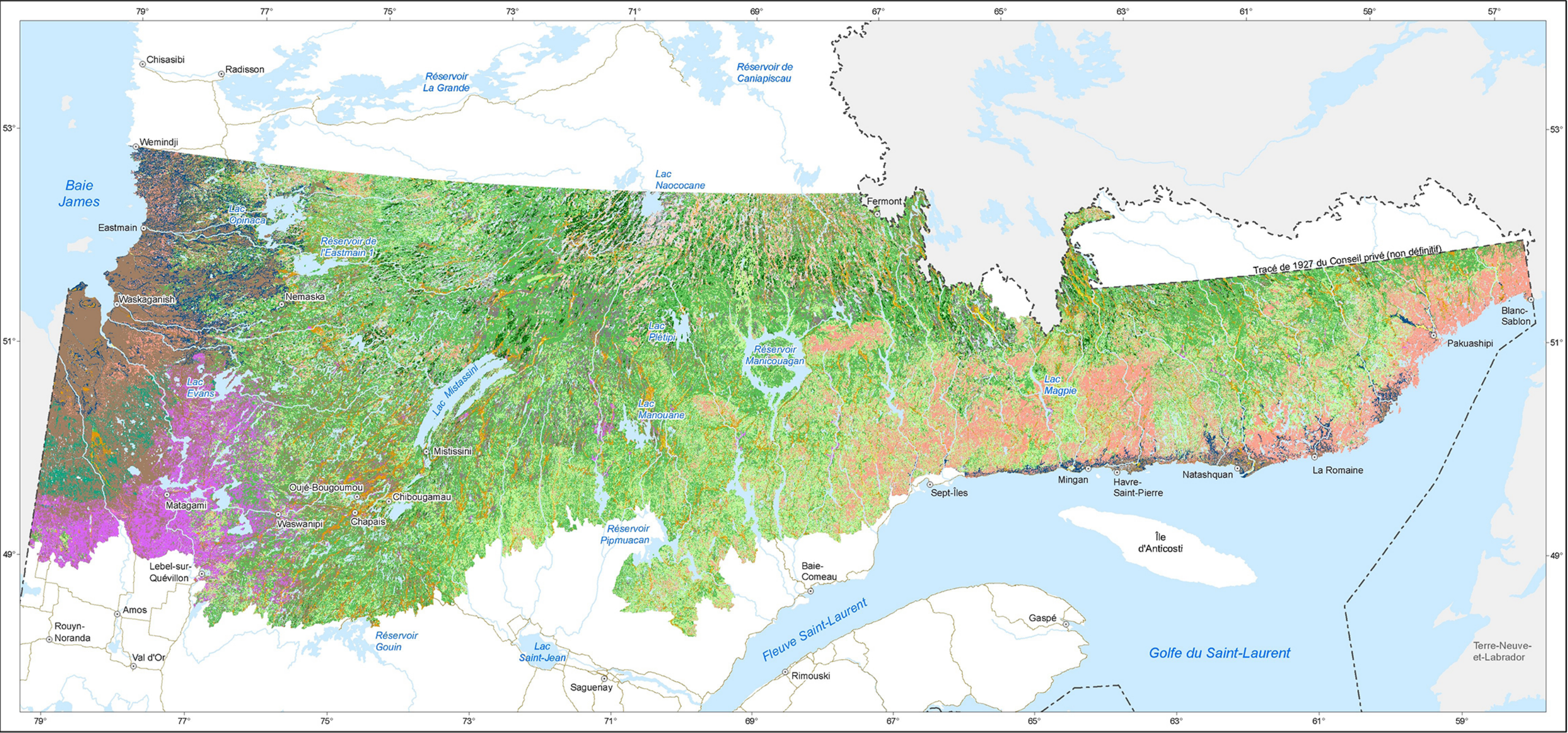
Assise cartographique	MRNF	2010
Régimes hydriques	MRNF	2009

Référence

Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

Dépôts de surface



Dépôts de surface

- Till indifférencié (épaisseur moyenne supérieure à 1 m)
- Till indifférencié mince (épaisseur moyenne de 25 cm à 1 m)
- Till délavé et champs de blocs glaciaires
- Till d'ablation
- Drumlins et drumlinoides
- Moraine de Rogen
- Till argileux
- Moraine de De Geer
- Moraine de décrépitude

- Dépôts fluvioglaciaires
- Dépôts fluviatiles
- Dépôts glaciolacustres
- Dépôts marins
- Dépôts organiques
- Dépôts de pentes et d'altération
- Dépôts éoliens
- Substrat rocheux (dépôts de moins de 25 cm d'épaisseur)
- Dépôts anthropiques

Réseau routier

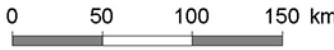
- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec – Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)



Sources

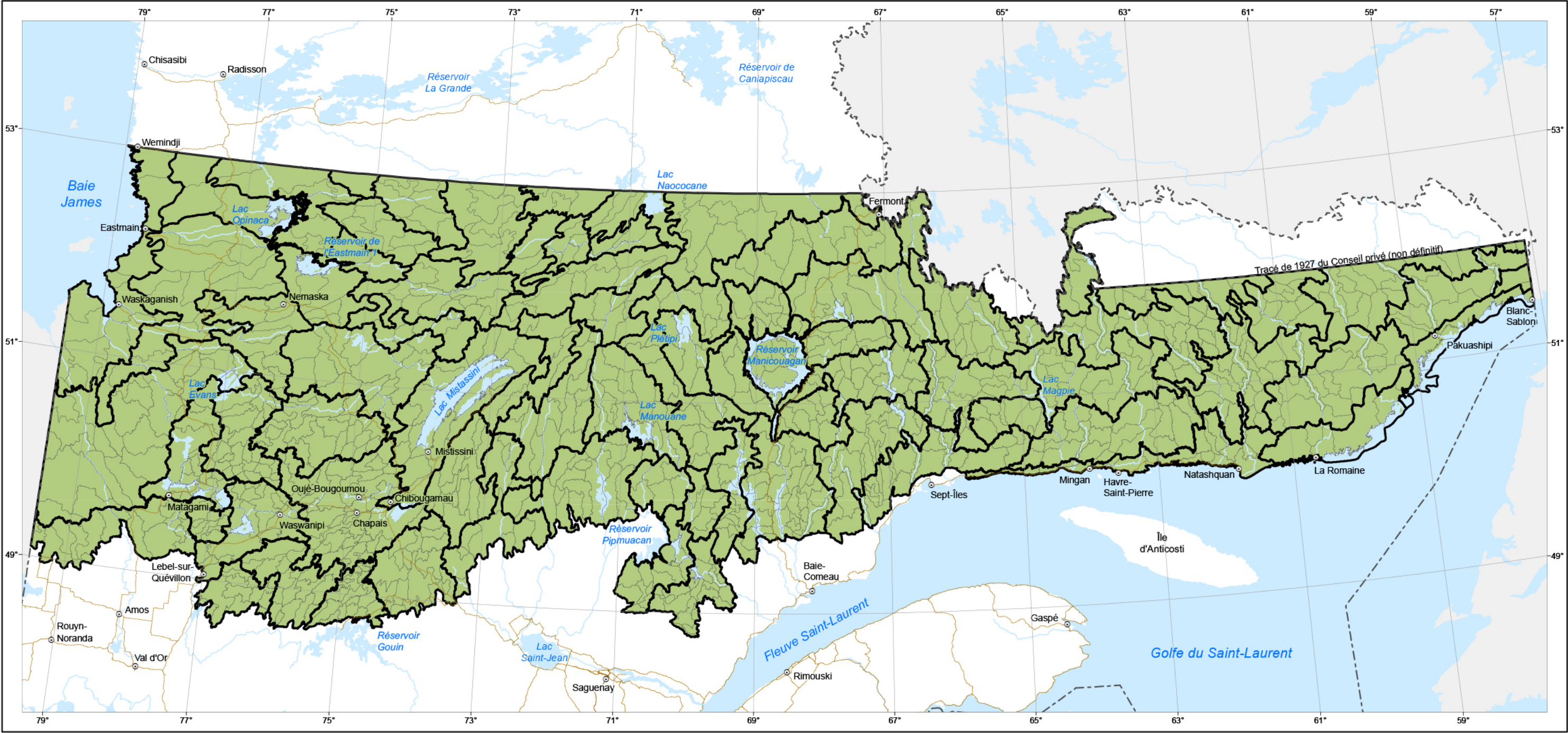
- Assise cartographique MRNF 2010
- Dépôts de surface MRNF 2009

Référence

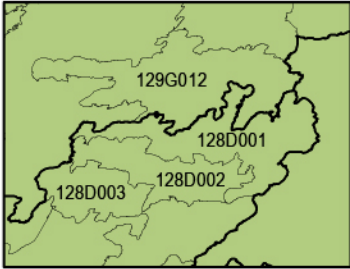
Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

Carte 8
Districts écologiques et
unités de paysage régional



Exemple de numérotation des districts



Limites

- District écologique
- Unité de paysage régional

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec – Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique	MRNF	2010
Districts écologiques et unités de paysage régional	MRNF	2009

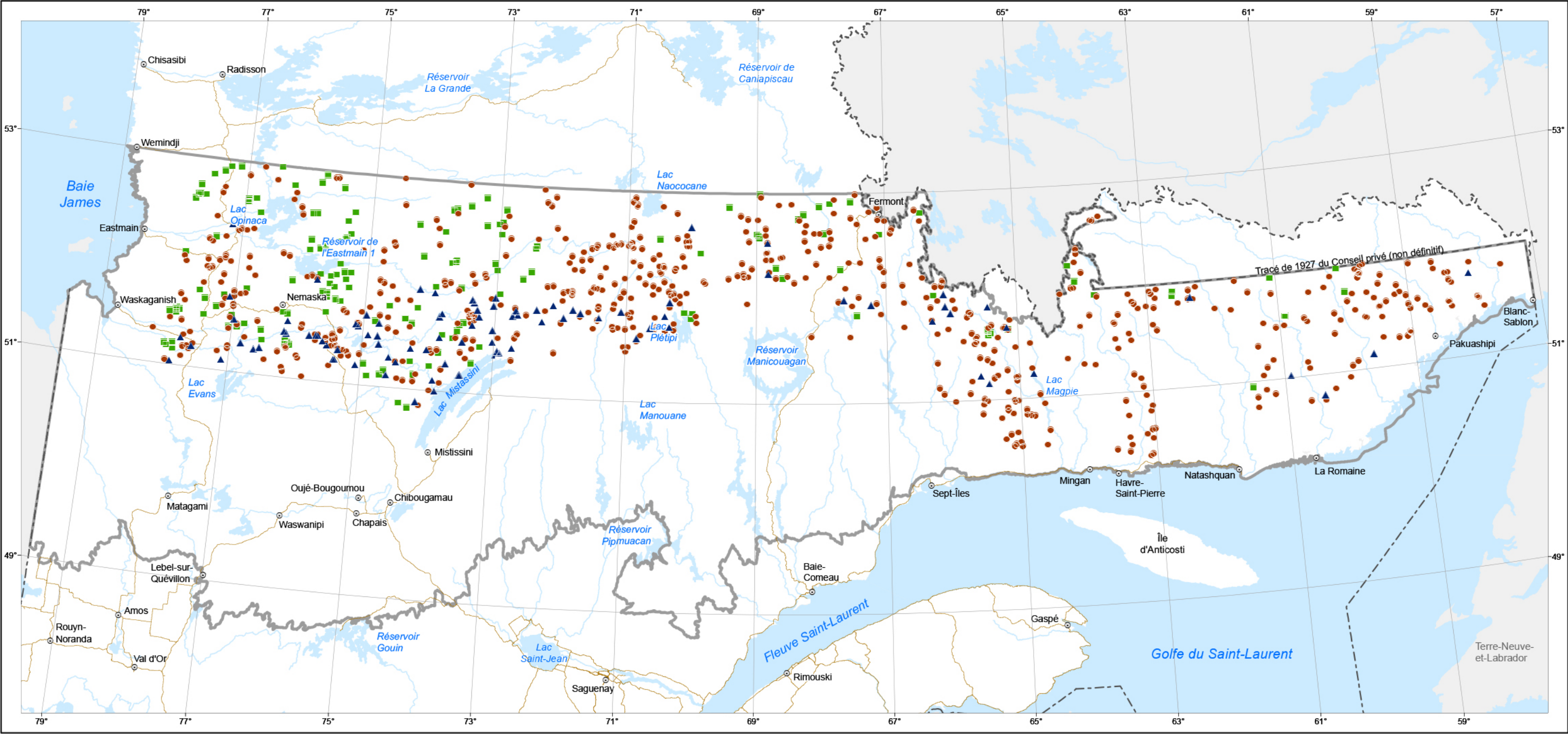
Référence

Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.



Carte 9
Placettes-échantillons du programme
d'inventaire écoforestier nordique



- Placettes-échantillons nordiques (875)**
- Placette-échantillon écodendrométrique nordique (602 PEEN)
 - Placette-échantillon post-feu nordique (168 PEFN)
 - ▲ Placette-échantillon permanente nordique (105 PEPN)

- Limite**
- Territoire d'étude
- Réseau routier**
- Route principale

- Frontières**
- Interprovinciale
 - Québec – Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique	MRNF	2010
Placettes-échantillons	MRNF	2009

Référence

Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.





Portrait biophysique du territoire d'étude

Les caractéristiques biophysiques du territoire d'étude affichent une grande variabilité. Ce chapitre vise à brosser un portrait sommaire des éléments considérés pour les analyses. Pour compléter ce portrait, quelques autres éléments sont aussi traités, mais plus succinctement, comme la géologie ou la flore. Le lecteur trouvera à l'annexe 4 plus de détails et de nombreuses autres cartes thématiques élaborées dans le cadre de ce travail.

3.1 Climat

Les données de la présente section sont des estimations qui se basent sur des modélisations effectuées à l'aide de BioSIM 9, à l'échelle du district écologique. Plus de détails, incluant une carte de localisation des stations météorologiques, sont fournis à l'annexe 2.

Globalement, la portion sud du territoire se caractérise par un climat subpolaire, subhumide, à courte saison de croissance, tandis que le nord est marqué par un climat subpolaire froid, subhumide, à très courte saison de croissance (annexe 4, carte 42). Les températures moyennes annuelles se situent entre -4,9 et 1,6 °C (carte 10, page 55). Elles s'abaissent graduellement selon la latitude (du sud au nord), mais aussi selon l'altitude. Les monts Otish constituent l'endroit le plus froid du territoire, avec -4,9 °C. Dans toute la région située au nord et à l'est de ces derniers, les températures sont à peine plus élevées et se situent autour de -4 °C. Plus au sud, les monts Groulx connaissent des conditions similaires. À l'opposé, le secteur le plus chaud se situe sur la Côte-Nord du golfe du Saint-Laurent, plus précisément à l'est de Natashquan (1,6 °C). Partout sur cette côte, les températures moyennes dépassent 0 °C, mais elles baissent rapidement dès qu'on progresse vers le nord, sur le plateau intérieur (environ -2 à -3 °C). Dans la partie ouest du

territoire, les températures s'abaissent plus graduellement du sud vers le nord, passant de 1,1 °C dans le secteur de Lebel-sur-Quévillon à -2 °C dans la plaine de la baie James. Dans les secteurs montagneux centraux, les températures sont relativement basses (entre -2 et -3 °C), mais les vallées plus méridionales, notamment celles situées dans le secteur du réservoir Pipmuacan, peuvent connaître des températures moyennes supérieures à 0 °C.

Le total des degrés-jours de croissance varie entre 618 et 1376 degrés-jours en moyenne selon les districts (annexe 4, carte 28). Il semble que dans le territoire d'étude, la composante maritime du climat, particulièrement la proximité des eaux froides du golfe du Saint-Laurent, joue un rôle important sur cette variable. Ainsi, les valeurs les plus basses (moins de 700 degrés-jours) sont notées dans la partie est de la Basse-Côte-Nord et sont à peine plus élevées vers l'ouest. On trouve des valeurs comparables sur les sommets des monts Otish et des monts Groulx, ainsi que sur les plateaux situés à la limite nord du territoire. À l'opposé, la composante continentale du climat de la partie ouest semble influencer positivement les degrés-jours. Si on compare le secteur de Nemaska, situé à l'ouest du territoire d'étude à une altitude d'environ 300 m, à celui de Blanc-Sablon, situé à l'est à la même latitude sur le littoral du golfe du Saint-Laurent, on constate que le premier bénéficie de 400 degrés-jours de plus. Les valeurs les plus élevées sont notées au sud, dans le secteur du réservoir Pipmuacan, avec environ 1400 degrés-jours.

Les précipitations totales annuelles varient de 651 mm à 1236 mm en moyenne selon les districts (annexe 4, carte 35). Elles augmentent graduellement d'ouest en est et, dans une moindre mesure,

du nord vers le sud. Elles sont minimales aux abords immédiats de la baie James (entre 650 et 700 mm), et maximales à l'extrémité est de la Côte-Nord (entre 1150 et 1200 mm). Le secteur du réservoir Manicouagan reçoit pour sa part environ 1000 mm de précipitations et les sommets des monts Groulx jusqu'à 1100 mm. Certains secteurs accidentés du massif laurentidien reçoivent jusqu'à 1150 mm de précipitations. À l'opposé, les valeurs se situent souvent en deçà de 900 mm dans la portion nord-ouest du territoire.

Les autres variables climatiques estimées sont détaillées à l'annexe 4.

3.2 Milieu physique

3.2.1 Géologie

La géologie du territoire d'étude est présentée sur la carte 4 de l'annexe 4. La presque totalité du territoire fait partie du Bouclier canadien, dont l'assise rocheuse est surtout composée de roches cristallines très anciennes d'âge précambrien. Il se divise en deux provinces géologiques : la portion ouest du territoire, de la baie James au lac Mistassini, est comprise dans la province du Supérieur, qui se compose de roches généralement peu métamorphisées et qui présente un relief surtout formé de plaines, de coteaux et de collines; la partie orientale est pour sa part occupée par la province de Grenville, qui se caractérise par un haut degré de métamorphisme et une importante quantité de roches magmatiques, générant en maints endroits un relief accidenté formé de hautes collines et de monts. Quelques formations sédimentaires sont présentes sur le territoire (plate-forme de la baie d'Hudson, bassins de Mistassini et d'Otish), tandis que la forme annulaire du réservoir Manicouagan est le résultat d'un impact météoritique datant d'environ 215 millions d'années.

3.2.2 Relief et altitude

Dans la portion ouest du territoire d'étude, le relief est généralement peu accidenté, passant d'une plaine de basse altitude dans le secteur de la baie James à un relief de coteaux autour du lac Mistassini. La progression altitudinale y est

d'environ un mètre par kilomètre. Au centre-nord du territoire, l'altitude est plus élevée (500 à 700 m), mais le relief reste généralement doux et souvent contrôlé par les dépôts de surface. Les monts Tichégami, avec ses sommets arrondis, et le massif des monts Otish, avec son relief de cuesta au front nord escarpé, se démarquent nettement. Le mont Yapeitso, dans les monts Otish, constitue le point culminant du territoire d'étude avec ses 1135 m. En progressant vers le sud-est, le relief devient franchement accidenté et est fortement disséqué par de larges vallées orientées nord-sud, à l'exemple de celle de la rivière Manicouagan. Les monts Groulx surgissent du paysage en formant un massif rectangulaire s'élevant jusqu'à un peu plus de 1000 m. Plus à l'est, dans la région de la Côte-Nord, les vallées transversales se succèdent et deviennent étroites et encaissées. Le relief, fortement fracturé et contrôlé par le socle, progresse par paliers successifs à partir du golfe du Saint-Laurent et s'élève jusqu'à 900 à 1000 m. À l'est de la rivière Natashquan, l'altitude moyenne et l'ampleur du relief diminuent progressivement jusqu'à Blanc-Sablon, la côte devenant de plus en plus déchiquetée et jalonnée d'une multitude d'îles.

La carte 11 (page 57) montre l'élévation du territoire d'étude par classes d'altitude de 50 m; la carte 12 (page 59) indique les types de relief par district écologique.

3.2.3 Dépôts de surface

Globalement, les dépôts glaciaires dominant et s'étendent sur près de 60 % de la superficie terrestre du territoire d'étude (tableau 2 et carte 7, page 39). Le till épais abonde dans les secteurs au relief peu accidenté constitué de plaines et de coteaux, où il forme une importante couverture, particulièrement au centre et au nord du territoire. Le till mince est pour sa part fréquent dans les reliefs de collines et de hautes collines, notamment sur les hauts versants et les sommets.

TABLEAU 2**Superficie relative des dépôts de surface du territoire d'étude.**

Dépôt de surface	Superficie (%)
Till indifférencié (épaisseur moyenne supérieure à 1 m)	30
Till indifférencié mince (épaisseur moyenne de 25 cm à 1 m)	20
Till délavé et champs de blocs glaciaires	< 0,5
Till d'ablation	2
Drumlins et drumlinoïdes	2
Moraines de Rogen	1
Till argileux	1
Moraines de De Geer	< 0,5
Moraines de décrépitude	3
Total des dépôts glaciaires	59
Dépôts fluvioglaciaires	6
Dépôts fluviatiles	< 0,5
Dépôts glaciolacustres	4
Dépôts marins	3
Dépôts organiques	16
Dépôts de pentes et d'altération	< 0,5
Dépôts éoliens	< 0,5
Substrat rocheux (comportant parfois des placages de dépôts de moins de 25 cm d'épaisseur)	12
Dépôts anthropiques	< 0,5
Total des dépôts autres que glaciaires	41
Total	100

Les autres dépôts glaciaires occupent des superficies beaucoup moindres, mais constituent des composantes importantes du paysage dans certains secteurs. Ils se trouvent surtout dans des zones de faible relief formées de coteaux : les moraines de décrépitude se concentrent majoritairement au centre et au nord du territoire; les champs de drumlins sont particulièrement abondants dans les secteurs entourant les monts Otish, mais aussi un peu partout dans la portion nord; le till d'ablation est surtout présent au nord; le till argileux est bien circonscrit dans un secteur situé à environ 150 km au sud-est de la baie James; enfin, les moraines de Rogen sont surtout concentrées à l'est des monts Otish et dans le secteur du lac Naococane.

Les dépôts autres que glaciaires occupent, pour leur part, un peu plus de 40 % de la superficie terrestre. Les dépôts organiques s'étendent sur de vastes superficies aux abords de la baie James et recouvrent les grands deltas situés à l'embouchure des principales rivières de la Côte-Nord. Les dépôts fluvioglaciaires forment généralement de minces bandes, mais d'importantes concentrations sont observées dans les secteurs des lacs Mistassini et Manouane. Ils sont toutefois plus rares dans la région de la baie James. Les dépôts glaciolacustres tapissent la plaine de la région de Matagami, au sud-ouest. Ils sont généralement argileux, mais on rencontre des dépôts sableux plus à l'est, là où l'altitude est un peu plus élevée. Aux environs de la baie James, les dépôts marins s'entremêlent avec des dépôts organiques, du till ou des affleurements rocheux. Le long de la Côte-Nord, ils sont argileux et généralement très épais aux abords immédiats des rivières, tandis qu'ils sont sableux et plus minces en retrait. L'altitude de la limite marine est d'environ 270 m à l'est de la baie James, à la portion nord du territoire, et d'environ 130 m dans le secteur de Havre-Saint-Pierre, sur la Côte-Nord. Les autres types de dépôts observés dans le territoire d'étude sont plus localisés et n'occupent qu'une petite fraction de la superficie totale. Enfin, dans les secteurs les plus

accidentés et fracturés, le socle rocheux est parfois exposé sur de très grandes étendues. Ces surfaces rocheuses sont particulièrement importantes dans le massif laurentidien et le long de la côte du golfe du Saint-Laurent.

La carte 7 (page 39) illustre la nature et la répartition des dépôts de surface dans le territoire d'étude. Pour leur part, les cartes 13 et 14 (pages 61 et 63) montrent respectivement les dépôts dominants et codominants par district écologique.

3.2.4 Hydrographie

L'hydrographie du territoire d'étude est relativement dense et complexe (annexe 4, carte 7). D'innombrables plans d'eau, notamment le lac Mistassini et le réservoir Manicouagan, parsèment le paysage et couvrent au total 12 % de la superficie. Le territoire chevauche deux grands bassins hydrographiques : le bassin de la baie James, à l'ouest, comprend plusieurs rivières importantes qui convergent vers la baie James, notamment les rivières Harricana, Nottaway, Broadback, Rupert et Eastmain; le bassin du Saint-Laurent, à l'est, comprend des rivières qui s'écoulent du nord vers le sud, se succédant plus ou moins parallèlement, notamment les rivières Péribonka, Manicouagan, Moisie, Romaine et Natashquan.

3.3 Végétation

3.3.1 Portrait général

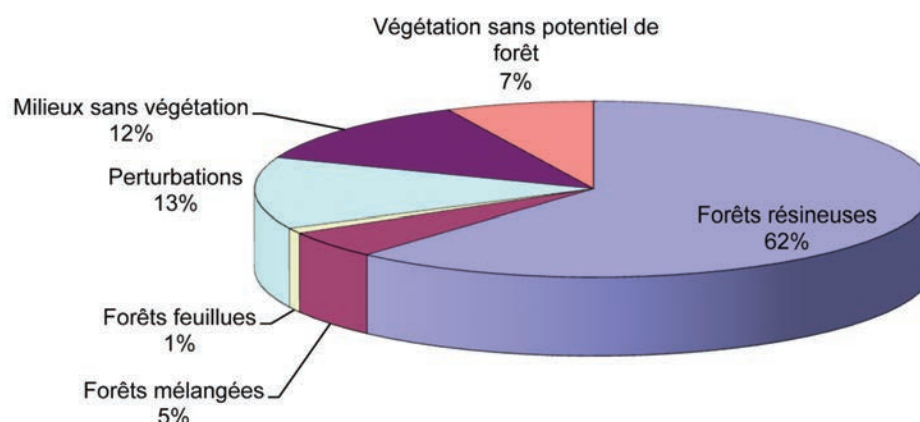
Ce portrait de la végétation est celui constaté en 2009. Il est basé sur les données récoltées par le MRN, conformément aux normes décrites dans Leboeuf *et al.* (2012). Plus de détails sont fournis à l'annexe 4. La forêt est ici définie au sens large comme tout peuplement dont la densité du couvert est de plus de 10 % (incluant la régénération). Selon cette définition, la forêt occupe 68 %⁴ de la superficie totale du territoire d'étude (incluant l'eau), dont 62 % de forêts résineuses (figure 4). La proportion restante (32 %) est constituée de milieux issus de perturbations (naturelles et anthropiques), de milieux sans végétation

⁴ En resserrant la définition de la forêt aux peuplements jeunes et mûrs de plus de 25 % de densité du couvert, la proportion passe à 47 % de la superficie.

FIGURE 4

Portrait général de la végétation du territoire d'étude en 2009.

Les milieux sans végétation incluent l'eau.



(essentiellement des plans d'eau) et de milieux avec végétation sans potentiel de forêt (surtout des milieux humides).

La fréquence des stades de développement des peuplements forestiers diffère selon le type de couvert. Les résineux sont surtout constitués de peuplements mûrs, alors que les mélangés et les feuillus sont dominés par les peuplements régénérés et jeunes. La densité varie également d'un type de couvert à l'autre. Du côté des résineux, 44 % des peuplements ont une densité supérieure à 40 % alors que cette proportion est beaucoup plus élevée chez les mélangés et les feuillus.

3.3.2 Répartition des types de végétation

La synthèse de la végétation du territoire d'étude est illustrée sur la carte 5 (page 35), tandis que les proportions de chacun des types de végétation apparaissent au tableau 3. Les proportions sont ici calculées par rapport à la superficie terrestre du territoire d'étude. Les perturbations naturelles et anthropiques sont traitées dans la section suivante.

Les résineux à fond de mousses de plus de 40 % de densité forment le type de végétation le plus abondant du territoire d'étude, avec un peu plus du quart de la superficie terrestre. Dans la portion sud-ouest, ils partagent le territoire avec des aires d'interventions ainsi que des peuplements en régénération, mélangés ou résineux. La rivière Rupert et le lac Mistassini semblent représenter

la limite nord d'abondance de ces forêts. On les trouve aussi fréquemment à l'est du lac Mistassini. Elles sont rares au nord-ouest du territoire d'étude et sur la Basse-Côte-Nord, le long du golfe du Saint-Laurent.

Les résineux à fond de mousses de faible densité (moins de 40 %) constituent le second type de végétation en importance. On peut les observer un peu partout sur le territoire mais les concentrations maximales se trouvent dans la plaine de la baie James, au nord du lac Mistassini ainsi que dans plusieurs secteurs accidentés de la Moyenne et de la Basse-Côte-Nord.

Les résineux à fond de lichens sont moins fréquents que les résineux à fond de mousses. Ils sont cependant dominants dans la portion nord du territoire, entre les latitudes 52° et 53° Nord, où ils sont très majoritairement composés de peuplements de faible densité.

La régénération résineuse est pour sa part surtout fréquente dans la partie ouest du territoire d'étude, notamment entre la plaine de la baie James et le lac Mistassini.

La forêt mélangée et la régénération mélangée occupent surtout la partie sud-ouest du territoire. On en observe aussi dans la région de la Côte-Nord, dans de vastes secteurs bien circonscrits, mais beaucoup plus rarement au nord de la latitude 52° Nord. Pour leur part, la forêt feuillue et

TABLEAU 3**Proportion des types de végétation du territoire d'étude en 2009.****Seule la superficie terrestre est considérée.**

Type de végétation ¹	%
Milieus terrestres sans végétation	1
Milieus humides	6
Brûlis récents (datant de 0 à 40 ans environ)	11
Perturbations naturelles autres que brûlis récents (chablis total, épidémies sévères)	< 0,5
Interventions (coupes totales datant de 0 à 40 ans environ; plantations datant de 0 à 20 ans environ)	5
Landes ou arbustes	2
Feuillus	1
Régénération feuillue	< 0,5
Mélangés	3
Régénération mélangée	3
Résineux à fond de mousses ² (densité de 40 à 100 %)	26
Résineux à fond de mousses (densité de 10 à 40 %)	22
Résineux à fond de lichens (densité de 40 à 100 %)	< 0,5
Résineux à fond de lichens (densité de 10 à 40 %)	13
Régénération résineuse	6
Total	100

¹ La description des types de couverts utilisés pour la cartographie du PIEN est présentée dans Leboeuf et al., 2012.

² Le terme « mousses » englobe ici les mousses, les sphaignes, les hépatiques et les éricacées.

la régénération feuillue sont très dispersées dans le territoire d'étude, même si on en trouve une certaine concentration dans la portion sud-ouest.

Les milieux humides sont principalement constitués de tourbières non boisées. On les observe en abondance dans la plaine de la baie James, là où les tourbières s'étendent sur de grandes superficies. Les milieux humides sont également fréquents au centre et au nord du territoire d'étude,

tandis qu'à l'est, leur concentration est manifeste sur la frange côtière de la Moyenne-Côte-Nord. Par contre, les milieux humides sont rares dans les secteurs accidentés.

Enfin, les landes et les arbustes sont particulièrement fréquents sur la Côte-Nord, alors que les landes alpines caractérisent les plus hauts sommets, comme ceux des monts Otish et des monts Groulx.

TABLEAU 4

Fréquence des principales espèces d'arbres du territoire d'étude pondérée selon la superficie des unités de paysage.

Espèce d'arbres	Fréquence pondérée (%)
Épinette noire (<i>Picea mariana</i>)	93
Sapin baumier (<i>Abies balsamea</i>)	46
Bouleau à papier (<i>Betula papyrifera</i>)	20
Pin gris (<i>Pinus banksiana</i>)	20
Mélèze laricin (<i>Larix laricina</i>)	9
Peuplier faux-tremble (<i>Populus tremuloides</i>)	8
Épinette blanche (<i>Picea glauca</i>)	6

3.3.3 Espèces d'arbres

Des relevés effectués dans les placettes d'inventaire du MRN révèlent que sept espèces d'arbres ont une fréquence significative dans le territoire d'étude (tableau 4), c'est-à-dire que leur présence est signalée dans au moins 5 % des quelque 23 000 placettes échantillonnées. Toutefois, comme la répartition des placettes est inégale sur le territoire, cette fréquence a dû être pondérée selon la superficie des unités de paysage, pour ne pas surestimer ou sous-estimer indûment la fréquence réelle de certaines espèces. Le lecteur trouvera plus de détails ainsi que des cartes de répartition par espèce à l'annexe 4.

L'épinette noire est abondante partout et constitue de loin l'espèce dominante. À l'ouest, elle a tendance à former des peuplements purs, mais on la remarque aussi de concert avec le pin gris, le sapin baumier, le bouleau à papier⁵ et le peuplier faux-tremble. La prédominance de l'épinette noire sur les autres espèces s'observe dans tous les types de milieux, et s'accroît avec la détérioration du drainage. Dans le domaine de la pessière à lichens, l'épinette noire est occasionnellement accompagnée du pin gris ou du mélèze laricin.

Le sapin baumier est abondant dans la partie est du territoire, où la majorité des peuplements est constituée d'un mélange d'épinettes noires et de sapins. La fréquence de ce dernier diminue cependant rapidement à l'ouest du territoire, et il devient même presque absent de certains secteurs du domaine de la pessière à lichens situés au nord-ouest du lac Mistassini.

La présence du bouleau à papier est maximale le long de la limite sud du territoire. L'espèce y forme parfois des peuplements purs en milieux mésiques, bien qu'on la trouve plus souvent mélangée avec des résineux. Plus au nord, sa fréquence diminue graduellement, l'espèce croissant alors sur les sites les plus chauds et les mieux drainés. Le bouleau est parfois accompagné du peuplier faux-tremble.

Le cas du pin gris est à l'inverse de celui du sapin. Il se trouve principalement dans la partie ouest du territoire, particulièrement entre la plaine de la baie James et le lac Mistassini. Dans cette région soumise à un court cycle de feu, le pin gris forme parfois des peuplements purs. Il occupe surtout les sols de texture grossière. À l'est du lac Mistassini, sa fréquence diminue graduellement. Dans le

⁵ Il est possible que le bouleau à papier comprenne parfois du bouleau à feuilles cordées (*Betula cordifolia*).

sous-domaine de la pessière à mousses de l'Est, les longs cycles de feu expliquent sans doute sa rareté.

Le mélèze laricin, le peuplier faux-tremble et l'épinette blanche ont une fréquence inférieure à 10 % et sont traités dans l'annexe 4.

3.3.4 Profil physiographique

La figure 5 (page 67) présente un profil physiographique représentatif du centre du territoire d'étude dans l'axe ouest-est. Il croise une grande variété de paysages, et ce, tant au chapitre du relief que des dépôts de surface ou de la végétation. Il synthétise plusieurs éléments d'information présentés dans les sections précédentes. Il a été toutefois nécessaire d'exagérer de manière importante le plan vertical afin d'illustrer le relief de façon satisfaisante. Il en est de même pour la taille des arbres et l'épaisseur des dépôts de surface. Seule la dimension horizontale du profil est à l'échelle. Des profils illustrant d'autres paysages du territoire d'étude sont présentés à l'annexe 4.

3.4 Perturbations naturelles et anthropiques

Globalement, les surfaces classifiées comme étant des perturbations naturelles et anthropiques représentaient 16 % de la superficie terrestre du territoire d'étude en 2009. Elles constituent donc les « types de végétation » les plus importants après les peuplements résineux (tableau 3).

Les brûlis récents (carte 5, page 35) incluent les feux où les peuplements ont totalement brûlé (plus de 75 % des arbres morts), sans régénération ou autre végétation de plus de 2 m. De façon générale, les portions de territoire brûlé augmentent selon deux gradients distincts : de l'est vers l'ouest et du sud vers le nord. Elles sont omniprésentes au nord-ouest du territoire, plus précisément dans une région grossièrement délimitée par la baie James à l'ouest et les lacs Mistassini et Naococane à l'est. Cette région est caractérisée par un relief relativement peu accidenté couvert de dépôts glaciaires comme des drumlins, des moraines de Rogen et des moraines de

décrépitude. Au sud-ouest du territoire, les portions de territoire brûlé sont peu nombreuses, notamment là où dominent les vastes tourbières. Entre le lac Mistassini et le réservoir Manicouagan, les brûlis sont vastes, mais les feux ont épargné certains massifs comme celui des Montagnes Blanches. Au nord du réservoir Manicouagan, les brûlis sont nombreux mais de plus faible superficie. À l'est de ce réservoir, jusqu'à l'extrémité est du territoire d'étude, les brûlis sont relativement peu nombreux, mais peuvent s'étendre sur de vastes superficies.

Parmi les autres perturbations naturelles, les chablis totaux et les épidémies sévères se manifestent en proportions sensiblement égales, mais tous deux occupent une faible proportion de la superficie. Ces perturbations affectent surtout la région de la Côte-Nord.

Les coupes forestières représentent la très grande majorité des perturbations anthropiques. Elles sont presque entièrement comprises dans la portion sud-ouest du territoire, au sud du lac Mistassini et du réservoir Manicouagan, et à l'est jusqu'à la rivière Sainte-Marguerite. À l'est de cette dernière, les interventions sont quasi inexistantes.

3.5 Biodiversité

3.5.1 Flore

Au moins 866 espèces de plantes vasculaires sont présentes dans les limites du territoire d'étude, ce qui représente environ 35 % du total connu pour le Québec. La richesse floristique vasculaire diminue toutefois rapidement vers le nord, de telle sorte que l'aire de répartition de beaucoup d'espèces d'affinité méridionale franchit à peine la limite sud du territoire. En ce qui a trait aux plantes non vasculaires, un minimum de 391 espèces de bryophytes colonisent le territoire, soit 48 % des espèces connues pour le Québec. Les lichens seraient au nombre d'au moins 300 espèces, soit un peu moins du tiers des quelque 950 espèces connues au Québec. L'abondance et la répartition de certaines espèces de lichens revêtent toutefois

une importance particulière dans le territoire d'étude puisqu'ils constituent la diète hivernale principale du caribou forestier, espèce reconnue comme vulnérable au Québec. Une étude, dont le texte intégral est présenté à l'annexe 5 et qui a été réalisée dans le cadre des travaux d'acquisition de connaissances du comité scientifique, a notamment permis de mieux documenter les effets de la structure des peuplements sur l'abondance des lichens épiphytes et terricoles dans la portion nord du territoire d'étude. Ces travaux montrent que les peuplements de plus de sept mètres de hauteur et de densité de couvert variant entre 25 et 40 % ont une forte biomasse en lichens fruticuleux épiphytes. La plus grande abondance de lichens terricoles est observée dans les peuplements dont la densité du couvert est inférieure à 25 % et la hauteur inférieure à 12 m.

Selon la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables du Gouvernement du Québec, le territoire d'étude compte neuf espèces vasculaires menacées ou vulnérables. Toutefois, ces plantes ont une aire de répartition très restreinte et croissent dans des milieux non propices à l'aménagement forestier, notamment sur des littoraux, dans des estuaires et sur des sommets de montagne.

3.5.2 Faune

Les informations concernant les invertébrés sont plutôt fragmentaires pour le territoire d'étude. Un sommaire des informations disponibles à leur sujet est présenté à l'annexe 4. Chez les vertébrés, 47 espèces de poissons ont été recensées, ainsi que 13 espèces d'amphibiens et de reptiles, 233 espèces d'oiseaux (dont 167 ont été confirmées nicheuses) et 51 espèces de mammifères. La richesse spécifique des vertébrés diminue rapidement du sud vers le nord, notamment en ce qui concerne les oiseaux passereaux forestiers. Mentionnons toutefois que, parmi les oiseaux, le pic à dos noir (*Picoides arcticus*) est un spécialiste des insectes xylophages qui est particulièrement associé aux forêts de conifères récemment brûlées, tandis que le pic à dos rayé (*Picoides dorsalis*), le tétras du Canada (*Falci pennis canadensis*) et la mésange à tête

brune (*Poecile hudsonicus*) ont leur abondance maximale répertoriée dans le territoire d'étude. De même, plusieurs mammifères sont fréquents et répandus, notamment le castor du Canada (*Castor canadensis*), l'écureuil roux (*Tamiasciurus hudsonicus*), l'hermine (*Mustela erminea*), le lièvre d'Amérique (*Lepus americanus*), la loutre de rivière (*Lontra canadensis*), le lynx du Canada (*Lynx canadensis*), la martre d'Amérique (*Martes americana*), l'ours noir (*Ursus americanus*), le rat musqué (*Ondatra zibethicus*), le renard roux (*Vulpes vulpes*) et le vison d'Amérique (*Neovision vison*). Pas moins de 18 espèces de micromammifères ont été recensées. Parmi elles, la musaraigne arctique (*Sorex arcticus*) est étroitement associée au domaine de la pessière à mousses. La grande faune forestière est surtout représentée par l'orignal (*Alces americanus*), l'ours noir et le caribou forestier.

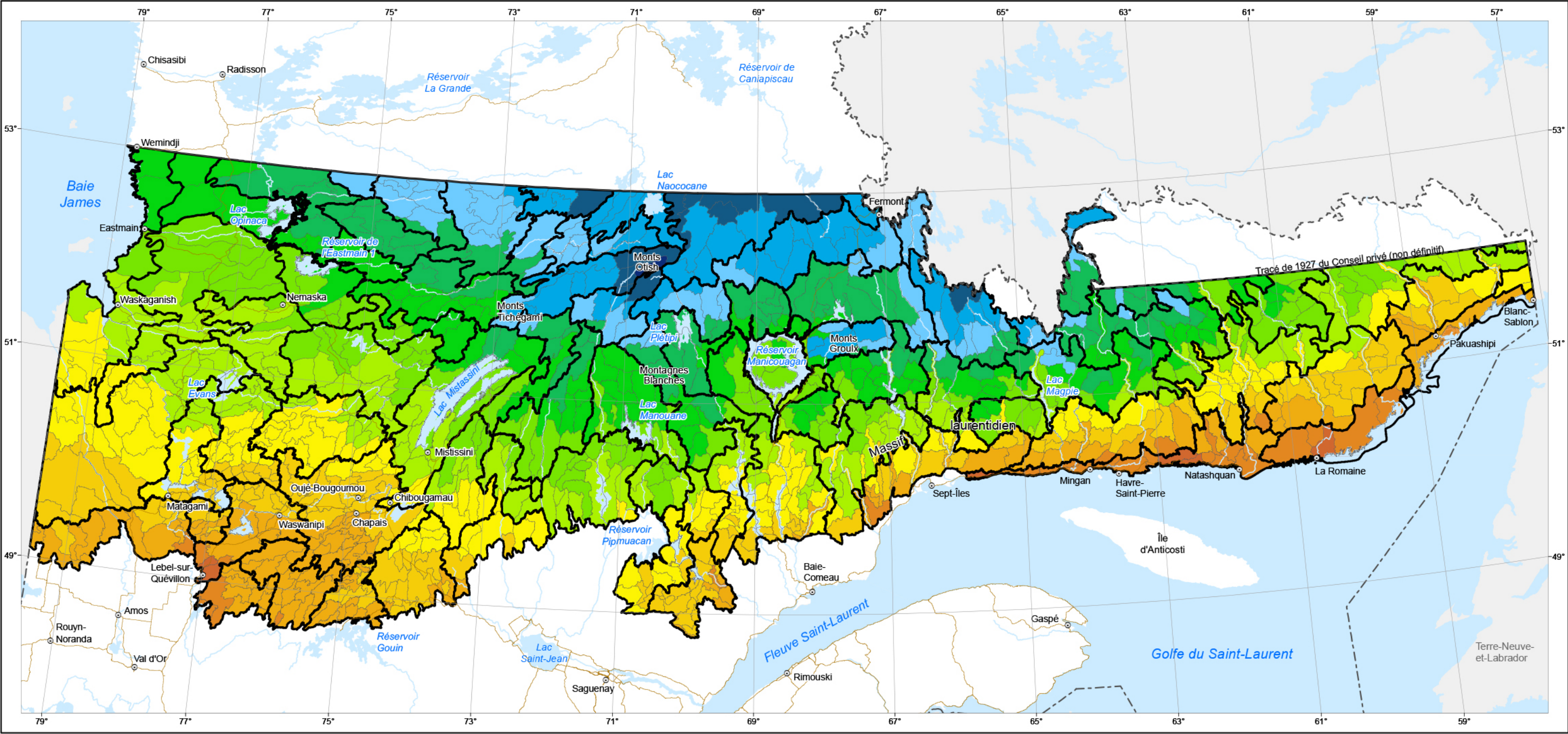
Selon la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables du Gouvernement du Québec et la Loi sur les espèces en péril du Gouvernement du Canada, 16 espèces fauniques présentes dans le territoire d'étude sont désignées menacées ou vulnérables. Parmi elles, trois sont particulièrement susceptibles d'être menacées par les opérations d'aménagement forestier : le garrot d'Islande (*Bucephala islandica*), l'aigle royal (*Aquila chrysaetos*) et le caribou forestier. Le garrot d'Islande est un canard plongeur qui, en période de reproduction, utilise généralement les petits lacs alcalins sans poissons et de moins de 15 ha situés à la tête des bassins versants, à une altitude de plus de 500 m. Les opérations forestières constituent la menace la plus importante pour cette espèce. En plus d'éliminer les arbres qui servent pour la nidification, ces opérations forcent les femelles à nicher plus loin des plans d'eau, exposant ainsi les jeunes à une plus grande prédation lorsqu'ils quittent le nid. De plus, les opérations forestières rendent les plans d'eau accessibles aux humains, ce qui se traduit par une augmentation des perturbations aux sites de nidification. Dans une moindre mesure, l'aigle royal pourrait aussi souffrir de la perte d'habitats en raison de l'aménagement forestier. En effet, cette espèce niche habituellement sur les corniches

des falaises, mais aussi, parfois, dans des arbres. Dans ce dernier cas, il peut être particulièrement affecté par certaines perturbations anthropiques.

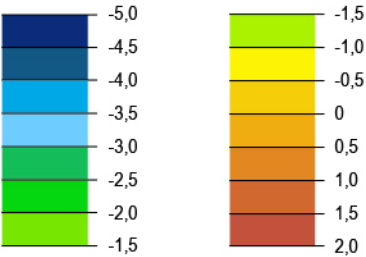
Le caribou forestier est toutefois l'espèce faunique actuellement désignée qui fait l'objet des plus importantes préoccupations, en lien avec les enjeux d'aménagement forestier. Selon le rapport de l'Équipe de rétablissement du caribou forestier du Québec (2008), la limite méridionale de l'aire de répartition de cette espèce n'a cessé d'être repoussée vers le nord au cours des dernières décennies. De plus, l'analyse de données démographiques et de télémétrie satellitaire ont récemment mis en lumière le déclin et l'état précaire de trois populations locales de caribou forestier du Nord-du-Québec (Rudolph et al., 2012). La carte 15 (page 65) montre l'aire d'application du Plan de rétablissement du caribou forestier au Québec au sein du territoire d'étude, qui correspond essentiellement à son aire de répartition réelle en 2005.

Les menaces qui pèsent sur le caribou forestier, notamment celles liées à l'aménagement des forêts, ont été récemment largement documentées (Environnement Canada, 2011). Bien que la prédation et la chasse soient les causes directes du déclin actuel des populations, on en attribue la cause ultime à la transformation du paysage. En effet, en deçà d'un seuil de 65 % de territoire exempt de perturbations naturelles ou anthropiques dans l'aire utilisée par une population locale de caribous forestiers (environ 5000 km² au Québec), les hardes ont des taux de recrutement trop faibles pour permettre leur persistance à long terme. Le maintien du caribou forestier est par conséquent devenu un enjeu incontournable de l'aménagement forestier dans toute son aire de répartition au Canada. L'annexe 6 donne plus de détails sur les principaux résultats de recherche obtenus en lien avec cette problématique au cours des dernières années.

Carte 10
Température moyenne annuelle
par district écologique



Température moyenne annuelle 1971-2000 (°C)



Limites

- District écologique
- Unité de paysage régional

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec – Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique	MRNF	2010
Districts écologiques et unités de paysage régional	MRNF	2009
Variables climatiques	MRNF	2010

Référence

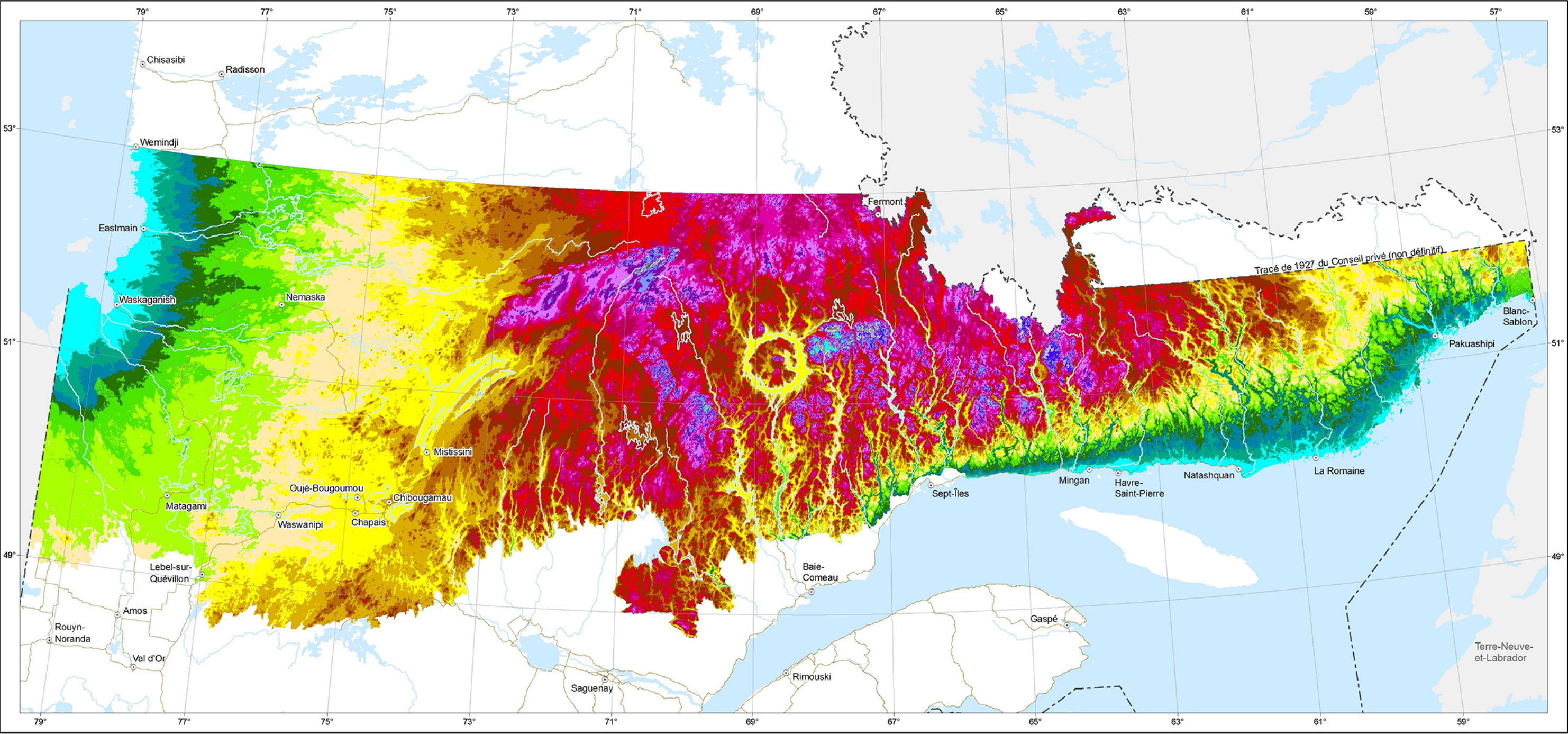
Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

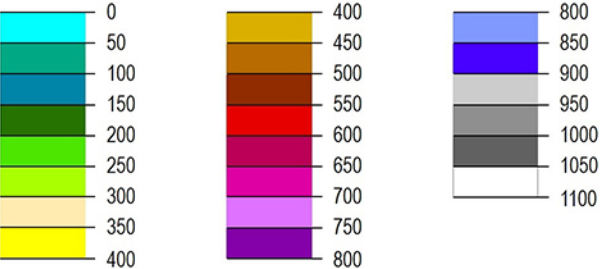
© Gouvernement du Québec, 2013



Altitude par classes de 50 mètres



Altitude (m)



Réseau routier

Route principale

Frontières

Interprovinciale
Québec – Terre-Neuve-et-Labrador
(cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

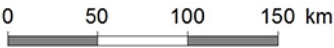
Sources

Assise cartographique MRNF 2010
Altitudes MRNF 2010

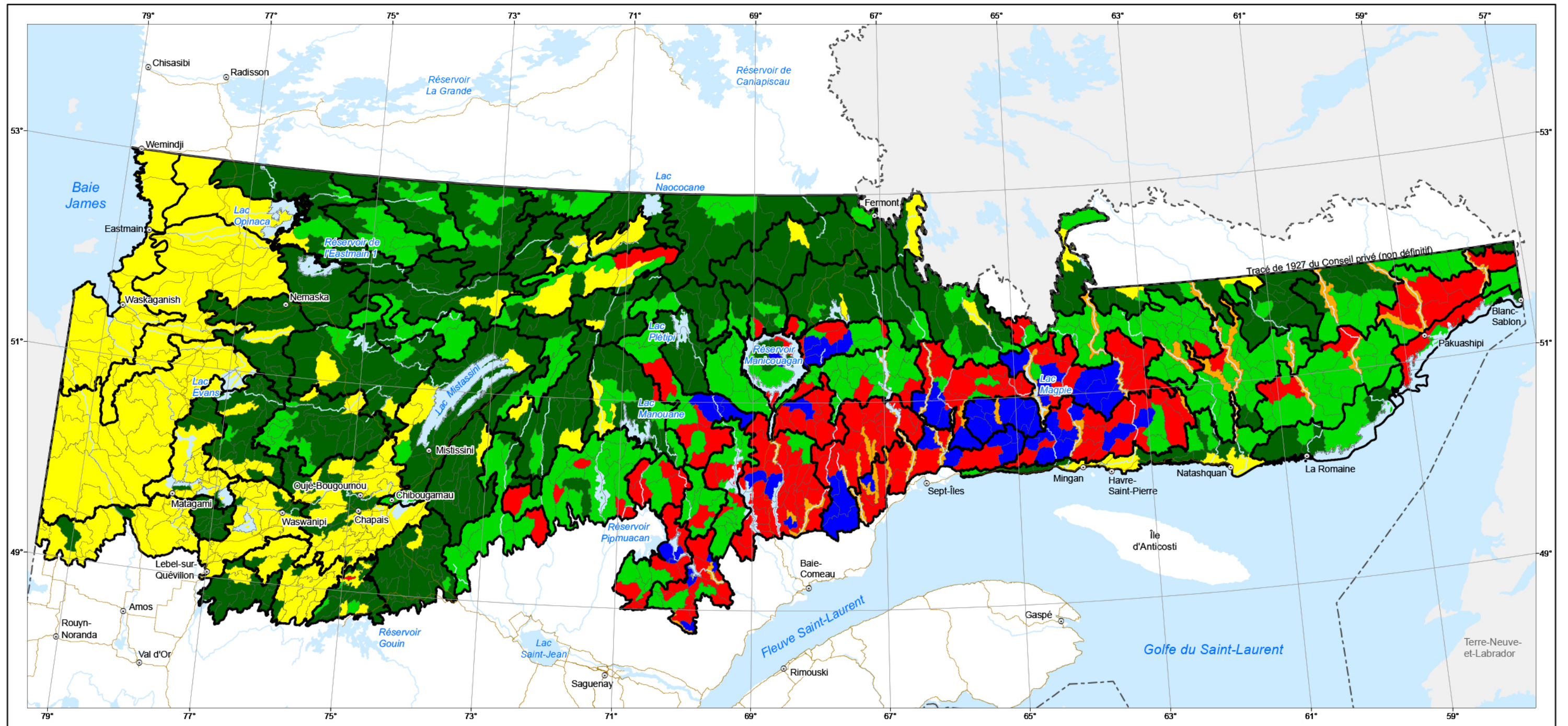
Référence

Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.



Carte 12
Type de relief
par district écologique



Type de relief

- Plaine
- Coteaux
- Collines
- Hautes collines
- Monts
- Vallée

Limites

- District écologique
- Unité de paysage régional

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec – Terre-Neuve-et-Labrador
(cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
 Conique de Lambert avec deux parallèles
 d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique MRNF 2010
 Types de relief MRNF 2009

Référence

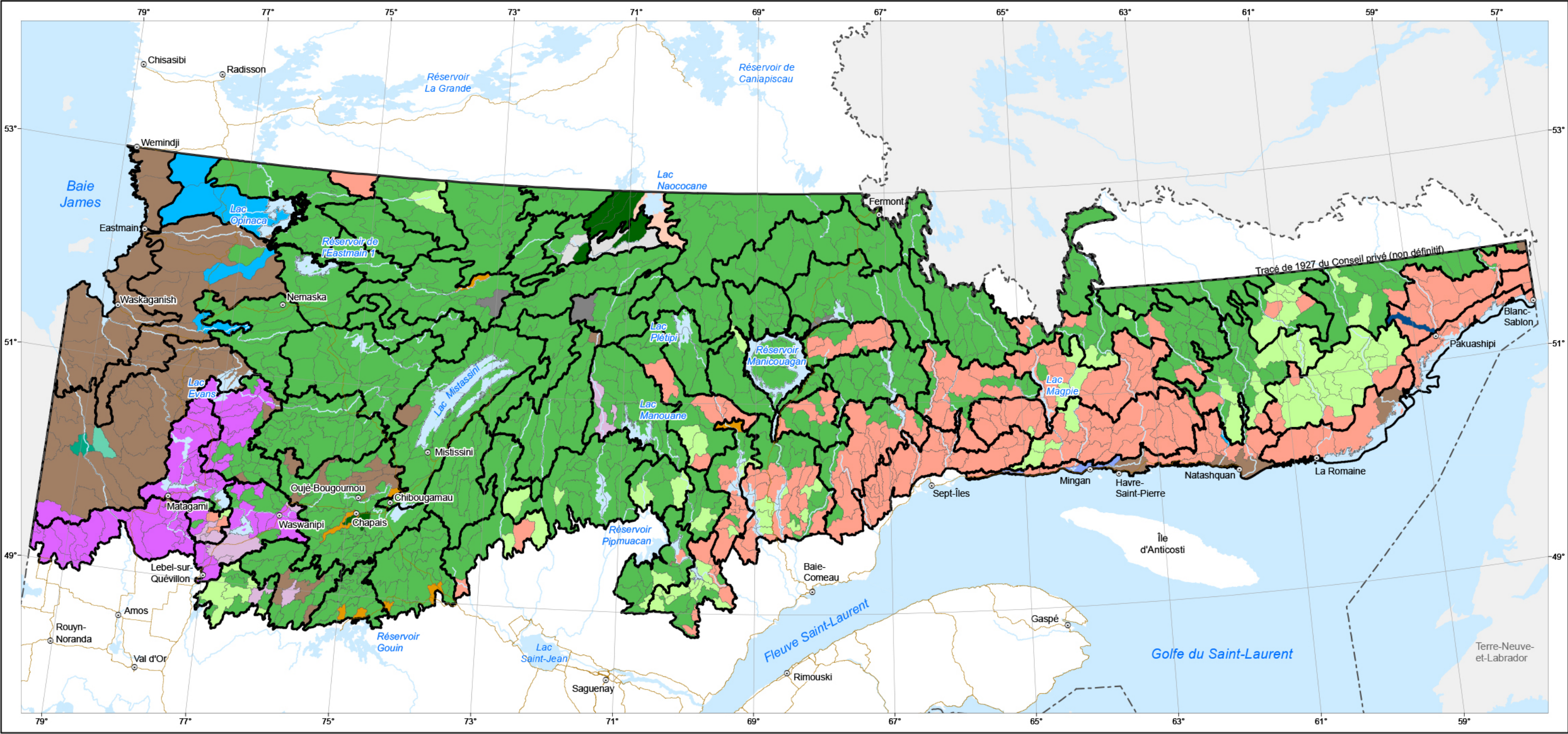
Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
 la limite nordique des forêts attribuables
 Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

© Gouvernement du Québec, 2013

0 50 100 150 km

Carte 13
Dépôts de surface dominants
par district écologique



Dépôts de surface dominants

- | | |
|---|--|
| Till indifférencié (épaisseur moyenne supérieure à 1 m) | Dépôts proglaciaires (épandage) |
| Till indifférencié mince (épaisseur moyenne de 25 cm à 1 m) | Dépôts glaciolacustres de faciès d'eau profonde (épaisseur supérieure à 1 m) |
| Till d'ablation | Dépôts glaciolacustres de faciès d'eau peu profonde |
| Drumlins et drumlinoïdes | Dépôts marins de faciès d'eau profonde |
| Moraine de Rogen | Dépôts marins de faciès d'eau peu profonde |
| Till argileux | Dépôts littoraux marins |
| Moraine interlobaire | Dépôts organiques |
| Moraine de décrépitude | Substrat rocheux (dépôts de moins de 25 cm d'épaisseur) |

Limites

- District écologique
- Unité de paysage régional

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec – Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

0 50 100 150 km

Sources

Assise cartographique	MRNF	2010
Dépôts de surface dominants	MRNF	2009

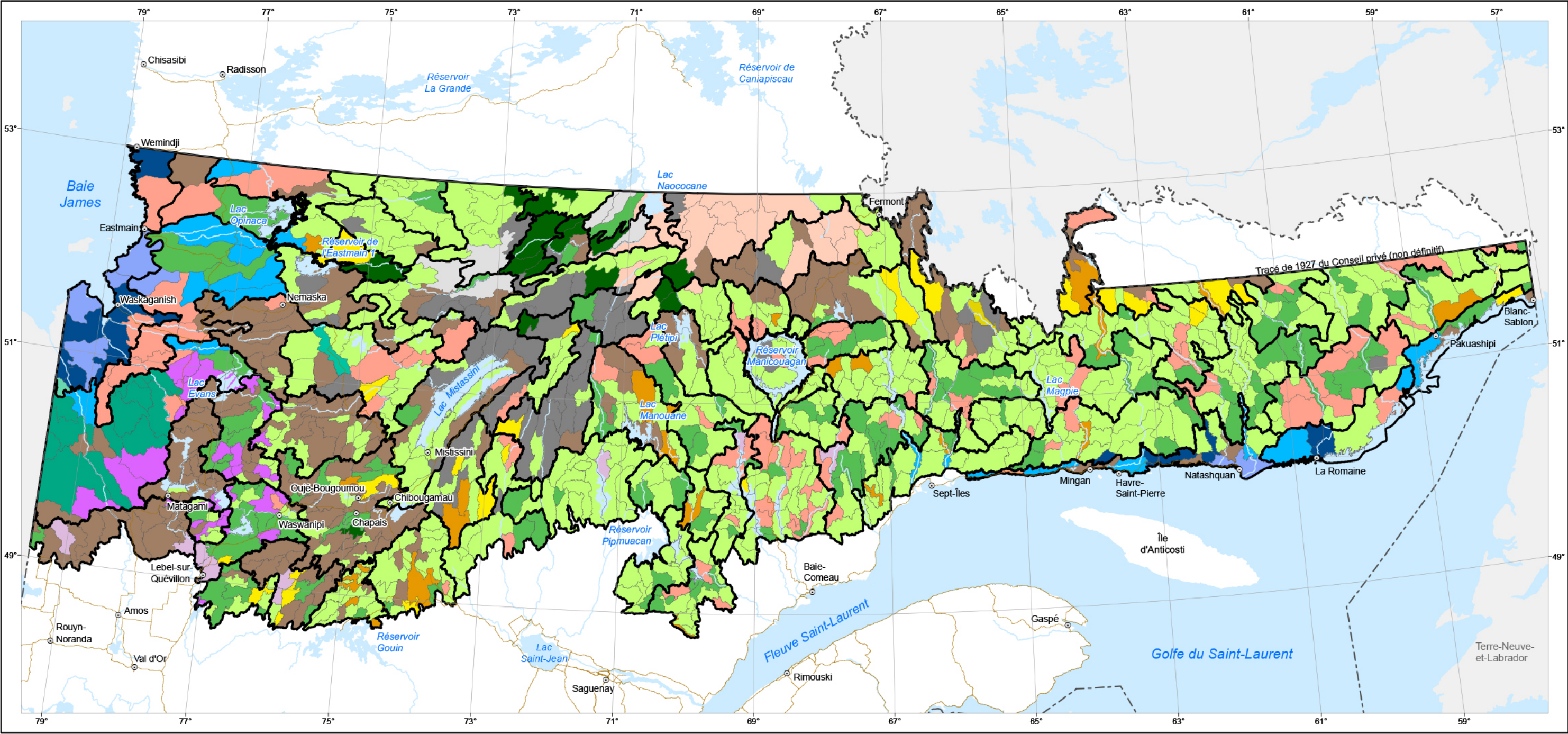
Référence

Rapport du comité scientifique chargé
d'examiner la limite nordique des forêts
attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune
portée légale.

© Gouvernement du Québec, 2013

Carte 14
Dépôts de surface codominants
par district écologique



Dépôts de surface codominants

- | | |
|---|--|
| Till indifférencié (épaisseur moyenne supérieure à 1 m) | Dépôts proglaciaires (épandage) |
| Till indifférencié mince (épaisseur moyenne de 25 cm à 1 m) | Dépôts glaciolacustres de faciès d'eau profonde (épaisseur supérieure à 1 m) |
| Till d'ablation | Dépôts glaciolacustres de faciès d'eau peu profonde |
| Drumlins et drumlinoïdes | Dépôts marins de faciès d'eau profonde |
| Moraine de Rogen | Dépôts marins de faciès d'eau peu profonde |
| Till argileux | Dépôts littoraux marins |
| Moraine interlobaire | Dépôts organiques |
| Moraine de décrépitude | Substrat rocheux (dépôts de moins de 25 cm d'épaisseur) |

Limites

- District écologique
- Unité de paysage régional

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec—Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

0 50 100 150 km

Sources

Assise cartographique	MRNF	2010
Dépôts de surface dominants	MRNF	2009

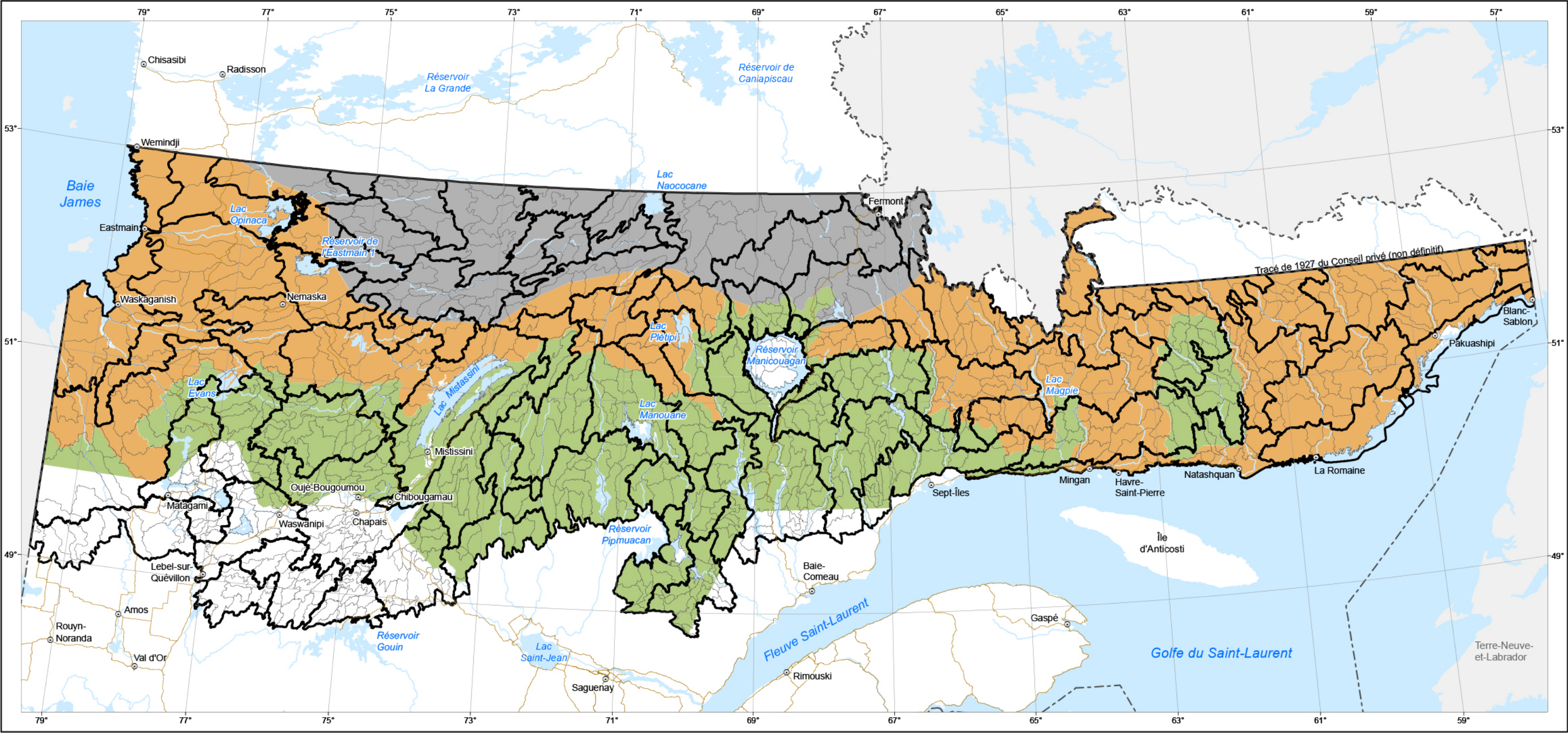
Référence

Rapport du comité scientifique chargé
d'examiner la limite nordique des forêts
attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune
portée légale.

© Gouvernement du Québec, 2013

Carte 15
Aire d'application du Plan de rétablissement
du caribou forestier



Zones du plan de rétablissement

- Nord
- Centre
- Sud

Limites

- District écologique
- Unité de paysage régional

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec – Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique	MRNF	2010
Zones	Équipe de rétablissement du caribou forestier du Québec	2008

Référence

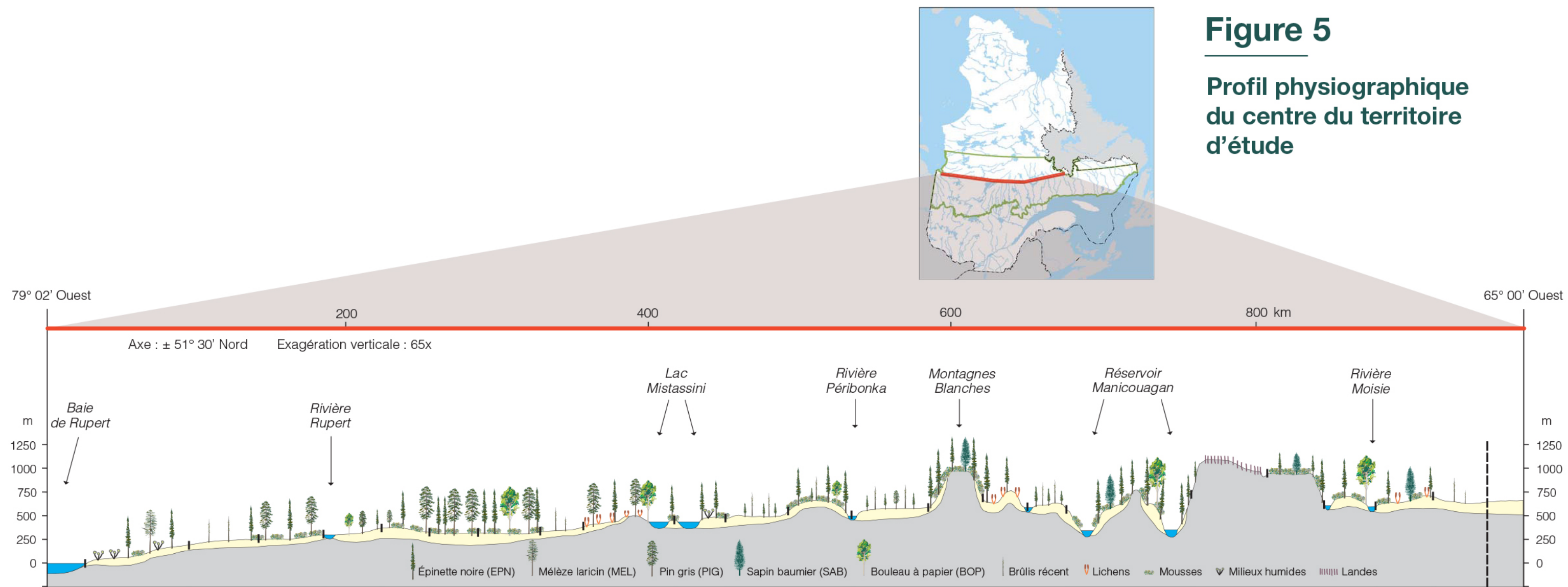
Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

© Gouvernement du Québec, 2013



Figure 5
Profil physiographique
du centre du territoire
d'étude



Section	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Arbres	EPN, MEL	-	EPN, PIG	EPN, PIG, BOP	PIG, EPN	EPN, PIG	EPN, PIG, BOP	-	PIG, EPN, BOP	EPN	EPN	EPN, BOP	EPN, PIG	EPN, SAB	EPN	EPN	EPN, SAB, BOP	-	EPN, SAB	EPN, BOP	EPN, SAB	-
Végétation	MH, RmD	BR	RmD, RmL	BR, M BR RE	R BR RE, RmD, RmL	RmB, RmC	RmC, RmD	BR	RcD, RcL M	RmL, RmD, MH	BR, R BR RE	M BR RE, RmC, RmD	BR, R BR RE	RmC	RcL	BR, R BR RE	RmB, RmC, M	LP	RmD, LP	RmC, RmD	RmD, RcD	BR
Dépôts de surface	7, R	7, 5, R	1AR, 5	1A, 1AR	1A, 1AR	1A, 1BF2A, 7	1A, 1BD, R	1A, R	R, 1A, 1BD	1A, 1BD, 7, 2	1AR, 1A, 1P	1AR, 1A, 1P	1A, 2, 1P	1AR, R	1A, 2	1A, 2	1A, 1P, R	R	R	1A, 1BD	1A, 1BD	1P, 1BD, 1A, 9, 2

BR : Brûlis récent
R BR RE : Brûlis récent avec régénération résineuse
M BR RE : Brûlis récent avec régénération mélangée
LP : Lande alpine
MH : Milieux humides
M : Forêt mélangée
RmB : Forêt résineuse à fond de mousses (densité 60 à 80 %)
RmC : Forêt résineuse à fond de mousses (densité 40 à 60 %)
RmD : Forêt résineuse à fond de mousses (densité 25 à 40 %)
RmL : Lande boisée résineuse à fond de mousses (densité 10 à 25 %)
RcD : Forêt résineuse à fond de lichens (densité 25 à 40 %)
RcL : Lande boisée résineuse à fond de lichens (densité 10 à 25 %)

1A : Till indifférencié (épaisseur > 1 m)
1AR : Till indifférencié mince (épaisseur de 25 cm à 1 m)
1BD : Drumlins et drumlinoïdes
1BF2A : Moraine frontale composée de dépôts juxtaglaciaires
1P : Moraine de décrépitude
2 : Dépôts fluvioglaciers
5 : Dépôts marins
7 : Dépôts organiques
9 : Dépôts éoliens
R : Substrat rocheux (épaisseur des dépôts < 25 cm)

4

Méthodologie

Ce chapitre vise principalement à présenter les critères, indicateurs et seuils retenus pour l'analyse et à exposer la méthodologie adoptée par le comité scientifique. Avant sa mise en application, cette dernière a fait l'objet d'une validation par des pairs qui a permis d'en bonifier certains aspects.

4.1 Validation par les pairs

Dans le but d'évaluer le processus d'analyse et d'intégration des critères qu'il a élaboré pour la réalisation de son mandat, le comité a sollicité l'avis de trois experts scientifiques neutres. Ces derniers ne sont liés d'aucune façon au comité.

L'un de ces experts était issu du milieu universitaire québécois, tandis que les deux autres œuvraient dans des milieux gouvernementaux hors Québec. Aucun évaluateur ne connaissait l'identité des autres pairs. Le comité leur a soumis des questions concernant son processus de travail, plus particulièrement la collecte d'informations, l'échelle d'analyse, les indicateurs d'aménagement durable des forêts retenus, les seuils définis pour chacun des indicateurs et, enfin, le processus d'identification des districts écologiques potentiellement aménageables. Pour faciliter le travail des évaluateurs, deux territoires témoins recoupant le territoire d'étude selon un axe nord-sud ont été analysés et les résultats leur ont été fournis. Toute information jugée nécessaire à l'analyse et à la révision a été rendue disponible.

L'annexe 6 présente la synthèse des avis et recommandations formulés par ces experts externes, ainsi que la façon dont ces commentaires ont été intégrés dans l'ensemble du processus d'analyse. En outre, les indicateurs et seuils spécifiques au critère de biodiversité ont fait l'objet d'une révision préliminaire par deux autres experts externes du milieu universitaire québécois.

4.2 Critères retenus

Critères, indicateurs et seuils

1. Les critères retenus visent à qualifier le potentiel et la sensibilité du territoire à l'aménagement durable des forêts. Les critères sont : les contraintes du milieu physique, la capacité de production forestière, la vulnérabilité des forêts face au risque de feu et le maintien de la biodiversité du milieu.
2. Les indicateurs sont spécifiques à chacun des critères et servent à les quantifier à l'échelle du district écologique. Ils correspondent à des proportions de superficie terrestre d'éléments non contraignants du milieu physique, à des superficies potentiellement productives (compte tenu ou non du risque de feu), à une proportion de forêts denses et hautes ou encore à des degrés de fragmentation des habitats fauniques.
3. Les niveaux et le nombre de seuils sont spécifiques à chaque indicateur. On distingue des seuils de passage pour chaque indicateur, qui marquent la limite entre le territoire de sensibilité très élevée et le territoire aménageable, et des seuils de sensibilité, qui marquent la limite entre le territoire aménageable de sensibilité moyenne à élevée et celui de sensibilité faible.

Le comité a décidé d'analyser le milieu forestier du territoire d'étude à l'aide de quatre critères biophysiques (milieu physique, productivité, risque de feu et biodiversité), le résultat visé permettant de répondre à la question générale suivante : est-ce qu'un district écologique donné (ou un ensemble de districts) peut être soumis à un aménagement

forestier qui soit durable, connaissant les conditions propres au milieu physique, à la productivité, au risque de feu et à la biodiversité?

L'analyse des districts écologiques

Afin de documenter la totalité des districts écologiques du territoire, ceux qui n'atteignent pas un des seuils de passage au cours du processus logique d'analyse et d'intégration sont tout de même soumis au filtre de tous les critères.

Pour chacun des quatre critères biophysiques de décision et leurs indicateurs respectifs, le comité a déterminé des seuils de passage et des seuils de sensibilité qui permettent de distinguer le territoire aménageable et d'attribuer à chaque district écologique un niveau de sensibilité à l'aménagement. Ces seuils ont été définis sur la base du meilleur état des connaissances scientifiques et aussi par le jugement d'experts. Les seuils des indicateurs relatifs au milieu physique et à la productivité forestière mettent en lumière, principalement, des niveaux de contraintes directes à l'aménagement ou à la croissance. Les seuils des indicateurs relatifs aux perturbations par le feu soulignent quant à eux des niveaux de contraintes indirectes liés à une probabilité de ne pas retrouver le volume sur pied au moment de la récolte, due au passage des feux. Quant aux seuils de biodiversité, ceux-ci visent à assurer la présence d'un minimum de massifs de forêts et d'habitats fauniques avant d'y planifier toute forme d'aménagement. De même, une approche par filtre fin a été utilisée pour estimer la vulnérabilité du caribou forestier à l'aménagement du territoire.

4.3 Indicateurs et seuils retenus

La méthodologie de détermination des indicateurs et des seuils est présentée succinctement ici et de façon détaillée à l'annexe 6.

4.3.1 Indicateur et seuils du milieu physique

Le relief et les dépôts de surface constituent l'assise sur laquelle sont établies les composantes

des écosystèmes. Ils conditionnent la répartition spatiale et la croissance de la végétation, de même que la nature de certaines activités humaines. Leur importance quant à l'aménagement forestier, et l'intérêt qu'ils présentent pour la construction d'infrastructures routières, sont bien connus. Certains types de dépôts de surface présentent des contraintes majeures à la croissance des forêts, notamment lorsqu'ils sont trop humides (comme les dépôts organiques) ou sans matrice (comme les dépôts très pierreux). Robitaille et Allard (2007) décrivent les potentiels et contraintes des dépôts de surface au Québec. Les cartes 6 et 7 (pages 37 et 39) montrent respectivement les régimes hydriques et les dépôts de surface du territoire d'étude.

Le relief du territoire d'étude est très variable (carte 12, page 59). Certains terrains plats, mal drainés, ont favorisé le développement de vastes tourbières, alors que d'autres secteurs, fortement accidentés, sont marqués d'une proportion considérable de pentes très fortes. De tels milieux comprennent aussi une grande proportion de sols très minces et du roc à nu.

L'indicateur du milieu physique correspond à la proportion d'un district écologique qui est occupée par des dépôts de surface très contraignants ou des pentes très fortes, ou encore dont le type de relief est très accidenté. Les dépôts retenus ne supportent généralement pas de végétation arborescente ou sont très mal drainés. Les dépôts de surface suivants, qui sont tirés de la cartographie écoforestière, sont considérés comme des éléments contraignants :

- les dépôts organiques hydromorphes sont mal drainés et fragiles;
- les moraines de décrépitude présentent une très forte pierrosité et une rugosité de surface très élevée;
- le till délavé, les champs de blocs glaciaires et les éboulis rocheux présentent une pierrosité excessive et ne supportent pas de sols forestiers;
- les dépôts éoliens actifs ne supportent pas de sols forestiers ou de végétation arborescente.

Les pentes fortes de plus de 40 % ont aussi été identifiées comme des éléments contraignants pour les analyses. Enfin, les reliefs de monts qui présentent, à l'échelle du district écologique, une pente moyenne supérieure à 30 % et une dénivellation moyenne de 120 m/km, ont également été identifiés lorsqu'ils sont associés à des dépôts de surface contraignants. Le détail de ces évaluations est présenté à l'annexe 6.

L'analyse consiste à identifier les districts dont la proportion d'éléments peu contraignants atteint un seuil de passage en deçà duquel il n'est pas réaliste d'y effectuer des aménagements forestiers. Les seuils de passage reposent sur l'expérience et le jugement d'experts. Ils tiennent compte du pourcentage de contraintes et du type de relief des districts. Ainsi, les districts dont plus de 20 % de la superficie terrestre est constituée d'éléments peu contraignants, ou plus de 40 % de la superficie terrestre est constituée d'éléments peu contraignants pour les types de relief de monts, sont inclus dans le territoire où l'on peut réaliser un aménagement durable des forêts. De plus, pour le territoire jugé aménageable en fonction de ces seuils de passage, un seuil de sensibilité a été déterminé pour tenir compte d'un gradient de contraintes : les districts, quel que soit leur type de relief, qui présentent moins de 40 % de la superficie terrestre constituée d'éléments peu contraignants, sont considérés de sensibilité moyenne à élevée.

4.3.2 Indicateur et seuils de productivité

Le territoire nordique est constitué d'une mosaïque de peuplements forestiers de densité très variable (forêts denses, forêts ouvertes et landes), mais aussi de milieux dépourvus d'arbres, soit en raison de perturbations les ayant fait disparaître pour un certain temps (succession secondaire), soit en raison d'accidents de régénération menant à des conditions de forêts ouvertes, soit en raison de conditions édaphiques ou climatiques qui limitent leur établissement ou leur croissance.

Distinction entre la productivité actuelle et la productivité potentielle

La productivité actuelle témoigne de l'histoire du peuplement sur pied. Elle est déterminée par la végétation actuellement en place et varie selon la densité du couvert forestier, et ce, même pour des sites aux caractéristiques biophysiques semblables (climat, dépôt, drainage). De ce fait, la productivité actuelle ne reflète pas nécessairement le potentiel du site lorsqu'on y trouve une faible densité de tiges (accident de régénération, succession secondaire appauvrie par les perturbations) ou une absence de végétation arborée.

La productivité potentielle représente, elle, la capacité de production du site, qu'il s'y trouve ou non des arbres présentement. La productivité potentielle est déterminée à l'aide des caractéristiques biophysiques du site (climat, dépôt, drainage), et s'appuie sur la prémisse qu'un peuplement forestier normalement dense s'y développera sans entrave.

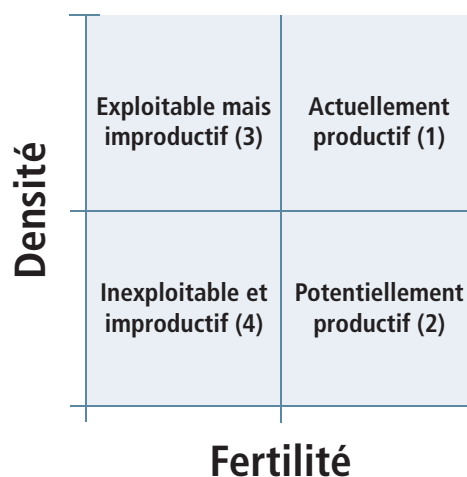
Le potentiel de production des peuplements, qui dépend également des conditions édaphiques et climatiques, peut se définir sur la base de la productivité aux échelles de la tige (mesurée par son volume marchand) et du peuplement (mesurée par son volume marchand à l'hectare). Afin de pouvoir distinguer la productivité des tiges individuelles de celle liée à la densité de tiges dans le peuplement, un double seuil est utilisé pour distinguer les peuplements quant à leur production de matière ligneuse. Il s'agit d'un seuil d'exploitabilité défini à l'échelle du peuplement (un volume marchand composé de tiges de 9 cm et plus de DHP⁶ et supérieur à 50 m³/ha) et d'un autre, défini cette fois à l'échelle de la tige (des tiges marchandes de plus de 70 dm³)⁷.

⁶ DHP : diamètre d'un arbre mesuré à la hauteur de poitrine (1,3 m au-dessus du sol).

⁷ Ces seuils de volume de tiges et à l'hectare sont basés sur le premier décile de la distribution de fréquence des volumes de tiges et à l'hectare récoltées par polygone forestier depuis 1990 et pour lesquelles l'âge avant coupe était déterminable à l'aide de la base de données SIFORT (Système d'information forestière par tesselle). Il s'agit donc d'une limite inférieure d'exploitabilité. Les valeurs médianes se retrouvent plutôt dans les classes de 90 m³/ha et 90 dm³/tige (classes d'amplitude de 20 m³/ha et 20 dm³/tige).

FIGURE 6

Cadre conceptuel d'identification des peuplements productifs selon deux axes distinguant la densité et la fertilité stationnelle. La forme linéaire des seuils est arbitraire.



L'utilisation de ces deux seuils de productivité permet de distinguer quatre types de peuplements en fonction de leur densité et de leur fertilité (figure 6) : 1) des peuplements actuellement productifs puisqu'ils peuvent dépasser le double seuil de productivité en moins d'une révolution avec la végétation actuellement en place; 2) des peuplements composés de tiges productives, mais dont le nombre est insuffisant pour que le seuil de production du peuplement soit atteint en une révolution (s'il bénéficiait d'actions correctives permettant d'en augmenter le nombre de tiges, ce type de peuplement pourrait s'avérer potentiellement productif du fait de ses caractéristiques biophysiques); 3) des peuplements qui ont actuellement dépassé le double seuil de productivité mais dont les caractéristiques biophysiques (climat, milieu physique) ne permettront pas d'y observer des peuplements productifs en moins d'une révolution (ils sont considérés actuellement exploitables mais improductifs); 4) des peuplements actuellement inexploitable et improductifs, car ils sont en deçà des deux seuils. Les tables de rendement de Pothier et Savard (1998) ont été utilisées pour identifier ces quatre types de peuplements. Elles ont été recalibrées pour le présent exercice pour la plupart des essences commerciales afin de tenir compte des nouvelles données dendrométriques

obtenues par l'établissement des placettes (voir l'annexe 6 pour plus de détails).

De façon à estimer le pourcentage de peuplements productifs par district écologique, une méthode non paramétrique (des plus proches voisins) a été utilisée pour spatialiser les résultats de productivité obtenus à partir des polygones écoforestiers disposant d'une placette-échantillon à tous les autres polygones de l'ensemble du territoire d'étude.

Pour distinguer les districts productifs de ceux qui ne le sont pas, il faut définir un seuil – sous la forme d'une proportion minimale de territoire qui soit productive – au-delà duquel un district est jugé productif. Lorsque les peuplements productifs deviennent occasionnels ou rares sur le territoire, le fait de les récolter rend difficile le maintien d'une forêt résiduelle qui permette d'assurer une représentativité et une répartition spatiale suffisantes des écosystèmes normalement présents et le maintien des fonctions hydrologiques de la forêt (débit, qualité de l'eau) (Pouliot *et al.*, 2010). Un seuil de passage a donc été retenu et fixé à 20 % de la superficie terrestre en peuplements productifs. Une analyse de sensibilité de la valeur de ce seuil a été réalisée. Trois types de districts peuvent alors être identifiés, soit les districts pour lesquels :

1. plus de 20 % de la superficie terrestre dépasse le double seuil de productivité, sur la base de la productivité actuelle, tout en étant libre des contraintes majeures identifiées par le filtre du milieu physique (district actuellement productif);
2. plus de 20 % de la superficie terrestre dépasse le double seuil de productivité, sur la base de la productivité potentielle, et est libre de contraintes physiques majeures (district potentiellement productif);
3. la superficie potentiellement productive et libre de contraintes physiques ne peut dépasser 20 % (district improductif).

Les districts pour lesquels le double seuil de productivité, soit la possibilité que les arbres atteignent en moyenne 70 dm³ et qu'un peuplement atteigne 50 m³/ha, est dépassé en une révolution (temps nécessaire pour qu'une cohorte d'arbres atteigne la maturité marchande avant d'atteindre la sénescence) sur plus de 20 % de la superficie terrestre sont jugés suffisamment productifs pour être aménagés⁸. Pour ceux qui n'atteignent pas ce double seuil de productivité sur au moins 20 % de leur superficie, on évalue alors la possibilité que cela résulte d'accidents de régénération. Ainsi, le potentiel de productivité est estimé sans tenir compte de la végétation existante pour calculer le pourcentage de superficie terrestre dépassant ce double seuil en raison de variables climatiques et des dépôts surface. Cela permet d'identifier les districts qui ne sont pas suffisamment productifs actuellement, mais où la situation pourrait être corrigée par un aménagement adéquat. Il faut également que les 20 % de superficie terrestre dépassant actuellement ou potentiellement le double seuil de productivité soient libres des contraintes majeures identifiées par le filtre du milieu physique. Les districts jugés suffisamment productifs, et ceux qui sont potentiellement productifs, sont alors soumis à l'étape suivante d'analyse. Les autres districts sont jugés comme n'ayant pas atteint les seuils de passage du critère de productivité et sont écartés en tant que districts

improductifs. Une analyse de sensibilité du seuil de 20 % a été effectuée afin d'estimer la sensibilité de la catégorisation des districts. Plus de détails sont fournis à l'annexe 6.

4.3.3 Indicateur et seuils de vulnérabilité face au risque de feu

Dans la forêt boréale résineuse, les feux ont une empreinte très forte sur le paysage forestier, en créant de grandes zones perturbées à diverses périodes. Sur le territoire d'étude, on constate d'ailleurs l'importante empreinte laissée par les feux depuis les années 1940 (annexe 6, carte 9). De plus, à l'examen de l'empreinte des perturbations extraites des inventaires forestiers réalisés depuis les années 1970, il est apparu évident que les feux dominaient largement parmi les perturbations affectant les paysages au nord de la latitude 49° Nord. Le risque de feu affecte à long terme la probabilité des peuplements forestiers d'atteindre un volume suffisant pour être récoltés, et ce, tant pour le volume à l'hectare que pour le volume par tige.

Pour parvenir à un aménagement durable des forêts, il importe de tenir compte du risque de feu afin d'éviter de pratiquer une récolte qui, combinée aux pertes de forêts causées par les feux, ne soit pas soutenable à long terme. Avec ces considérations à l'esprit, le comité en est venu à suggérer un indicateur qui lie la productivité forestière au risque de feu. L'indicateur de vulnérabilité face au risque de feu permet d'évaluer la quantité de peuplements qui peuvent parvenir à maturité dans un district donné, compte tenu du risque de feu auquel ils sont exposés et de leur productivité. Par ailleurs, le comité n'a pas retenu d'indicateur propre aux effets de la défoliation et à ceux de la mortalité liés aux insectes, soit la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana*) ou l'arpenteuse de la pruche (*Lambdina fuscellaria*). D'abord en raison de l'importance relative des feux par rapport aux épidémies; l'intervalle moyen de retour des épidémies sévères est au moins dix fois plus

⁸ De façon plus précise et pour tenir compte de l'erreur d'estimation de la productivité sur le territoire, il faut que l'estimation de la superficie productive d'un district dépasse le seuil de 20 % de la superficie terrestre d'un district plus de neuf fois sur dix. Cela s'applique à la fois pour la superficie des peuplements productifs et potentiellement productifs.

long que celui des feux dans le territoire d'étude (Boucher *et al.*, 2011). Ensuite, du fait que les pertes de croissance, associées à des événements passés de défoliation dus aux insectes, sont incluses de façon implicite dans l'analyse (les tables de rendement utilisées ayant été calibrées à partir des placettes-échantillons temporaires, lesquelles comportent des effets résultant de la défoliation passée). Ceci dit, il demeure important de suivre l'évolution des épidémies d'insectes, en lien avec les changements climatiques (Régnière *et al.*, 2012).

Pour calculer la probabilité de survie d'un peuplement face au feu, il faut d'abord calculer le risque et la période de temps pendant laquelle le peuplement est exposé à ce risque, puis reporter le résultat à l'échelle du district écologique. Les détails de ces calculs et leurs résultats, résumés succinctement dans les quelques paragraphes qui suivent, sont présentés à l'annexe 6.

Pour le risque de feu, le taux de brûlage annuel moyen et sa variabilité ont été utilisés. Ce taux, qui correspond à la proportion de territoire annuel moyen incendié, est calculé à partir des données sur les feux recueillies et archivées par le MRN depuis 1972⁹. Cette mesure, basée sur des données observées, a l'avantage d'être facile à calculer. En outre, elle ne requiert pas que les données suivent une distribution particulière. Les informations disponibles permettaient de localiser les portions du territoire d'étude ayant brûlé entre 1972 et 2009. Ainsi, pour ces portions de territoire, la date des feux est précise à l'année près. De plus, avec les techniques de télédétection, il a été possible d'améliorer considérablement les données concernant les feux pour la portion nord du territoire. Pour une faible portion du territoire, l'année exacte du feu ne pouvait être déterminée, tandis qu'une période de cinq ou dix années pouvait être attribuée. Dans ce cas particulier, l'année centrale de la classe a été utilisée dans les présentes analyses.

L'unité de paysage régional a été choisie comme base de calcul pour estimer le taux de brûlage annuel moyen, car la superficie des districts, comparable à celle de grands feux, était insuffisante pour faire des calculs robustes¹⁰. Les unités de paysage, qui sont suffisamment étendues pour calculer la fraction brûlée en moyenne annuellement, permettent donc de tenir compte des feux de grandes superficies qui caractérisent le territoire (lesquels peuvent notamment brûler un district écologique en entier). Ces unités permettent aussi de tenir compte du fait que la période couverte est relativement courte (38 ans) par rapport aux cycles qui caractérisent le territoire.

Le taux de brûlage annuel moyen a d'abord été calculé à partir d'un échantillon aléatoire de points (1 point par 6 km²). Le comité scientifique a confié à un étudiant gradué, dans le cadre de ses travaux de doctorat, le soin de réaliser une étude sur la spatialisation des cycles de feu (inverse du taux de brûlage) d'une portion du territoire d'étude. Ses travaux sont fondés sur des caractéristiques de dépôts de surface et de drainage, et ce, à une échelle régionale. La méthode décrite dans le travail de cet étudiant (Mansuy *et al.*, 2010) a été mise à profit afin de regrouper des unités de paysage qui présentent des taux de brûlage similaires, rendant l'analyse plus robuste.

Cette étape a permis de caractériser dix grandes zones homogènes en fonction de leurs taux de brûlage (voir la carte 16, page 85, illustrant les cycles de feu, et le tableau 34 de l'annexe 6 qui montre la distribution de fréquence d'application des taux de brûlage et les moyennes pour chacun des territoires). De plus, en utilisant des techniques de rééchantillonnage (*bootstrapping*), il a été possible de calculer le taux de brûlage moyen et sa distribution de probabilité (caractérisant sa variabilité), de manière à prendre en considération la variabilité des taux de brûlage annuels dans

⁹ Bien que des données plus anciennes soient disponibles, il fut noté, lors de la révision par les pairs, qu'il est vraisemblable que des feux n'aient pas été répertoriés au nord de la limite nordique adoptée en 2002. Par ailleurs, les données compilées de 1972 à nos jours sont plus fiables et plus susceptibles de refléter les risques de feux futurs, compte tenu à la fois des moyens et techniques de protection des forêts contre le feu et des tendances climatiques. Les présents calculs sont donc basés sur cette période.

¹⁰ Dans le territoire d'étude, la taille moyenne des 1114 districts est de 433 km² avec un écart type de 342 km², alors que la taille moyenne des 76 unités de paysage est de 6341 km² avec un écart type de 3560 km². Par exemple, entre 1972 et 2009, 35 districts ont été incendiés sur plus de la moitié de leur superficie en une seule année.

l'estimation des chances de survie des peuplements selon leur productivité, et ce, compte tenu du risque de feu. L'annexe 6 donne plus de détails sur cette méthode.

Les zones sont décrites succinctement ici, en utilisant les cycles de feu (inverse du taux de brûlage) pour illustrer les différences entre elles¹¹. Il importe toutefois de se rappeler que ce sont les taux de brûlage et leurs distributions qui sont utilisés dans les calculs. La partie nord-ouest du territoire d'étude se caractérise par trois zones ayant des cycles de feu très courts (G1 à G3). La zone G4 possède, quant à elle, un cycle court et est représentée par plusieurs portions discontinues dispersées au centre et à l'ouest. Une grande zone, la G5, qui couvre le nord du lac Saint-Jean jusqu'au sud de Fermont et qui englobe le lac Mistassini, se caractérise aussi par un cycle court. Ces dernières zones se trouvent essentiellement dans les régions les plus septentrionales du territoire d'étude. La zone G6, subdivisée en trois sections (sud-est du lac Mistassini, portion sud du nord du lac Saint-Jean et centre de la Moyenne et Basse-Côte-Nord) et la zone G7, constituée de quelques unités de paysage isolées, se caractérisent par des cycles intermédiaires. Il en est de même pour la zone G8, subdivisée en trois sous-sections (sud-ouest du lac Mistassini, nord du lac Saint-Jean et nord de la Haute et de la Moyenne-Côte-Nord). Les deux dernières zones (G9 et G10), généralement situées plus au sud et n'ayant subi que peu de feux entre 1972 et 2009, présentent des cycles longs. Dans la mesure où, pour quelques unités de paysage, la base de données ne contient aucun feu pour la période 1972-2009, il a été impossible d'en estimer les cycles de feu (en gris sur la carte 16, page 85). Leurs cycles sont ainsi qualifiés de très longs.

Le temps requis pour franchir le double seuil de productivité défini précédemment à l'indicateur de productivité (50 m³/ha et 70 dm³/tige) correspond, en fait, au temps minimal d'exposition face

au risque de feu. Pour un risque de feu donné, plus ce temps est long, plus le risque de ne pas retrouver le peuplement sur pied, au moment où il pourrait atteindre le seuil de productivité, est élevé. Pour chacun des peuplements, ce temps (par classes de dix ans) a été estimé et ces données ont ensuite été compilées à l'échelle du district, en tenant compte de la variabilité du risque et de celle sur l'estimation de la productivité. L'annexe 6 donne plus de détails sur la façon dont les calculs de cet indicateur ont été réalisés afin d'obtenir des résultats à l'échelle du district écologique. La carte 17 (page 87) montre un allongement de ce temps du sud vers le nord. Dans les secteurs méridionaux du territoire d'étude, les forêts mettent en moyenne de 50 à 80 ans pour franchir le double seuil de productivité. En progressant vers le nord, un changement abrupt survient avec une bande discontinue de forêts où les valeurs oscillent entre 80 et 90 ans, suivie d'une grande partie du territoire où le temps moyen est de 90 à 100 ans. Enfin, dans le secteur centre-nord, les valeurs excèdent en moyenne 100 ans. On notera finalement que les temps requis pour franchir le double seuil par district sont généralement inférieurs de 15 à 20 ans à l'âge d'exploitabilité absolu moyen des peuplements actuellement productifs (annexe 6, tableaux 22 et 23). En d'autres termes, en situation d'aménagement et en visant la récolte à l'âge d'exploitabilité absolu, la vulnérabilité serait encore plus grande, car le temps d'exposition face au risque de feu serait allongé d'autant.

En combinant ces deux éléments (risque de feu et temps d'exposition), on peut estimer la probabilité qu'un peuplement franchisse le double seuil de productivité. Cette probabilité peut s'interpréter à l'aide d'une échelle de probabilité d'occurrence similaire à celle utilisée par le Groupe intergouvernemental d'experts sur le climat (GIEC, 2005; voir le tableau 33 à l'annexe 6). En utilisant ce type d'échelle, le comité a choisi les seuils de 33 %

¹¹ Le cycle de feu est présenté pour les fins d'illustration car cette terminologie est souvent utilisée dans la littérature. Plus le cycle de feu est court, plus le taux de brûlage est élevé. En outre, les valeurs de cycle présentées ne le sont qu'à titre indicatif pour faciliter la comparaison entre les différentes zones trouvées. Ainsi, les valeurs de cycle très long présentées pour quelques zones témoignent de faibles taux de brûlage observés dans ces territoires au cours des 38 années d'observation. Ces cycles sont accompagnés d'un intervalle de confiance très grand indiquant le degré d'incertitude sur cette estimation. La méthode utilisée pour les calculs, avec les taux de brûlage et leur distribution, tient compte de ces incertitudes.

et de 66 %. Ainsi, on peut admettre que lorsque la probabilité est supérieure à 66 %, il est vraisemblable (*likely*) qu'un peuplement atteigne le double seuil de productivité face au risque de feu actuel (vulnérabilité faible). En d'autres termes, dans ce cas, on a de bonnes chances de trouver le peuplement sur pied lorsqu'il aura franchi le double seuil, malgré le risque de feu. Lorsque la probabilité est inférieure à 33 %, il est improbable (*unlikely*) qu'un peuplement atteigne le double seuil (vulnérabilité élevée). Lorsque la probabilité se situe entre les deux, il y a autant de chances d'y parvenir que de ne pas y parvenir (vulnérabilité moyenne), rendant le résultat (*outcome*) incertain (*about as likely as not*).

Pour obtenir les résultats à l'échelle du district, la probabilité de franchir le double seuil de productivité a été estimée pour chacun des peuplements productifs en fonction de l'âge auquel il franchit le double seuil (par classes d'âge de dix ans)¹² et la distribution de fréquence des taux de brûlage annuels moyens correspondant à la zone des unités de paysage regroupées. Cette étape a permis de produire une distribution de fréquence de probabilité d'atteinte du double seuil face au risque de feu, et ce, pour chaque peuplement. Ces distributions ont ensuite été cumulées à l'échelle du district, proportionnellement à la superficie des peuplements¹³.

Les districts où plus de 20 % de la superficie terrestre est peu ou moyennement affectée de contraintes physiques et dont les peuplements ont plus de 66 % de probabilités de parvenir au double seuil de productivité (productivité potentielle), compte tenu du risque de feu, sont jugés peu vulnérables au feu. Ceux pour lesquels plus de 20 % de la superficie terrestre est peu ou moyennement contraignante et dont les peuplements ont plus de 33 % de probabilités (mais moins de 66 %) d'atteindre le double seuil de productivité potentielle, compte tenu du risque de feu, sont considérés vulnérables à ces perturbations, mais ne sont pas écartés des étapes subséquentes.

Cependant, lorsque le district ne compte pas 20 % de la superficie terrestre ayant au moins 33 % de probabilité d'atteindre les deux seuils de productivité, le risque est jugé très élevé et le district est alors considéré trop vulnérable pour être soumis à un aménagement durable des forêts. L'annexe 6 présente des analyses de sensibilité qui montrent que la modification de ces seuils aurait peu d'impact sur la répartition de ces différents types de vulnérabilités.

4.3.4 Indicateurs et seuils de biodiversité

Dans un contexte d'aménagement durable des forêts, rappelons que le maintien de la biodiversité vise essentiellement à éviter toute forme d'appauvrissement biologique à la suite des activités humaines (MRN, 1996). La stratégie retenue par le MRN pour respecter ce critère consiste à maintenir, dans le temps et l'espace, une variété d'écosystèmes couvrant toute la gamme d'habitats disponibles, de façon à constituer un filtre brut permettant de « retenir » la majorité des espèces présentes sur un territoire donné. Dans le contexte spécifique au mandat de révision de la limite nordique des forêts attribuables, l'approche du filtre fin est utilisée pour compléter celle du filtre brut, et ce, uniquement pour des cas spécifiques où les activités associées à l'aménagement forestier sont clairement identifiées comme l'une des causes principales responsables du déclin d'une espèce légalement désignée menacée ou vulnérable. En forêt boréale, particulièrement dans le territoire d'étude, de telles actions sont actuellement déjà nécessaires pour assurer le maintien du caribou forestier, en raison de la faible tolérance de cette espèce aux effets cumulatifs des perturbations naturelles et anthropiques à l'échelle de son domaine vital (Environnement Canada, 2011; Festa-Bianchet *et al.*, 2011). L'approche d'analyse retenue se déroule donc en trois phases, chacune correspondant à un indicateur pour lequel un seuil a été établi. Les deux premiers indicateurs sont liés à des filtres bruts sur la quantité et la fragmentation des habitats;

¹² Il est à noter qu'à la suite de la révision par les pairs, deux approches pour estimer cette probabilité ont été utilisées : une avec une probabilité constante de brûler selon l'âge des peuplements et l'autre avec une probabilité qui s'accroît de 0 à 50 ans (voir l'annexe 6 pour les détails méthodologiques et les résultats).

¹³ Cette procédure a été répétée 100 fois pour tenir compte de l'incertitude sur le calcul de la productivité.

le troisième utilise un filtre fin relatif à la quantité minimale d'habitats non perturbés devant être maintenus afin de répondre aux besoins spécifiques du caribou forestier.

Tout comme dans le précédent rapport sur la limite nordique des forêts attribuables (MRN, 2000), le comité recommande tout d'abord le maintien, en tout temps, sur l'ensemble d'une unité d'aménagement forestier (UAF), d'une proportion minimale de superficie terrestre en peuplements suffisamment denses et hauts (plus de 40 % de densité du couvert et plus de sept mètres de hauteur). En effet, l'écosystème arborescent présente des caractéristiques de structure et de composition radicalement différentes des écosystèmes environnants, et leur rareté relative peut représenter un facteur limitant important pour le développement de plusieurs espèces. C'est notamment le cas de certaines espèces d'oiseaux et de mammifères (voir l'annexe 6), tandis que la densité et la hauteur des peuplements ont également une forte influence sur l'abondance de certaines espèces de lichens (voir l'annexe 5). De ce fait, cet écosystème joue un rôle clé pour le maintien de la biodiversité dans le territoire d'étude. La quantité de forêts denses et hautes constitue donc un premier indicateur pour le critère de maintien de la biodiversité.

En tenant compte de la littérature scientifique, dont une revue détaillée sur les oiseaux et les mammifères est présentée à l'annexe 6, il apparaît prudent de considérer, au minimum, un premier seuil se situant entre 10 et 30 % d'habitats denses et hauts à l'échelle du paysage pour limiter les effets négatifs liés à la fragmentation des habitats forestiers résiduels (soit un filtre brut permettant le maintien de la majorité des espèces associées aux habitats denses et hauts). Dans la littérature scientifique, de tels seuils s'appliquent généralement à l'échelle du paysage et non sur une superficie qualifiée de productive. En conséquence, le seuil retenu pour fixer la limite nordique sur la base du critère de biodiversité a été fixé à 20 % de la superficie terrestre en habitats denses et hauts, de façon à pouvoir maintenir en tout temps, même après intervention, un véritable seuil mini-

mal de 15 % en habitats denses et hauts. Ce seuil de passage retenu pour des fins de maintien de la biodiversité (20 %) se trouve toutefois au centre d'une étendue de valeurs (10 à 30 %) où certaines espèces pourraient réagir non seulement à la perte des habitats denses et hauts, mais aussi au degré de fragmentation de ceux-ci (Andrén, 1994; Fahrig, 1997 et 1998). Ce seuil apparaît toutefois justifiable, car les effets de fragmentation des habitats sont généralement moins prononcés dans un contexte où le paysage demeure forestier (Mönkkönen et Reunanen, 1999).

Dans des districts écologiques situés au sud de la limite nordique adoptée en 2002, le territoire d'étude à l'état actuel est parfois composé de jeunes peuplements de moins de sept mètres issus d'activités de récolte. Puisque ce portrait à l'état actuel du territoire d'étude ne correspond pas à son portrait avant perturbations anthropiques, il a été assumé que les peuplements de moins de sept mètres issus d'activités de récolte étaient à l'origine des peuplements denses et hauts. Cette procédure a été rendue nécessaire pour pouvoir comparer sur de mêmes bases les districts actuellement situés de part et d'autre de la limite nordique adoptée en 2002. Les districts qui comptent moins de 20 % de la superficie terrestre occupée par des habitats denses et hauts, et ce, même en tenant compte des superficies récoltées récemment et considérées comme pouvant supporter des peuplements denses et hauts, n'ont pas suffisamment d'habitats de ce type et sont classés comme tel. Ces districts ne franchissent donc pas le seuil de passage du critère de biodiversité et ne font donc pas partie du territoire pouvant être aménagé. Soustraire davantage de superficies de forêts denses et hautes dans ces districts les ferait en effet franchir la limite inférieure d'un seuil où la diversité biologique associée à ce type de couvert forestier est en danger (par manque d'habitats de qualité). Toutefois, les districts atteignant le seuil de quantité d'habitats uniquement grâce à l'inclusion de ces jeunes peuplements issus de perturbations anthropiques récentes sont déjà fortement affectés par la récolte forestière. Ainsi, les résultats des indicateurs de biodiversité seront

tous représentés sur le territoire d'étude, à la fois selon un portrait avant perturbations anthropiques, mais aussi selon un portrait à l'état actuel. Cette comparaison permettra d'identifier les secteurs du territoire d'étude où il serait avantageux de retarder la récolte des derniers peuplements denses et hauts existants, notamment ceux retrouvés dans les séparateurs de coupe (Drapeau et Imbeau, 2006). La comparaison des portraits à l'état actuel et avant perturbations anthropiques sera également prise en compte pour bonifier certaines recommandations du comité spécifiques au critère de maintien de la biodiversité.

En plus d'un indicateur portant sur la quantité minimale d'habitats, à l'échelle des districts écologiques, le comité a eu recours à un second indicateur de risque se rapportant spécifiquement au niveau de fragmentation des habitats denses et hauts à l'intérieur de ceux-ci. En effet, le prélèvement d'arbres dans un milieu où l'écosystème arborescent dense et haut se fait rare pose aussi le problème de la fragmentation des forêts résiduelles. Dans un contexte où les peuplements forestiers denses et hauts deviennent progressivement des îlots dans une matrice de forêts plus ouvertes, l'objectif de ce second indicateur de biodiversité est, en fait, de déterminer géographiquement à quels endroits les habitats denses et hauts deviennent trop isolés les uns des autres pour soutenir un aménagement forestier sans accroître le niveau de fragmentation au point où il est intolérable pour la biodiversité.

L'atteinte du seuil de fragmentation doit être déterminée en se basant principalement sur les superficies minimales d'habitats denses et hauts nécessaires pour le maintien des espèces les plus strictement associées à ces habitats. Il a été établi que cette superficie minimale, nommée sous-unité, était de 15 km² (la méthodologie détaillée est présentée à l'annexe 6). Dans le territoire d'étude, les districts écologiques ont une superficie variant approximativement de 350 à 900 km² (433 km² en moyenne); ceux-ci contiennent ainsi environ 24 à 60 sous-unités de 15 km². Pour qu'un district soit reconnu comme ayant atteint le seuil de passage de la fragmentation, le comité consi-

dère qu'au moins 80 % des sous-unités de 15 km² devraient atteindre le seuil retenu de 20 % (ce qui assure d'éviter une trop grande fragmentation des habitats au sein d'un district). Pour cet indicateur, l'utilisation d'une échelle de calcul plus fine que celle du district assure notamment qu'une certaine proximité entre les massifs ou îlots forestiers sera assurée (ce qui ne serait pas nécessairement le cas si l'on utilisait uniquement une grande superficie de calcul, par exemple le district dans son ensemble). Pour un même seuil de forêts denses et hautes, en effet, une unité de grande superficie permettrait l'inclusion de distances plus grandes entre les îlots et les massifs forestiers. Si ce seuil n'est pas atteint, le district est classé comme comportant des habitats denses et hauts fragmentés. Tout comme pour l'indicateur de quantité d'habitat, les districts atteignant le seuil de fragmentation d'habitats uniquement grâce à l'inclusion des jeunes peuplements issus de perturbations anthropiques récentes, sont déjà fortement affectés par la récolte forestière. La comparaison entre le portrait à l'état actuel et celui avant perturbations anthropiques permettra d'identifier les secteurs du territoire d'étude où il serait avantageux de retarder la récolte des derniers peuplements denses et hauts existants.

En raison de sa vulnérabilité face aux perturbations naturelles et anthropiques (Festa-Bianchet *et al.*, 2011), le caribou forestier est une espèce menacée inscrite officiellement depuis 2002 en vertu de la Loi sur les espèces en péril du gouvernement fédéral. En 2005, le caribou forestier a aussi été reconnu au Québec comme étant vulnérable. De ce fait, l'application d'un indicateur de filtre fin – relatif à la quantité maximale d'habitats perturbés pouvant être tolérée par l'espèce – fait également partie intégrante du critère de biodiversité. Comme il s'agit d'une espèce à grand domaine vital, l'analyse de cet indicateur s'effectue sur la base des unités de paysage. Celles-ci regroupent des districts écologiques apparentés et ont une superficie moyenne de 6341 km², une valeur qui s'apparente à la superficie généralement utilisée par les individus des hardes québécoises (variant de 300 à un peu plus de 4000 km²;

Faille et al., 2010) et à la superficie estimée comme taille de l'aire de répartition d'une population locale (environ 5000 km²; Équipe de rétablissement du caribou forestier du Québec, 2008). En deçà d'un seuil de 65 % de territoire exempt de perturbations naturelles ou anthropiques, les hardes de caribous forestiers ont des taux de recrutement trop faibles pour permettre leur persistance (Environnement Canada, 2011). Les territoires exempts de perturbations sont définis comme ceux n'étant pas affectés par des feux récents (moins de 40 ans), des coupes de moins de 50 ans ainsi que l'ensemble des habitats situés à moins de 500 m de celles-ci, de même que des zones urbanisées, routes, voies ferrées et lignes de transport d'énergie (Environnement Canada, 2011).

Les districts situés dans des unités de paysage régional qui échouent au seuil défini dans le paragraphe précédent, en utilisant le portrait du territoire d'étude avant perturbations anthropiques, comportent une trop grande proportion d'habitats perturbés naturellement et sont classés comme tel. Les districts qui se trouvent sous ce seuil en utilisant le portrait à l'état actuel du territoire d'étude permettent de préciser les secteurs où il serait nécessaire de limiter l'ajout de nouvelles perturbations anthropiques, voire même d'œuvrer à y restaurer l'habitat pour permettre le rétablissement du caribou forestier. Cette identification des districts sensibles permet également de cibler les secteurs du territoire d'étude où les populations locales ont les meilleures probabilités d'éviter un déclin, et donc de mettre en lumière les zones où les efforts de conservation (plutôt que de restauration) seraient les plus appropriés pour assurer le maintien ou le rétablissement de l'espèce.

Enfin, d'autres districts ont aussi été pris en considération, cette fois en raison des superficies incendiées récemment. En forêt boréale, l'étendue de certains feux est relativement grande par rapport à la superficie minimale des districts qui ont récemment brûlé. C'est pourquoi les districts ayant une insuffisance d'habitats denses et hauts en raison d'une année de feu qui a brûlé plus de 40 % du district au cours des 40 dernières années

ont été identifiés. Le comité considère que cette situation est due à des événements stochastiques et qu'elle est temporaire. Conséquemment, ces districts ne font pas partie du territoire où les contraintes sont considérées trop sévères pour assurer un aménagement durable des forêts.

4.4 Processus logique d'analyse et d'intégration des critères et détermination des types de territoire pour un aménagement durable des forêts

Une fois déterminés les seuils de passage et les seuils de sensibilité pour chacun des critères, l'analyse des districts du territoire d'étude a été réalisée de façon séquentielle, un critère à la fois, afin de déterminer s'ils pouvaient faire l'objet d'aménagement durable et s'ils présentaient des sensibilités particulières à l'aménagement. Les seuils de passage et de sensibilité de chaque critère sont présentés au tableau 5.

4.4.1 Processus d'analyse et d'intégration des critères

Au cours du processus d'analyse, les critères retenus sont évalués de façon séquentielle, à l'échelle du district écologique.

Un district donné est d'abord examiné quant à son potentiel d'aménagement en fonction de l'importance des contraintes du milieu physique qu'il renferme. Il est ensuite soumis à l'examen de sa productivité forestière puis à l'examen combinée de la productivité forestière et de la probabilité que celle-ci se réalise en considérant le risque de perte par le feu, le temps que le peuplement atteigne un seuil minimum de productivité. Enfin, le district est soumis aux filtres d'examen de la biodiversité : filtres bruts permettant de discriminer la qualité des habitats pour une majorité d'espèces et un filtre fin propre au caribou forestier.

Afin de documenter la totalité des districts du territoire, ceux qui n'atteignent pas un des seuils de passage au cours du processus sont tout de même soumis aux filtres de tous les critères. Cependant, on comprend que si, par exemple,

TABLEAU 5

Critères biophysiques, indicateurs, seuils de passage et seuils de sensibilité à l'aménagement durable des forêts.

Critère biophysique	Indicateur	Seuil de passage (entre un territoire de sensibilité très élevée et un territoire aménageable)	Seuil de sensibilité (entre un territoire de sensibilité moyenne à élevée et un territoire de sensibilité faible)
Milieu physique	Proportion d'éléments peu contraignants d'un district.	20 % de la superficie terrestre en éléments peu contraignants ou 40 % pour les reliefs de monts.	40 % de la superficie terrestre en éléments peu contraignants quel que soit le type de relief.
Productivité	Proportion potentiellement productive d'un district.	20 % de la superficie terrestre dépasse potentiellement les deux seuils de productivité (50 m ³ /ha et 70 dm ³ /tige).	
Risque de feu	Proportion potentiellement productive d'un district compte tenu du risque de feu.	20 % de la superficie terrestre a une probabilité de plus de 33 % de parvenir aux deux seuils de productivité, face au risque de feu actuel.	20 % de la superficie terrestre a une probabilité de plus de 66 % de parvenir aux deux seuils de productivité, face au risque de feu actuel.
Biodiversité (filtre brut)	Proportion de forêts denses et hautes d'un district.	20 % de la superficie terrestre en forêts denses et hautes	
	Degré de fragmentation des habitats denses et hauts d'un district.		20 % de la superficie terrestre en habitats denses et hauts sur plus de 80 % des sous-unités de 15 km ² d'un district.
Biodiversité (filtre fin spécifique au caribou forestier)	Proportion d'habitats non perturbés d'un district.		65 % de la superficie terrestre en habitats non perturbés à l'échelle de l'unité de paysage.

les éléments peu contraignants en raison du milieu physique représentent moins de 20 % de la superficie terrestre d'un district donné, il y a alors une forte probabilité que les seuils des autres critères (productivité, vulnérabilité face au risque de feu, biodiversité) ne soient pas atteints sur plus de 20 % de la superficie, et ce, même si la capacité de production du terrain peu contraignant est bonne, avec un faible risque de feu.

Une intégration des quatre critères d'analyse a été effectuée afin d'évaluer le niveau global de risque ou de contraintes du territoire étudié. Pour ce faire, chaque district écologique a été qualifié en fonction de chacun des critères. Le processus logique d'analyse et d'intégration des critères biophysiques du territoire est illustré à la figure 7 (page 91). Ce schéma présente de façon détaillée la séquence de prise en compte des indicateurs et des seuils retenus pour l'analyse, ainsi que les types de territoire résultant de l'intégration des quatre critères.

4.4.2 Détermination des types de territoire

Le processus d'analyse permet de définir trois grands types de territoire. Le premier, le **territoire de sensibilité très élevée**, comporte un ensemble de districts écologiques qui n'atteignent pas le seuil de passage d'au moins un des critères biophysiques. Le second type de territoire, le **territoire de sensibilité moyenne à élevée**, présente une position intermédiaire entre le **territoire de sensibilité très élevée** et le **territoire de sensibilité faible**. Il comporte un ensemble de districts qui dépassent les seuils de passage pour tous les critères, mais sans franchir l'un ou l'autre des seuils de sensibilité; il présente des facteurs de risque particuliers à l'aménagement. Le troisième type de territoire, le **territoire de sensibilité faible**, comporte un ensemble de districts qui dépassent les seuils de passage et les seuils de sensibilité pour tous les critères.

Ces trois types de territoire ont été subdivisés en fonction du critère qui, selon l'ordre séquentiel d'analyse, n'atteint pas en premier le seuil de passage. Le tableau 6 (page 89) présente les types de territoire et leurs subdivisions ainsi que le nom-

bre de districts écologiques qui se classent dans chacune de celles-ci. Ce tableau présente aussi la proportion, par critère, des districts qui ne franchissent pas les seuils de passage dans le cas du territoire de sensibilité très élevée ou les seuils de sensibilité dans le cas du territoire de sensibilité moyenne à élevée. Cette caractérisation en différents sous-types de territoire est intimement liée au processus d'analyse (figure 7). Elle permet de préciser quels sont les critères dominants et les combinaisons de critères qui conduisent à qualifier un territoire donné quant à son potentiel d'aménagement durable des forêts. Seul le type de territoire de sensibilité très élevée est retranché du territoire forestier sur lequel il est possible de pratiquer un aménagement durable des forêts. Il n'en demeure pas moins que la caractérisation des autres types de territoire est tout aussi utile pour comprendre les limitations inhérentes au territoire boréal et comment elles s'expriment sous forme de gradients.

1—Territoire de sensibilité très élevée

Les districts écologiques qui n'atteignent pas les seuils de passage déterminés pour un ou plusieurs des critères d'analyse forment le territoire de sensibilité très élevée. Dans ce type de territoire, les contraintes ou les risques sont trop sévères pour permettre un aménagement durable des forêts. On reconnaît quatre sous-types de territoire (numérotés de 1.1 à 1.4) selon la nature du critère qui, en fonction de la hiérarchie d'analyse, n'atteint pas le seuil de passage en premier.

Les territoires très contraignants qui n'atteignent pas les seuils de passage du critère du milieu physique, font partie du sous-type **1.1—Territoire de sensibilité très élevée en raison de contraintes très importantes du milieu physique**. Dans ce sous-type de territoire, les différentes contraintes du milieu physique font en sorte que, souvent, la capacité de production se trouve en deçà des seuils de passage. De la même manière, les seuils du critère de biodiversité y sont rarement atteints, la répartition des milieux très contraignants engendrant une fragmentation naturelle des forêts denses et hautes.

La combinaison d'une faible proportion de terrains peu contraignants, bien que supérieure aux seuils de passage, et d'une faible croissance peut faire diminuer la capacité de production potentielle du territoire, au point de ne pas lui permettre de franchir le double seuil de productivité sur au moins 20 % de la superficie terrestre. Il s'agit alors du sous-type **1.2—Territoire de sensibilité très élevée en raison d'une capacité de production insuffisante pour un aménagement durable des forêts**. Si la capacité de production dépasse les seuils de productivité sur au moins 20 % de la superficie terrestre, on considère alors conjointement le risque de feu. Les districts où plus de 20 % de la superficie n'atteint pas une probabilité de 33 % de parvenir aux deux seuils de productivité en raison du risque de feu, forment le sous-type **1.3—Territoire de sensibilité très élevée en raison d'une capacité de production insuffisante pour faire face au risque de feu**. On considère ici que le risque associé à la récurrence des feux, souvent combiné à une faible croissance ou une faible proportion de terrains productifs, est trop important pour réaliser un aménagement durable des forêts.

Enfin, le dernier sous-type de territoire est celui où les autres critères atteignent ou dépassent les seuils de passage ou les seuils de sensibilité, mais où la proportion d'habitats denses et hauts chute sous le seuil de passage de 20 %. Il s'agit alors du sous-type **1.4—Territoire de sensibilité très élevée en raison d'une insuffisance d'habitats denses et hauts**.

2—Territoire de sensibilité moyenne à élevée

Les districts écologiques qui dépassent les seuils de passage pour tous les critères d'analyse, mais qui n'atteignent pas l'un ou l'autre des seuils de sensibilité, forment le territoire de sensibilité moyenne à élevée. Dans ce type de territoire, un aménagement durable des forêts est envisageable en tenant compte de contraintes ou de facteurs de risque particuliers. Selon la nature du critère qui se révèle sensible, on reconnaît cinq sous-types de territoire (2.1 à 2.5).

Lorsque, selon le critère du milieu physique, un territoire présente une proportion de terrains peu

à moyennement contraignants qui dépasse les seuils associés à une sensibilité très élevée, sans toutefois franchir le seuil associé à une sensibilité faible, le territoire est qualifié de **2.1—Territoire de sensibilité moyenne à élevée en raison de contraintes importantes du milieu physique**.

Ce sont généralement les districts où le milieu physique ne présente pas un niveau élevé de contraintes, qu'une capacité de production potentielle peut être détectée. Toutefois, le critère de productivité ne distingue pas d'état intermédiaire entre les districts productifs et improductifs et il n'y a donc pas de territoires de sensibilité moyenne à élevée du seul fait du critère de productivité. La productivité est alors analysée conjointement avec le risque de feu. Les districts où au moins 20 % de la superficie terrestre a une probabilité supérieure à 33 % de franchir les deux seuils de productivité, sans toutefois qu'au moins 20 % de la superficie ait une probabilité supérieure à 66 % de les franchir, forment le sous-type **2.2—Territoire de sensibilité moyenne à élevée en raison d'un impact élevé des perturbations naturelles récurrentes par le feu**. Cela correspond à des territoires où, fréquemment, en plus d'avoir une productivité limitante pour faire face au risque de feu régional, la proportion d'habitats denses et hauts est également faible.

Du fait qu'en forêt boréale, la superficie de quelques feux soit relativement grande par rapport à la faible superficie de certains districts, ceux ayant une insuffisance d'habitats denses et hauts en raison d'une seule année de feu qui a brûlé plus de 40 % de leur superficie au cours des 40 dernières années ont été clairement identifiés. Ce sous-type **2.3—Territoire de sensibilité moyenne à élevée en raison d'une insuffisance d'habitats denses et hauts résultant d'une seule année de feu** regroupe les districts où le seuil de passage du critère de biodiversité n'est actuellement pas franchi, mais que l'on ne considère pas de sensibilité très élevée. Par conséquent, ils ne sont pas exclus du territoire aménageable, bien que la situation actuelle y soit préoccupante du point de vue de la biodiversité en raison d'une insuffisance d'habitats denses et hauts.

Un autre sous-type de territoire de ce groupe est défini par les districts écologiques qui présentent moins de 80 % d'habitats peu fragmentés. Il s'agit du sous-type **2.4—Territoire de sensibilité moyenne à élevée en raison d'habitats denses et hauts fragmentés**. Dans de tels cas, la fragmentation des habitats représente un risque pour les populations animales ou végétales.

Enfin, le dernier sous-type de territoire correspond aux districts qui ont moins de 65 % d'habitats non perturbés, et ce, sans tenir compte des perturbations anthropiques; il s'agit du sous-type **2.5—Territoire de sensibilité moyenne à élevée en raison d'une trop grande proportion d'habitats perturbés pour assurer le maintien du caribou forestier**.

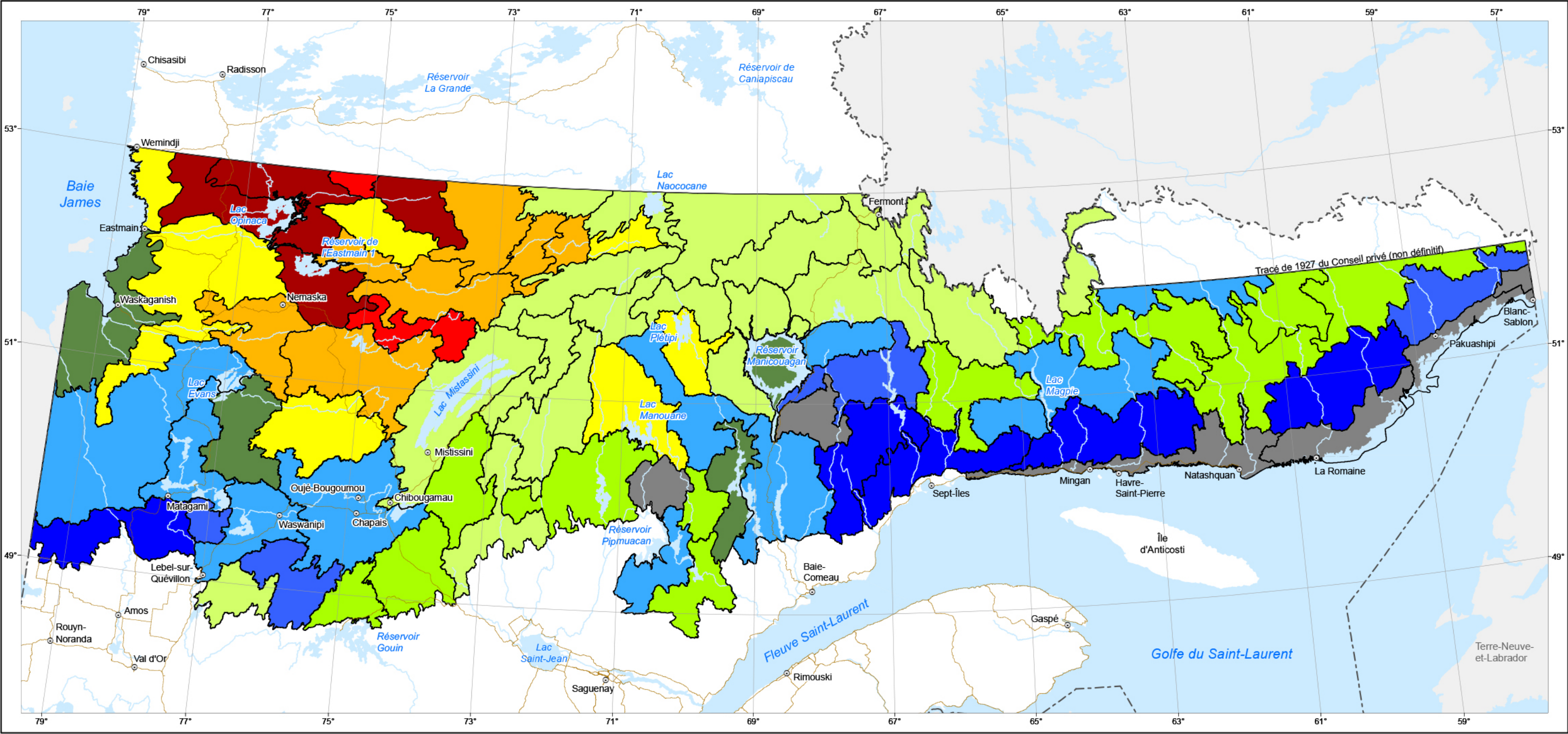
3—Territoire de sensibilité faible

Les districts écologiques qui franchissent à la fois les seuils de passage et les seuils de sensibilité de l'ensemble des critères d'analyse forment le ter-

ritoire de sensibilité faible. Dans ce type de territoire, un aménagement durable des forêts peut être fait en tenant compte des contraintes du milieu physique ou des perturbations naturelles dont l'impact est faible à moyen. Certains districts de ce type de territoire ont des niveaux de risque ou de contraintes pour un ou plusieurs critères qui s'approchent des seuils de sensibilité qui définissent le territoire de sensibilité moyenne à élevée. Ils sont qualifiés de **3.1—Territoire de sensibilité faible malgré quelques facteurs préoccupants pour l'aménagement durable des forêts**. Pour leur part, les districts dont les valeurs sont au-delà des seuils de sensibilité, sans toutefois s'en approcher, forment le sous-type de territoire **3.2—Territoire de sensibilité faible peu risqué pour l'aménagement durable des forêts**.



Carte 16
Cycle de feu des unités de paysage
regroupées pour la période 1972-2009



Zone, cycle de feu moyen et percentile de la distribution (2,5-97,5) en années

G1	44 (34-61) très court	G7	395 (343-463) intermédiaire
G2	59 (46-81) très court	G8	712 (636-816) intermédiaire
G3	67 (57-82) très court	G9	1668 (1286-2380) long
G4	94 (85-105) court	G10	8167 (5904-12990) long
G5	183 (155-221) court		Cycle non calculé
G6	272 (239-312) intermédiaire		

Limite

— Unité de paysage régional

Réseau routier

— Route principale

Frontières

--- Interprovinciale
--- Québec—Terre-Neuve-et-Labrador
(cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique MRNF 2010
Unités de paysage régional MRNF 2009

Référence

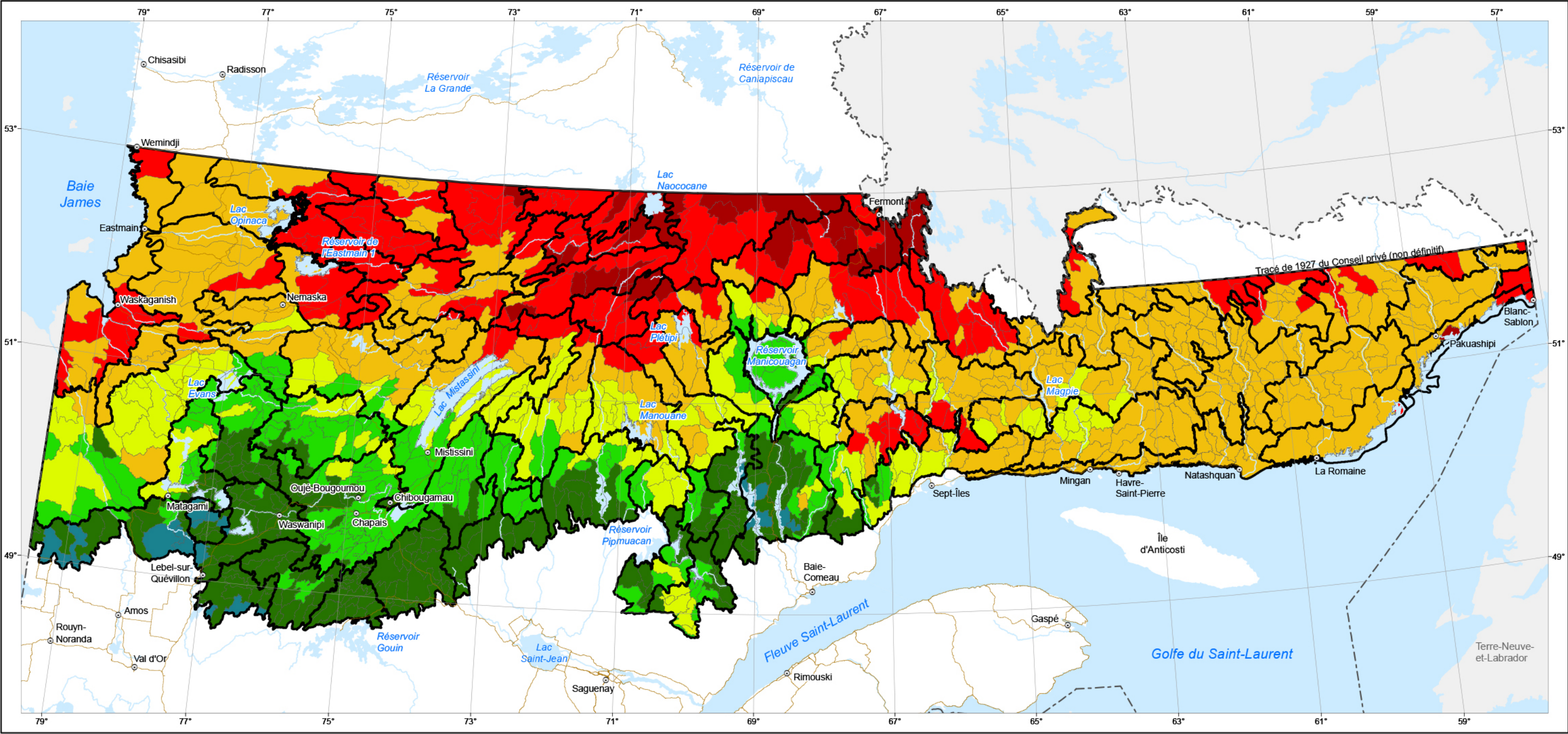
Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

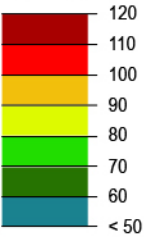
0 50 100 150 km

© Gouvernement du Québec, 2013

Carte 17
Âge moyen par district pour atteindre le double
seuil de productivité (productif potentiel)



Âge moyen par district (ans)



Limites

- District écologique
- Unité de paysage régional

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec – Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique MRNF 2010
Districts écologiques et unités de paysage régional MRNF 2009

Référence

Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.



TABLEAU 6

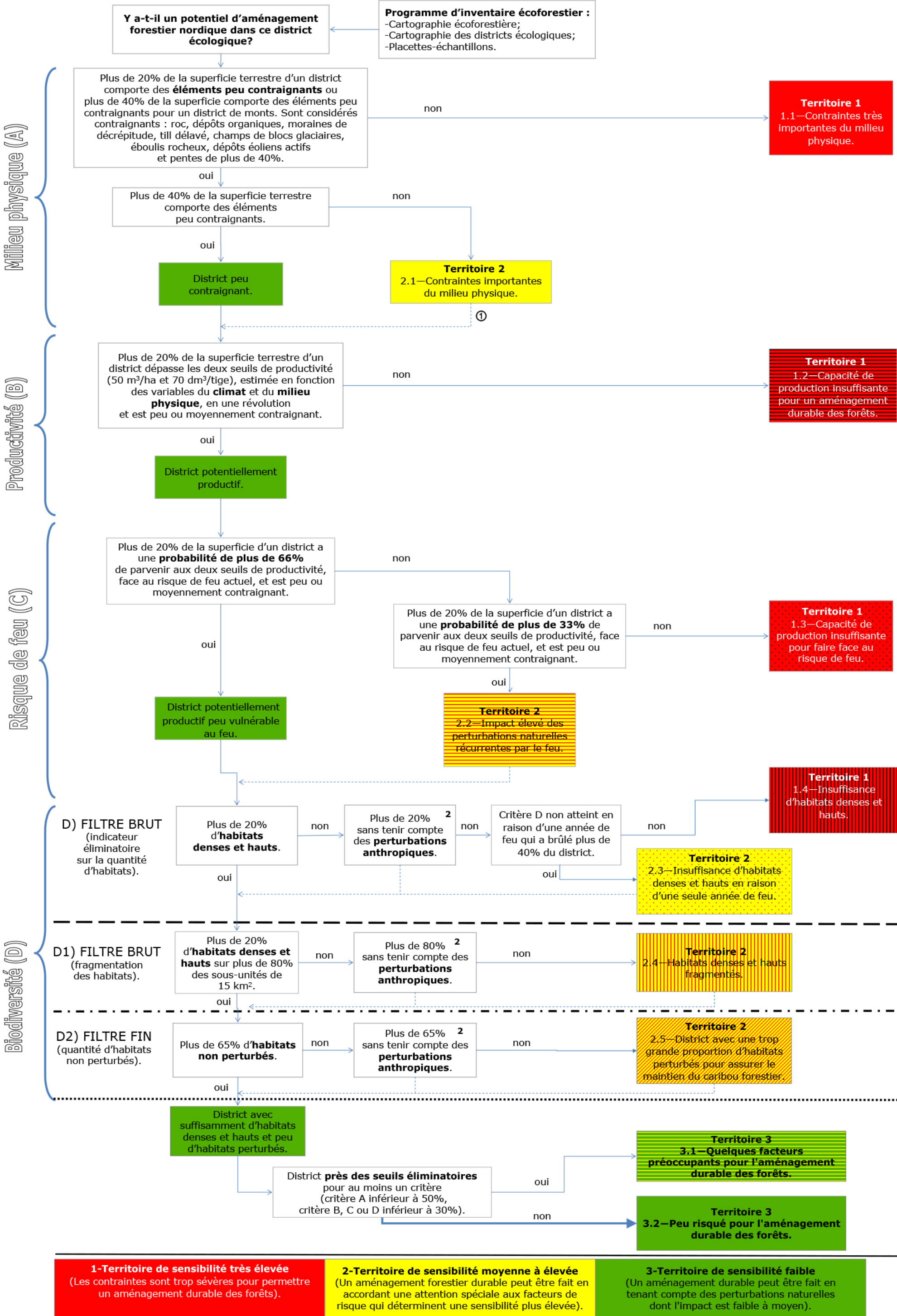
Sensibilité du territoire d'étude à l'aménagement durable des forêts.

	Type de territoire	Sous-type de territoire	Nombre de districts
Territoire qui ne respecte pas les critères d'aménagement durable des forêts	1-Territoire de sensibilité très élevée. (Les contraintes sont trop sévères pour permettre un aménagement durable des forêts).	1.1-Contraintes très importantes du milieu physique.	62 districts : critère A ¹ (23%), combinaison de critères A, B et C (6%), combinaison de critères A, B, C et D (68%), combinaison de critères A et D (3%).
		1.2-Capacité de production insuffisante pour un aménagement durable des forêts.	130 districts : combinaison de critères B et C (47%), combinaison de critères B, C et D (53%).
		1.3-Capacité de production insuffisante pour faire face au risque de feu.	92 districts : critère C (28%), combinaison de critères C et D (72%).
		1.4-Insuffisance d'habitats denses et hauts.	70 districts : critère D (100%).
Territoire qui respecte les critères d'aménagement durable des forêts	2-Territoire de sensibilité moyenne à élevée. (Un aménagement forestier durable peut être fait en accordant une attention spéciale aux facteurs de risque qui déterminent une sensibilité plus élevée).	2.1-Contraintes importantes du milieu physique.	31 districts : critère A (32%), combinaison de critères A et D1 (68%).
		2.2-Impact élevé des perturbations naturelles récurrentes par le feu.	89 districts : critère C (30%), combinaison des critères C et D (5%), combinaison des critères C, D et D2 (4%), combinaison des critères C et D1 (27%), combinaison des critères C, D1 et D2 (22%), combinaison des critères C et D2 (11%).
		2.3-Insuffisance d'habitats denses et hauts en raison d'une seule année de feu.	5 districts : critère D (100%).
		2.4-Habitats denses et hauts fragmentés.	57 districts : critère D1 (100%).
		2.5-District avec une trop grande proportion d'habitats perturbés pour assurer le maintien du caribou forestier.	Aucun district. ²
	3-Territoire de sensibilité faible. (Un aménagement durable peut être fait en tenant compte des perturbations naturelles dont l'impact est faible à moyen).	3.1-Quelques facteurs préoccupants pour l'aménagement durable des forêts.	49 districts.
		3.2-Peu risqué pour l'aménagement durable des forêts.	529 districts.

¹ A : milieu physique; B : productivité; C : risque de feu; D : biodiversité (voir figure 6).

² Il n'existe pas de sous-type spécifique en lien avec l'habitat du caribou forestier en raison du fait que tous les districts n'atteignant pas ce seuil de risque ont déjà été catégorisés avec l'un des trois critères précédents, selon l'ordre séquentiel du processus d'analyse.

FIGURE 7
Processus logique d'analyse et d'intégration des critères du milieu physique, de la productivité, du risque de feu et de la biodiversité



① Le trait pointillé indique que l'on poursuit l'analyse des districts qui ne sont pas exclus.
² Ensemble des districts où l'aménagement passé peut porter atteinte à la biodiversité.
Rapport du comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables, 2013.



Résultats

Les résultats sont d'abord présentés par critère, indépendamment les uns des autres, pour l'ensemble du territoire d'étude. Ensuite, ils sont présentés en fonction de cinq entités territoriales. Celles-ci correspondent à des regroupements de sous-types de territoire, qui mettent en évidence les résultats de l'intégration des critères à l'échelle du district écologique pour les territoires de sensibilité très élevée et pour ceux de sensibilité moyenne à élevée. Enfin, une comparaison sommaire de ces résultats avec ceux de 2002 vient clore ce chapitre.

5.1 Résultats des analyses par critère

La représentation cartographique des résultats de l'analyse séquentielle de chacun des critères est illustrée à la figure 8. Dans cette représentation, les territoires qui ne franchissent pas les seuils de passage pour un critère sont masqués en noir lors de l'analyse des critères subséquents. En effet, comme les critères et leurs indicateurs sont liés entre eux, cette façon de procéder permet de mieux cerner et localiser quels sont les indicateurs qui induisent les différents niveaux de sensibilité du territoire à l'aménagement durable des forêts.

5.1.1 Milieu physique

Pour le critère du milieu physique, à l'échelle du district écologique, les résultats mettent en évidence trois portions du territoire d'étude pour lesquelles les seuils de passage ne sont pas atteints (carte 18, page 121, et figure 8a), car les éléments peu contraignants représentent moins de 20 % de leur superficie (plus de 80 % de contraintes). Ces secteurs sont parfois bordés de districts, ou de groupes de districts, moyennement contraignants qui respectent les critères d'aménagement durable des forêts.

Le premier secteur forme un groupe de districts continus, localisé à l'extrême ouest du territoire d'étude. Les éléments contraignants qui le caractérisent sont de vastes tourbières et, dans une moindre mesure, des affleurements rocheux complètement dénudés. Le deuxième secteur est discontinu et localisé au nord de Sept-Îles et de Havre-Saint-Pierre. Il correspond à des reliefs très accidentés (monts), où dominent des sols très minces et des affleurements rocheux. On y trouve aussi de nombreuses pentes dont l'inclinaison est supérieure à 40 %. Enfin, le troisième secteur correspond à la frange côtière de la Basse-Côte-Nord, entre Havre-Saint-Pierre et Blanc-Sablon. Il forme un groupe de districts continus. On y remarque de vastes tourbières, mais surtout de grandes surfaces rocheuses, complètement dénudées de dépôts de surface et de végétation arborescente. Le relief y est moyennement accidenté.

Dans l'annexe 6, la carte 1 montre la proportion d'éléments non contraignants par district écologique, selon dix classes. Elle permet de repérer des districts qui, à l'extérieur des trois secteurs mentionnés précédemment, présentent aussi des contraintes liées au milieu physique, mais dans une moindre mesure. Même si les seuils de passage sont dépassés, ces districts peuvent présenter une proportion d'éléments contraignants suffisamment élevée pour affecter la productivité potentielle ainsi que la quantité et le niveau de fragmentation des habitats denses et hauts.

5.1.2 Productivité

Essentiellement, trois ensembles de districts ne dépassent pas – ou sont très près – du seuil de 20 % de la superficie terrestre du district qui comporte des peuplements potentiellement productifs (carte 19, page 123, et figure 8b). La première zone

se situe dans la plaine organique du nord-ouest de l'Abitibi. Celle-ci se distingue par un niveau très élevé de contraintes du milieu physique. La deuxième zone correspond à la portion centre-nord du territoire d'étude. Elle englobe le secteur des monts Tichégami et Otish, les coteaux situés à l'ouest de Fermont et au nord et à l'est des monts Groulx, ainsi que la partie septentrionale de la Côte-Nord. Elle se caractérise par un climat plus rigoureux que le reste du territoire d'étude (moins de 825 degrés-jours pendant la saison de croissance, avec le premier gel automnal se produisant avant le 31 août (annexe 6, carte 6)). La troisième zone est constituée des districts côtiers de la Minganie et de la Basse-Côte-Nord, lesquels ont également un très fort niveau de contraintes du milieu physique.

Par ailleurs, le seuil de 20 % a été soumis à une analyse de sensibilité. Il appert que la superficie potentiellement productive du territoire n'est pas sensible au changement de la valeur du seuil de pourcentage de peuplements potentiellement productifs. En effet, une variation en plus ou en moins de 25 % de la valeur de ce seuil (soit 25 % ou 15 %) procure en moyenne un changement de $\pm 5,3$ % de la superficie potentiellement productive.

Suivant la distinction entre les districts actuellement productifs, qui témoignent de la végétation actuellement en place, et les districts potentiellement productifs, ce qui représente la capacité de production des sites, il fallait s'attendre à ce que le pourcentage de peuplements potentiellement productifs par district soit plus élevé que celui de peuplements actuellement productifs. C'est le cas pour 95 % d'entre eux (1058 districts, voir carte 20, page 125). Comme le montre la comparaison entre les cartes 20 (écart entre les pourcentages potentiel et actuel) et 16 (cycles de feu), l'écart entre les pourcentages potentiel et actuel des peuplements productifs est d'autant plus important que le cycle de feu est court (zones de taux de brûlage homogènes G1 à G3). Ceci suggère que, dans ces cas, la productivité potentielle est contrainte par les perturbations dues au feu.

Pour les districts où la situation inverse s'observe (56 districts, 5 %), on note souvent un pourcentage de peuplements potentiellement productifs inférieur à 50 %. Ces districts se trouvent dans une large bande longeant la frontière de Terre-Neuve-et-Labrador où, en raison du cycle de feu intermédiaire et de meilleures conditions de station, la situation actuelle y est plus favorable que le potentiel estimé.

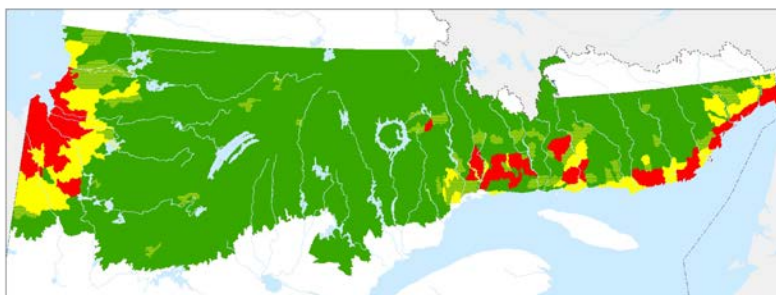
5.1.3 Vulnérabilité face au risque de feu

La carte 21 (page 127) et la figure 8c présentent les résultats qui lient la productivité au risque de feu. Cette figure montre deux portions de territoire de couleur noire (ouest et est) qui correspondent à des zones où le milieu physique est très contraignant (figure 8a). Une troisième portion de la même couleur, au centre-nord, correspond à des zones n'atteignant pas le seuil minimal de peuplements productifs, et ce, même avant de tenir compte des feux (figure 8b).

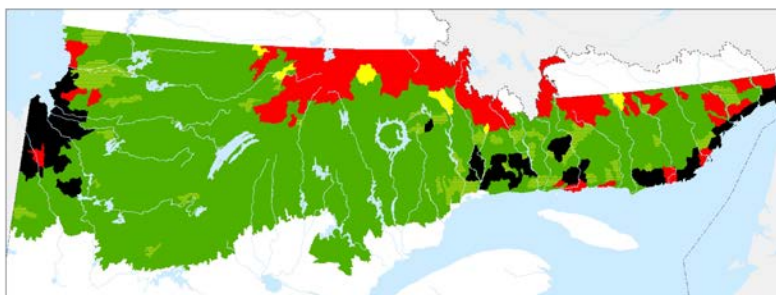
La carte 21 et la figure 8c illustrent de manière générale une transition des districts méridionaux peu vulnérables au feu vers ceux qui présentent une probabilité élevée de ne pas franchir les seuils de productivité lorsque l'on tient compte du risque de feu, qui augmente en direction nord. Ces transitions sont particulièrement abruptes dans la portion ouest du territoire. Une zone de transition plus graduelle (en jaune) se dessine au sud de la latitude 51° Nord, à l'ouest du lac Mistassini, et dans les portions nord du lac Saint-Jean et de la Haute et Moyenne-Côte-Nord. Au sud, les forêts ont à la fois des taux de brûlage plus faibles, donc un cycle de feu plus long (carte 16, page 85), et mettent moins de temps à franchir le double seuil de productivité (carte 17, page 87), ce qui les rend moins vulnérables face au risque de feu. Il est à noter que, dans une certaine mesure, même ces peuplements sont susceptibles de ne pas atteindre les seuils de productivité (pour plus de détails, voir l'analyse de sensibilité traitant de la productivité et du feu à l'annexe 6). On remarquera, par exemple, que la bande jaune à l'ouest du lac Mistassini se trouve dans un territoire où le cycle de feu est court et pour lequel la productivité ne

FIGURE 8

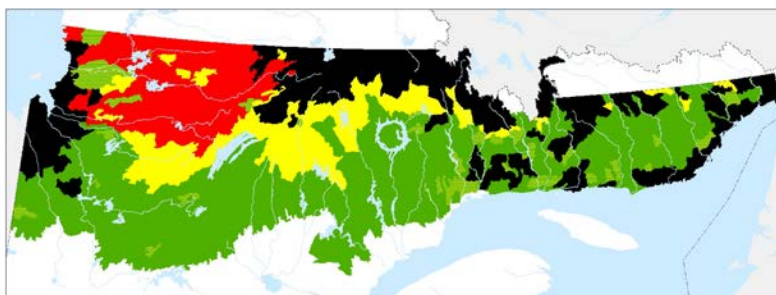
Résultats d'analyse de chacun des quatre critères. Pour un critère donné, les territoires de sensibilité très élevée sont en rouge, ceux de sensibilité moyenne à élevée en jaune et ceux de sensibilité faible en vert. Les secteurs qui apparaissent en noir sont ceux qui n'atteignent pas les seuils de passage pour les critères précédents selon l'ordre séquentiel d'analyse. Les légendes détaillées pour chacun des critères sont présentées sur les cartes 18, 19, 21 et 24 du présent rapport.



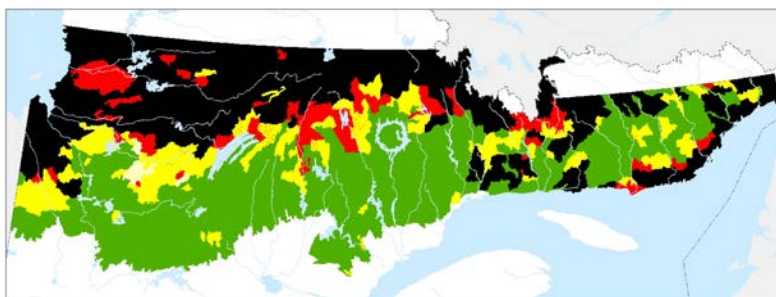
a) Sensibilité du territoire d'étude aux contraintes du milieu physique



b) Productivité potentielle au seuil de 20 %



c) Productivité potentielle face au risque de feu
(probabilité constante de brûler)



d) Intégration des trois indicateurs du critère de biodiversité,
territoire d'étude avant perturbations anthropiques

compense pas vraiment pour ledit risque. Ainsi, les peuplements de ces districts ont autant de probabilités de franchir le seuil de productivité que de ne pas y parvenir. Dans la portion rouge du territoire (carte 21 et figure 8c), les résultats s'expliquent notamment par un taux de brûlage relativement élevé (carte 16) et par la longueur du temps d'exposition des peuplements au risque de feu pour atteindre le double seuil de productivité (carte 17), qui les rend ainsi très vulnérables au feu.

5.1.4 Biodiversité

5.1.4.1 Filtres bruts de la quantité et de la fragmentation des habitats denses et hauts

L'application des filtres bruts du critère de biodiversité sur les 1114 districts du territoire d'étude à l'état actuel est schématiquement représentée en nombre de districts à la figure 9. En ce qui a trait à la quantité d'habitats denses et hauts, 757 districts sont actuellement au-dessus du seuil de passage de 20 %, ce qui représente 68 % du nombre total de districts (figure 10a et annexe 6, carte 16). Toutefois, un total de 45 districts sur les 357 actuellement sous ce seuil de quantité minimale d'habitats denses et hauts ont été fortement affectés par des feux récents (plus de 40 % de leur superficie ayant brûlé au cours d'une année (annexe 6, carte 16)). Parmi les districts ayant atteint le premier seuil de biodiversité, un total de 273 districts ont toutefois des habitats denses et hauts fragmentés (figure 10a et annexe 6, carte 16).

On observe, de façon générale, une raréfaction du sud vers le nord de la quantité d'habitats denses et hauts. Parmi les 567 districts actuellement inclus à plus de 95 % de leur superficie dans des zones sous aménagement, 65 n'atteignent pas le seuil de passage d'habitats denses et hauts et 166 présentent des habitats denses et hauts fragmentés.

Analyse de la biodiversité

Pour l'analyse de la biodiversité, le comité a considéré, d'une part, la végétation actuelle, c'est-à-dire en 2009 (année de la mise à jour de la carte unifiée du territoire d'étude) et, d'autre part, la végétation avant perturbations anthropiques, c'est-à-dire en retranchant de cette carte les interventions ayant eu lieu avant 2009.

L'application du seuil de passage sur la quantité minimale d'habitats denses et hauts au territoire d'étude avant perturbations anthropiques est schématiquement représentée en nombre de districts à la figure 11. Cette analyse révèle que 826 districts étaient auparavant au-dessus du seuil de 20 %, ce qui représentait 74 % du nombre total de districts (figure 12a et annexe 6, carte 17). Toutefois, 39 districts n'atteignent pas le seuil minimal de quantité d'habitats du fait qu'ils ont été fortement affectés par des feux récents (plus de 40 % de leur superficie ayant brûlé au cours d'une année (annexe 6, carte 17)).

Cette analyse révèle également que, parmi les 65 districts des zones sous aménagement ayant actuellement une insuffisance d'habitats denses et hauts, 45 n'atteignent pas ce seuil en raison des perturbations anthropiques passées (figure 12a et annexe 6, carte 17). Il en est de même pour les 166 districts ayant actuellement des habitats denses et hauts fragmentés : 129 d'entre eux le sont aussi en raison des perturbations anthropiques passées.

FIGURE 9

Représentation schématique de l'application des filtres bruts du critère de biodiversité pour les 1114 districts du territoire d'étude à l'état actuel.

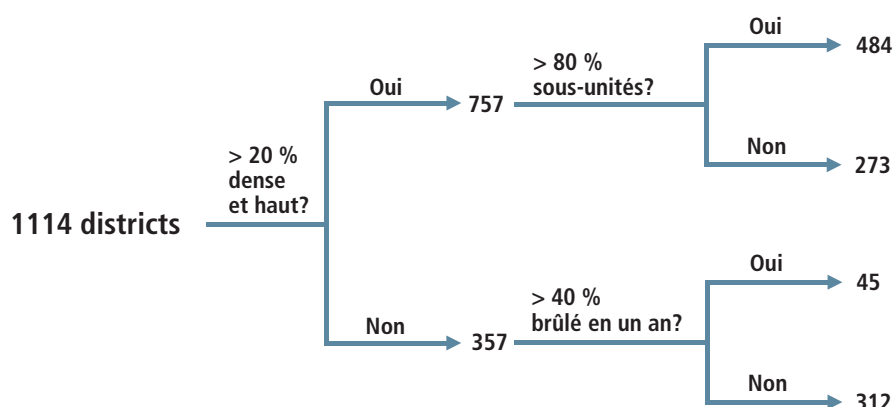
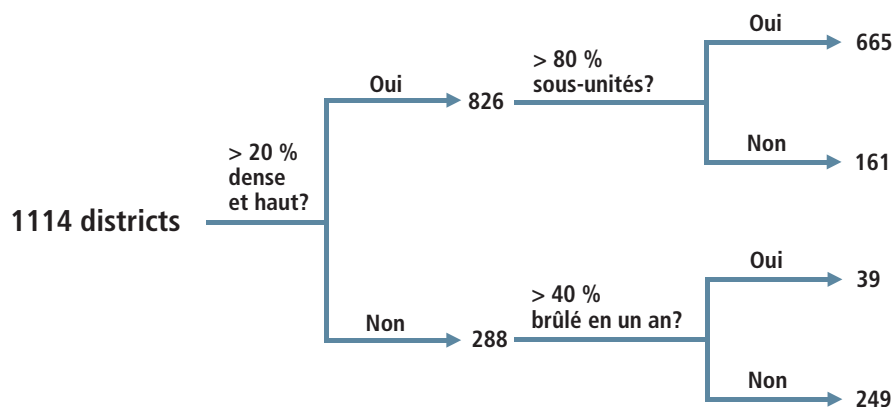


FIGURE 11

Représentation schématique de l'application des filtres bruts du critère de biodiversité pour les 1114 districts du territoire d'étude avant perturbations anthropiques.



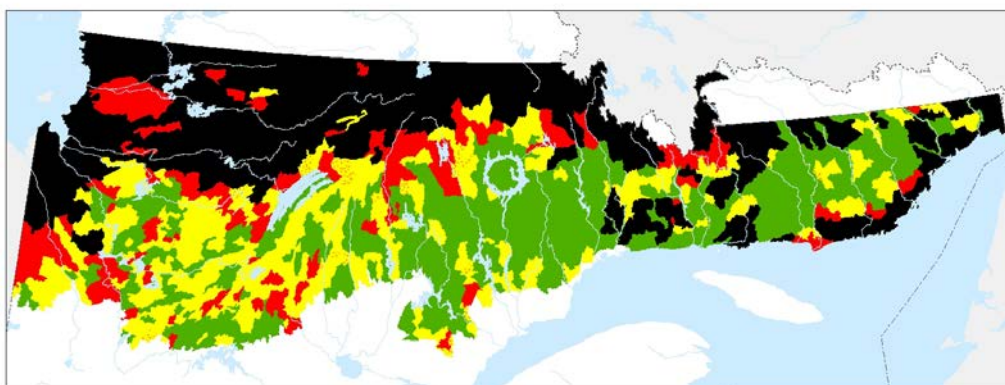
5.1.4.2 Filtre fin spécifique au caribou forestier

L'application du seuil de filtre fin spécifique au caribou forestier révèle que 567 districts sont actuellement au-dessus du seuil de 65 % d'habitats non perturbés (figure 10b et carte 22, page 129), ce qui représente 51 % du nombre total de districts. La majorité des districts n'atteignent pas le seuil de sensibilité en raison d'une concentration de perturbations naturelles dans une zone de forte récurrence de feu à l'ouest du lac Mistassini, à l'exception de certains districts appartenant à une unité de paysage localisée à proximité du lac Pléti (figure 12b et carte 22). En raison du cumul des perturbations anthropiques et des perturbations naturelles, 413 districts n'atteignent pas

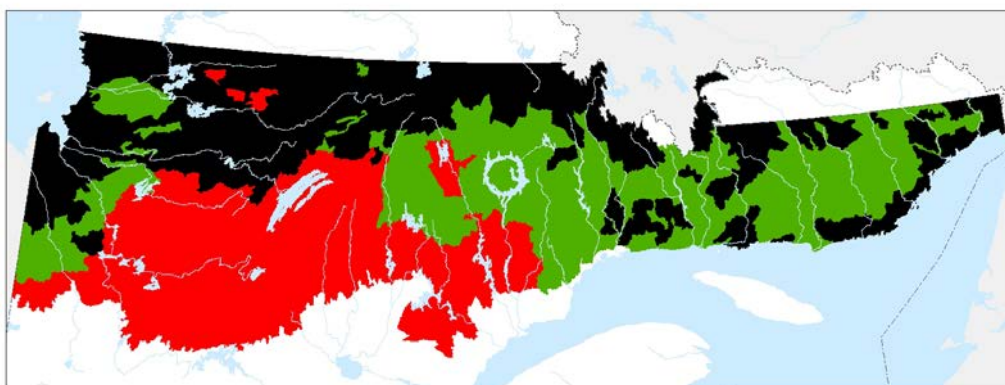
actuellement le seuil de passage d'habitats non perturbés (figure 10b et carte 22). Cette prise en considération des perturbations anthropiques étend la zone ayant une trop grande proportion d'habitats perturbés pour assurer le maintien du caribou forestier jusqu'au sud du territoire d'étude, pour la majeure partie de la portion centrale du territoire d'étude actuellement soumis à l'aménagement forestier. Avant de prendre en considération les perturbations anthropiques, la majorité des districts analysés, soit 88 % d'entre eux, avaient une quantité suffisante d'habitats non perturbés pour assurer le maintien du caribou forestier. Cet écart observé entre le territoire avant perturbations anthropiques et le territoire à l'état actuel indique qu'une marge de manœuvre existe pour concilier aménagement forestier et maintien

FIGURE 10

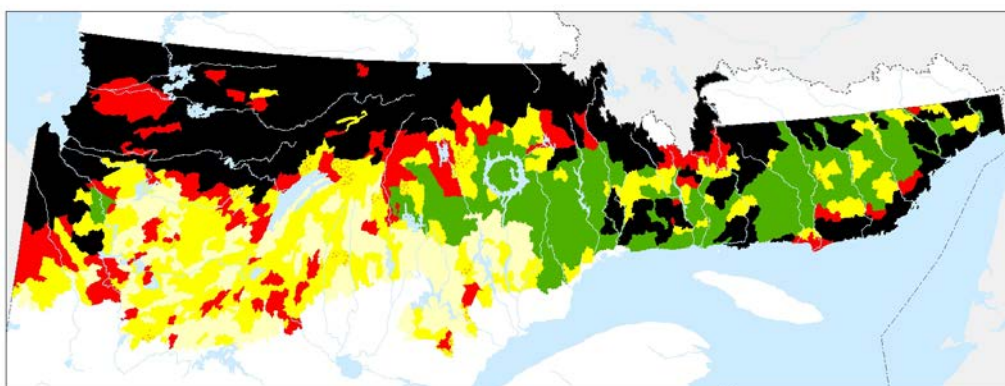
Résultats de l'application séquentielle au territoire d'étude à l'état actuel des trois indicateurs de biodiversité et de l'intégration de ces trois indicateurs. Les districts masqués en noir représentent des territoires éliminés en raison du milieu physique très contraignant ou qui sont potentiellement improductifs ou qui sont vulnérables au feu. Les territoires de sensibilité très élevée sont en rouge, ceux de sensibilité moyenne à élevée en jaune et ceux de sensibilité faible en vert. Les légendes détaillées sont présentées sur les cartes 22 et 23 et à l'annexe 6 (carte 16).



a) Indicateurs de quantité et de fragmentation des habitats denses et hauts



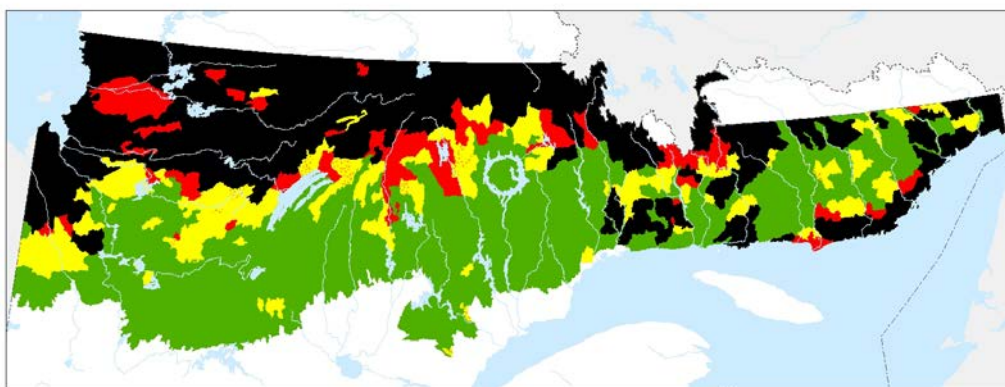
b) Indicateur du niveau de perturbation en lien avec le maintien du caribou forestier



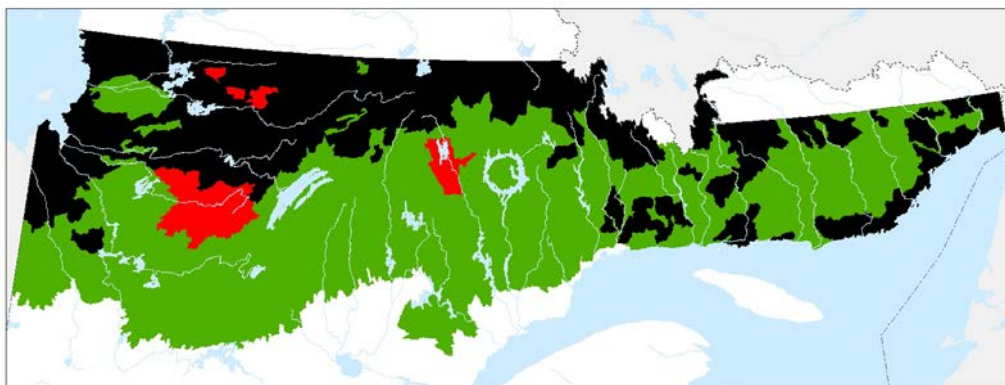
c) Intégration des trois indicateurs du critère de biodiversité

FIGURE 12

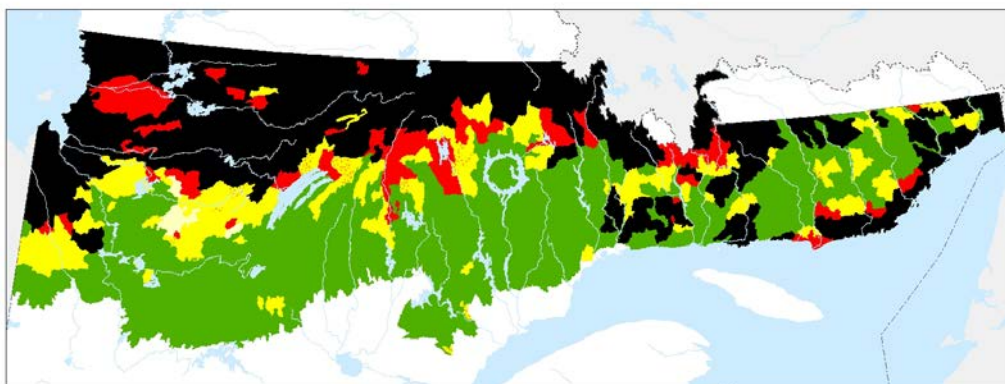
Résultats de l'application séquentielle au territoire d'étude avant perturbations anthropiques des trois indicateurs de biodiversité et de l'intégration de ces trois indicateurs. Les districts masqués en noir représentent des territoires éliminés en raison du milieu physique très contraignant ou qui sont potentiellement improductifs ou qui sont vulnérables au feu. Les territoires de sensibilité très élevée sont en rouge, ceux de sensibilité moyenne à élevée en jaune et ceux de sensibilité faible en vert. Les légendes détaillées sont présentées sur les cartes 22 et 24 et à l'annexe 6 (carte 17).



a) Indicateurs de quantité et de fragmentation des habitats denses et hauts



b) Indicateur du niveau de perturbation en lien avec le maintien du caribou forestier



c) Intégration des trois indicateurs du critère de biodiversité

du caribou forestier pour ce territoire, mais que la situation actuelle nécessiterait des activités de restauration afin d'assurer le maintien de cette espèce. Ce constat est particulièrement vrai pour les hardes situées à proximité et à l'ouest du lac Mistassini (Rudolph et al., 2012). Afin d'éviter une telle situation dans le futur, l'aménagement des districts dépassant actuellement le seuil de sensibilité de 65 % d'habitats non perturbés devrait donc être réalisé en s'assurant que les activités forestières ne fassent pas baisser le pourcentage actuel sous ce seuil à l'échelle d'une unité de paysage (ou du territoire utilisé par une harde quand cette information est disponible). Bien que le territoire utilisé par les hardes de caribou forestier ne soit pas pleinement connu sur l'ensemble du territoire d'étude, la plaine de la baie James ainsi que la portion nord-est du territoire sont les secteurs présentant actuellement le plus de districts au-delà du seuil de passage pour l'indicateur de filtre fin associé à cette espèce. Pris globalement, ces districts représentent 56 % du territoire d'étude (figure 10b et carte 22, page 129).

5.1.4.3 Intégration des trois indicateurs de biodiversité

L'intégration des indicateurs de biodiversité révèle qu'un total de 236 districts ont des valeurs qui dépassent actuellement tous les seuils de passage ou de sensibilité établis pour ce critère (figure 10c et carte 23, page 131). Seulement deux d'entre eux sont localisés à l'ouest du lac Mistassini, la majorité étant concentrée dans la portion est du territoire d'étude. Cette division évidente entre les portions est et ouest du territoire d'étude est le résultat des aménagements anthropiques récents (routes, aires de récolte), puisque la zone qui franchit l'ensemble des seuils de biodiversité était auparavant plus étendue dans les portions situées à l'ouest et au sud du territoire d'étude (figure 12c et carte 24, page 133). À l'aide de ce portrait avant perturbations anthropiques, l'intégration des indicateurs de biodiversité révèle que 615 districts dépassaient initialement tous les seuils de passage ou de sensibilité établis, soit 74 % du nombre total de districts dépassant les seuils des trois critères précédents (milieu phy-

sique, productivité et risque de feu). La comparaison des deux portraits du même territoire d'étude révèle ainsi que 379 districts n'atteignent pas actuellement les seuils de passage du critère de biodiversité en raison de l'effet cumulatif des perturbations anthropiques passées. Bien que ces districts soient considérés admissibles à l'aménagement forestier selon l'état avant perturbations anthropiques, des actions de restauration devraient être envisagées afin de permettre d'améliorer leur situation en regard des indicateurs de proportion et de fragmentation des habitats denses et hauts, et d'éviter d'accroître le taux de perturbation en lien avec l'indicateur spécifique au caribou forestier.

5.2 Résultats de l'intégration des critères par entité territoriale

La sensibilité du territoire d'étude à l'aménagement durable des forêts, qui résulte du processus d'intégration des critères avec leurs seuils de passage respectifs, est présentée à la carte 25 (page 135). Pour le critère de biodiversité, cette intégration est réalisée avec l'état du territoire d'étude avant perturbations anthropiques afin de pouvoir comparer, sur une base semblable, les districts situés au nord et au sud de la limite nordique adoptée en 2002. Sur les 1114 districts écologiques étudiés, 354 correspondent au territoire de sensibilité très élevée, 182 au territoire de sensibilité moyenne à élevée et 578 au territoire de sensibilité faible (tableau 6). La carte 25 montre aussi la répartition des sous-types de territoire de l'ensemble du territoire d'étude.

Les sections qui suivent illustrent les résultats en fonction de cinq entités territoriales déterminées *a posteriori*. Pour le territoire de sensibilité très élevée et de sensibilité moyenne à élevée, les limites de ces entités correspondent à des regroupements de sous-types de territoire qui se caractérisent par des transitions particulières (progressives ou abruptes). Dans le territoire de sensibilité faible, les limites des entités territoriales correspondent à des limites d'unités de paysage régional (voir la section 2.4.2). Elles mettent en lumière d'importantes différences en ce qui a trait à l'altitude, au relief et aux dépôts de surface.

Ces cinq entités territoriales, localisées sur les figures 13 à 17, sont les suivantes :

- 1- Nord-ouest de l'Abitibi
- 2- Ouest du lac Mistassini
- 3- Nord du Saguenay–Lac-Saint-Jean
- 4- Moyenne-Côte-Nord du Saint-Laurent
- 5- Basse-Côte-Nord du Saint-Laurent

5.2.1 Entité territoriale 1 : Nord-ouest de l'Abitibi

• Localisation

L'entité territoriale 1 est située à l'ouest du territoire d'étude, approximativement entre les latitudes 49° et 52° Nord et les longitudes 76° et 79° 30' Ouest (figure 13). Elle couvre une superficie de 60 430 km², soit 13 % du territoire d'étude. On y trouve la ville de Matagami et les communautés crie de Waskaganish et Waswanipi.

• Transition des types de territoire

L'entité territoriale 1 se caractérise par une augmentation graduelle des contraintes du milieu physique du sud-est vers le nord-ouest. Ces contraintes sont liées principalement à l'importante proportion de dépôts organiques. Éparses dans la portion sud-est, les tourbières forment une couverture quasi continue dans la portion nord-ouest. On note pour cette entité territoriale une transition progressive du type de territoire à faible sensibilité, où l'on ne trouve que 25 % de milieux physiques très contraignants, vers les types de territoire de sensibilité moyenne à élevée (64 %) et de sensibilité très élevée (87 %). La transition est plus marquée entre le type de territoire à faible sensibilité et celui de sensibilité moyenne à élevée.

• Types de territoire de l'entité territoriale 1

Sensibilité faible

Seulement 4 % des superficies de sensibilité faible se trouvent près des valeurs des indicateurs qui correspondent au territoire de sensibilité moyenne à élevée. Les milieux forestiers occupent principalement les dépôts argileux, alors que les terrains ouverts correspondent aux dépôts orga-

niques. Dans ce type de territoire, peu vulnérable au feu, la proportion de milieux productifs potentiels est de 74 %.

Sensibilité moyenne à élevée

Les dépôts organiques sont plus abondants que les dépôts argileux dans ce type de territoire, entraînant une faible proportion de milieux physiques non contraignants (36 % de la superficie). Cette prédominance des tourbières explique la fragmentation des habitats denses et hauts sur 31 % de ce type de territoire, et une proportion de terrains potentiellement productifs sur 34 %.

Sensibilité très élevée

Dans ce type de territoire, la sensibilité très élevée à l'aménagement durable des forêts est due à des contraintes du milieu physique qui ne laissent que 13 % de terrains non contraignants. Ceci s'explique par l'abondance des dépôts organiques, dont la couverture est quasi continue, et la présence d'affleurements rocheux. De ce fait, la productivité potentielle, la proportion de terrains potentiellement productifs peu vulnérables au feu (plus de 66 % de probabilité d'atteindre le double seuil de productivité, considérant le régime de feu actuel) et les habitats denses et hauts ne représentent respectivement que 9, 8 et 11 % de ce type de territoire.

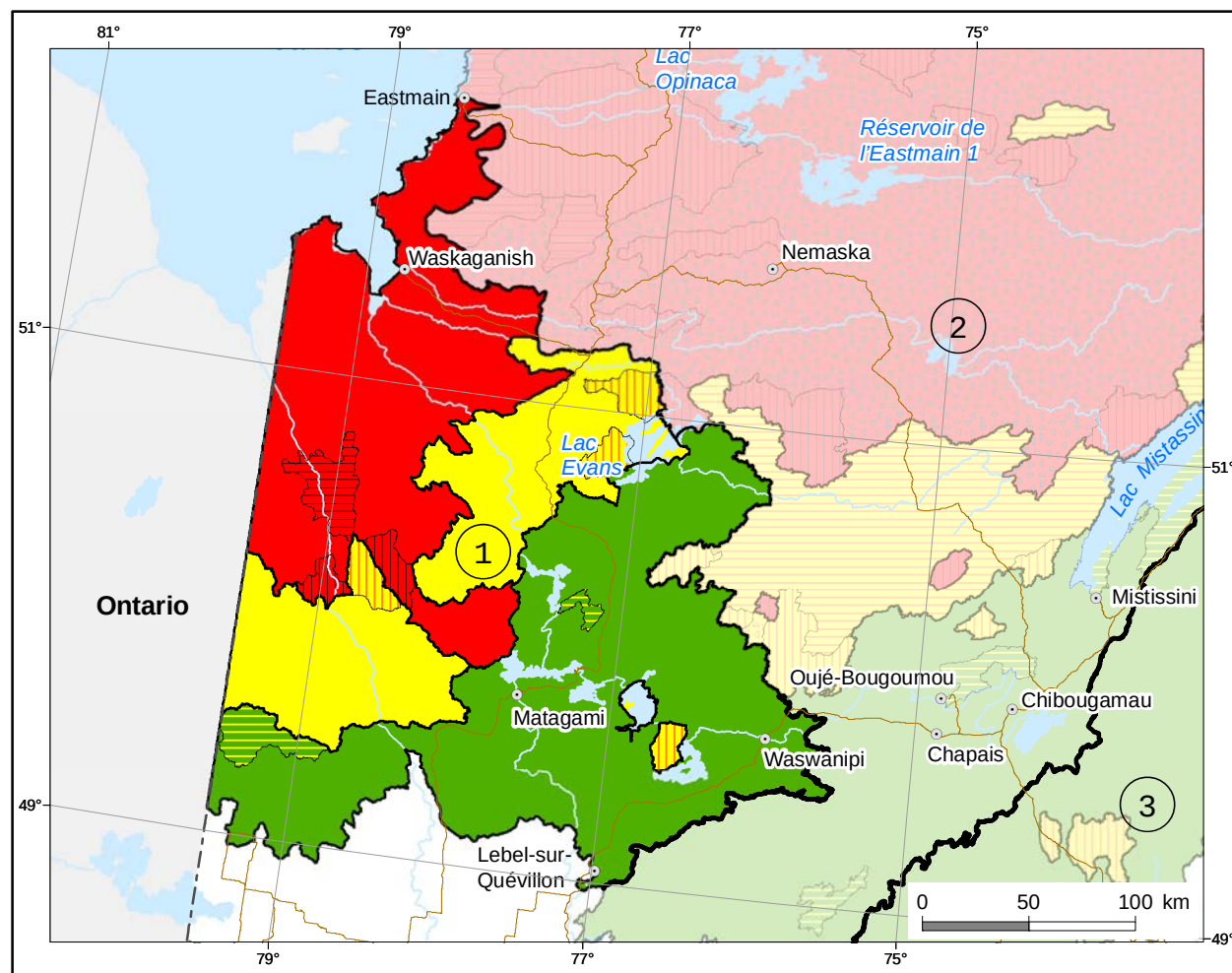
5.2.2 Entité territoriale 2 : Ouest du lac Mistassini

• Localisation

L'entité territoriale 2 est située à l'ouest du lac Mistassini. Elle s'étend approximativement entre les latitudes 48° 30' et 53° Nord, soit jusqu'à la limite nord du territoire d'étude (figure 14). Elle est bornée au nord-ouest par la baie James, à l'ouest par l'entité territoriale 1, au nord-est par la longitude 73° Ouest environ, et au sud-est par un axe qui relie le lac Albanel au réservoir Gouin. Cette entité couvre une superficie de 126 109 km², soit 26 % du territoire d'étude. On y trouve les villes de Chibougamau et de Chapais, ainsi que les communautés crie de Mistissini, Oujé-Bougoumou, Nemaska et Eastmain.

FIGURE 13

Entité territoriale 1 : Nord-ouest de l'Abitibi.



Territoire qui ne respecte pas les critères
d'aménagement durable des forêts

Territoire de sensibilité très élevée

- 1.1 - Contraintes très importantes du milieu physique
- 1.2 - Capacité de production insuffisante pour un aménagement durable des forêts
- 1.3 - Capacité de production insuffisante pour faire face au risque de feu
- 1.4 - Insuffisance d'habitats denses et hauts

Territoire qui respecte les critères
d'aménagement durable des forêts

Territoire de sensibilité moyenne à élevée

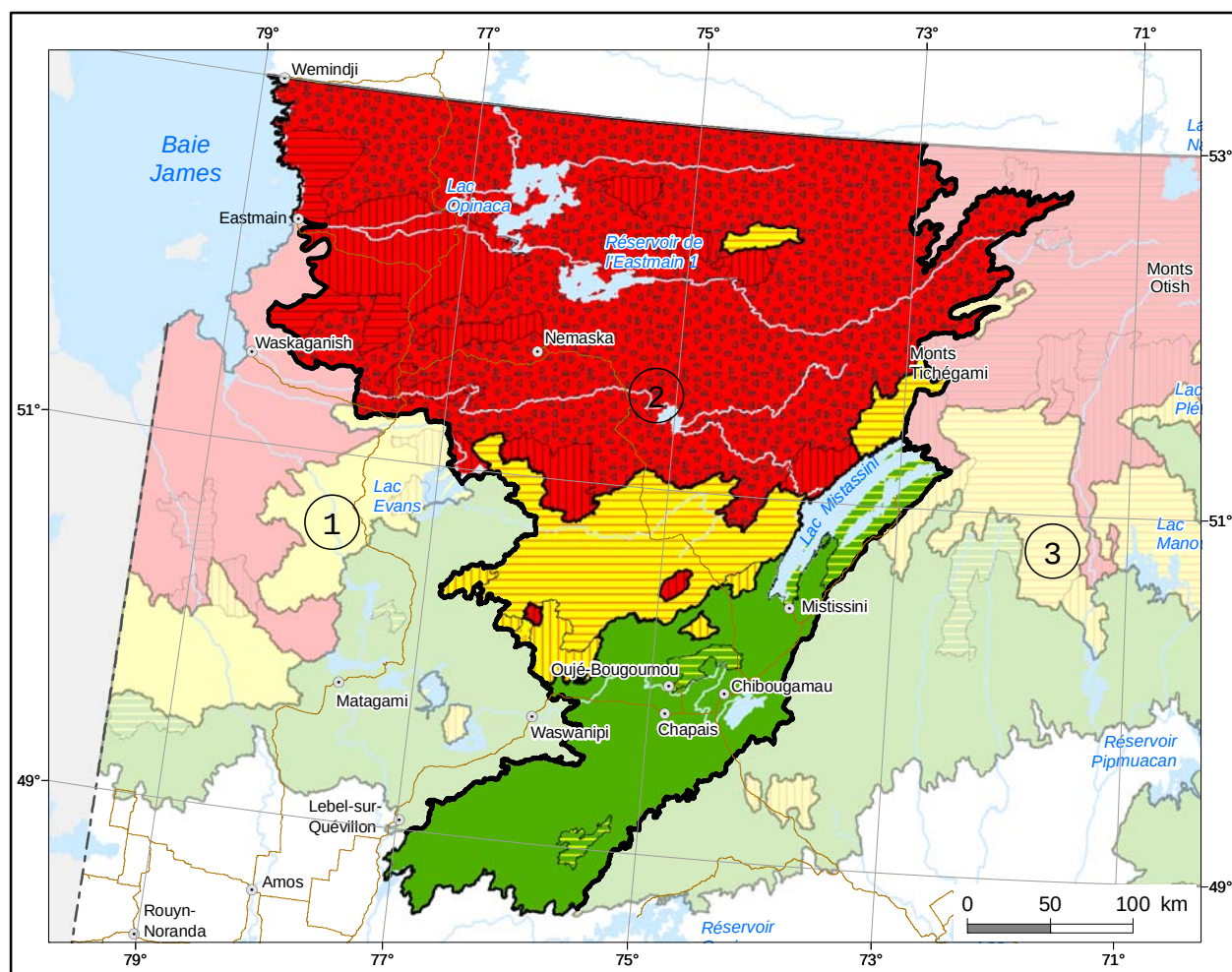
- 2.1 - Contraintes importantes du milieu physique
- 2.2 - Impact élevé des perturbations naturelles récurrentes par le feu
- 2.3 - Insuffisance d'habitats denses et hauts en raison d'une seule année de feu
- 2.4 - Habitats denses et hauts fragmentés

Territoire de sensibilité faible

- 3.1 - Quelques facteurs préoccupants pour l'aménagement durable des forêts
- 3.2 - Peu risqué pour l'aménagement durable des forêts

FIGURE 14

Entité territoriale 2 : Ouest du lac Mistassini.



Territoire qui ne respecte pas les critères d'aménagement durable des forêts

Territoire de sensibilité très élevée

- 1.1 - Contraintes très importantes du milieu physique
- 1.2 - Capacité de production insuffisante pour un aménagement durable des forêts
- 1.3 - Capacité de production insuffisante pour faire face au risque de feu
- 1.4 - Insuffisance d'habitats denses et hauts

Territoire qui respecte les critères d'aménagement durable des forêts

Territoire de sensibilité moyenne à élevée

- 2.1 - Contraintes importantes du milieu physique
- 2.2 - Impact élevé des perturbations naturelles récurrentes par le feu
- 2.3 - Insuffisance d'habitats denses et hauts en raison d'une seule année de feu
- 2.4 - Habitats denses et hauts fragmentés

Territoire de sensibilité faible

- 3.1 - Quelques facteurs préoccupants pour l'aménagement durable des forêts
- 3.2 - Peu risqué pour l'aménagement durable des forêts

• Transition des types de territoire

Au sein de l'entité territoriale 2, on note une transition progressive du sud vers le nord, générée par l'augmentation de la récurrence des perturbations naturelles par le feu et, plus au nord, par une trop faible croissance pour faire face au risque de feu. Le passage du type de territoire de faible sensibilité vers celui de sensibilité moyenne à élevée est sous l'influence d'une augmentation rapide de la vulnérabilité au feu, une vulnérabilité qui coïncide avec des précipitations totales annuelles parmi les plus faibles du territoire d'étude. La transition du type de territoire de sensibilité moyenne à élevée vers celui de sensibilité très élevée est, de plus, marquée par une baisse importante de la température moyenne annuelle et des degrés-jours de croissance. Cette combinaison de facteurs entraîne une insuffisance d'habitats denses et hauts pour les types de territoire de sensibilité moyenne à élevée et de sensibilité très élevée.

• Types de territoire de l'entité territoriale 2

Sensibilité faible

Seulement 19 % des superficies de sensibilité faible se trouvent près des valeurs des indicateurs correspondant à une sensibilité moyenne à élevée. Caractérisé par des reliefs de plaines et de coteaux, ainsi que des dépôts de till épais, ce type de territoire est relativement peu contraignant en ce qui a trait au milieu physique. Les terrains potentiellement productifs comptent pour 70 % de la superficie. Toutefois, en tenant compte de la vulnérabilité au feu, les terrains potentiellement productifs peu vulnérables au feu (plus de 66 % de probabilité d'atteindre le double seuil de productivité, considérant le régime de feu actuel) en constituent 58 %.

Sensibilité moyenne à élevée

Les terrains jugés peu vulnérables au feu (plus de 66 % de probabilité d'atteindre le double seuil de productivité, considérant le régime de feu actuel) et ayant une bonne productivité potentielle n'occupent que 11 % de ce type de territoire. Par contre, la proportion moyennement vulnérable au feu (entre 33 et 66 % de probabilité d'atteindre

le double seuil de productivité, considérant le régime de feu actuel), est de 57 %. L'impact de la récurrence des feux entraîne une insuffisance d'habitats denses et hauts sur 69 % de ce type de territoire ou leur fragmentation sur 38 %.

Sensibilité très élevée

La sensibilité très élevée à l'aménagement durable des forêts résulte, ici, principalement de deux facteurs : une productivité insuffisante pour faire face au risque de feu et une insuffisance d'habitats denses et hauts. La proportion de terrains potentiellement productifs est de 43 %. Lorsqu'on tient compte de la récurrence des feux, la proportion de terrains potentiellement productifs peu vulnérables au feu (plus de 66 % de probabilité d'atteindre le double seuil de productivité, considérant le régime de feu actuel) est inférieure à 1 %, tandis que les terrains qui sont moyennement vulnérables (entre 33 et 66 % de probabilité d'atteindre le double seuil de productivité, considérant le régime de feu actuel) ne représentent que 10 %. La récurrence élevée des feux explique l'ouverture des peuplements forestiers et, par conséquent, une insuffisance d'habitats denses et hauts.

5.2.3 Entité territoriale 3 : Nord du Saguenay-Lac-Saint-Jean

• Localisation

L'entité territoriale 3 est située au centre du territoire d'étude. Elle est bornée au sud par le réservoir Gouin, la cuvette du lac Saint-Jean et le réservoir Pipmuacan, à l'ouest par l'entité territoriale 2, au nord par la latitude 53° Nord, et au nord-est par la longitude 68° Ouest (figure 15). Cette entité territoriale couvre une superficie de 130 910 km², soit 27 % du territoire d'étude. Elle englobe notamment le réservoir Manicouagan.

• Transition des types de territoire

Au sein de l'entité territoriale 3, une transition progressive est observée, du sud vers le nord, dont l'origine est une combinaison de perturbations naturelles par le feu et d'habitats denses et hauts fragmentés dans le territoire de sensibilité

moyenne à élevée. On y note la présence de nombreux terrains composés de matériaux grossiers aux sols secs. Les perturbations y influencent aussi la fragmentation des habitats. Plus au nord, le territoire de sensibilité élevée se caractérise à la fois par une insuffisance d'habitats denses et hauts et par une capacité de production insuffisante. Celle-ci coïncide avec une diminution importante de la longueur de la saison de croissance et du nombre de degrés-jours comparativement au reste du territoire d'étude. L'altitude moyenne est par ailleurs élevée (615 m). La capacité de production insuffisante du territoire et certaines contraintes du milieu physique entraînent une ouverture des peuplements et, conséquemment, une insuffisance d'habitats denses et hauts.

• Types de territoire de l'entité territoriale 3

Sensibilité faible

Seulement 5 % des superficies de sensibilité faible se trouvent près des valeurs des indicateurs correspondant à une sensibilité moyenne à élevée. Le milieu physique est peu contraignant sur 86 % de la superficie, même si certains districts sont plus accidentés. Les terrains potentiellement productifs en occupent 83 %. En général, ni la récurrence des feux, ni la fragmentation des habitats ne sont problématiques.

Sensibilité moyenne à élevée

Seulement 15 % de ce type de territoire est considéré peu vulnérable au feu (plus de 66 % de probabilité d'atteindre le double seuil de productivité, considérant le régime de feu actuel). Par contre, la proportion moyennement vulnérable au feu (entre 33 et 66 % de probabilité d'atteindre le double seuil de productivité, considérant le régime de feu actuel) est de 55 %. La présence de dépôts de sable et de gravier, qui génèrent des sols secs sur de grandes surfaces planes, pourrait expliquer cette vulnérabilité. À cela s'ajoute une certaine fragmentation des habitats denses et hauts, bien que 66 % de ce type de territoire soit considéré peu fragmenté.

Sensibilité très élevée

La sensibilité très élevée de ce type de territoire à un aménagement durable des forêts s'explique principalement par une capacité de production insuffisante et une insuffisance d'habitats denses et hauts.

Les terrains potentiellement productifs ne représentent que 19 % de la superficie. L'altitude moyenne élevée (615 m) et les effets de la haute latitude influencent à la baisse la température moyenne annuelle (-3,5 °C) et les degrés-jours de croissance (807 en moyenne), ce qui caractérise ce type de territoire. Lorsqu'on tient compte de la vulnérabilité au feu, moins de 1 % de la superficie est considérée peu vulnérable (plus de 66 % de probabilité d'atteindre le double seuil de productivité, considérant le régime de feu actuel). Le cycle de feu y est relativement court (carte 16, page 85). Les précipitations annuelles sont relativement faibles (924 mm en moyenne), dont seulement 335 mm tombent durant la saison de croissance.

L'effet des feux engendre une mosaïque forestière particulière qui se traduit par une ouverture marquée de la forêt. Les habitats denses et hauts ne comptent que pour 8 % de la superficie et les forêts peu fragmentées pour 13 %.

5.2.4 Entité territoriale 4 :

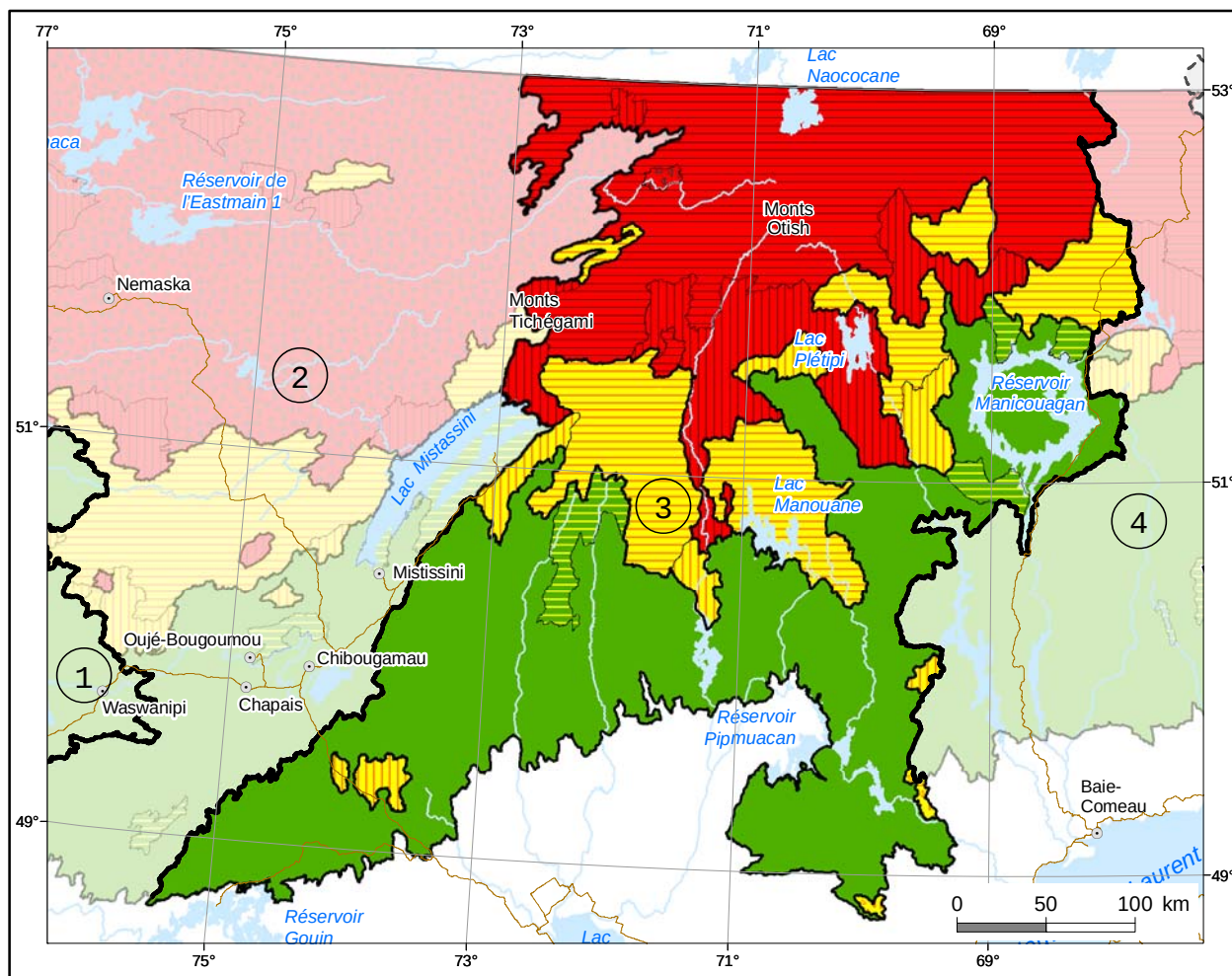
Moyenne-Côte-Nord du Saint-Laurent

• Localisation

L'entité territoriale 4 est située sur la Moyenne-Côte-Nord du Saint-Laurent (figure 16). Elle est grossièrement délimitée au nord-ouest par la longitude 68° Ouest, au sud-ouest par la longitude 69° 30' Ouest, au nord par un axe reliant le réservoir aux Outardes 4 et Sept-Îles. De là, sa frontière borde le golfe du Saint-Laurent jusqu'à Havre-Saint-Pierre pour ensuite remonter vers le nord jusqu'à la frontière de Terre-Neuve-et-Labrador. Cette entité territoriale couvre une superficie de 93 300 km², soit 19 % du territoire d'étude. Quelques communautés, dont la réserve indienne innue de Mingan, sont établies sur la côte, tandis que la ville de Fermont est située à l'extrême nord.

FIGURE 15

Entité territoriale 3 : Nord du Saguenay–Lac-Saint-Jean.



Territoire qui ne respecte pas les critères
d'aménagement durable des forêts

Territoire de sensibilité très élevée

- 1.1 - Contraintes très importantes du milieu physique
- 1.2 - Capacité de production insuffisante pour un aménagement durable des forêts
- 1.3 - Capacité de production insuffisante pour faire face au risque de feu
- 1.4 - Insuffisance d'habitats denses et hauts

Territoire qui respecte les critères
d'aménagement durable des forêts

Territoire de sensibilité moyenne à élevée

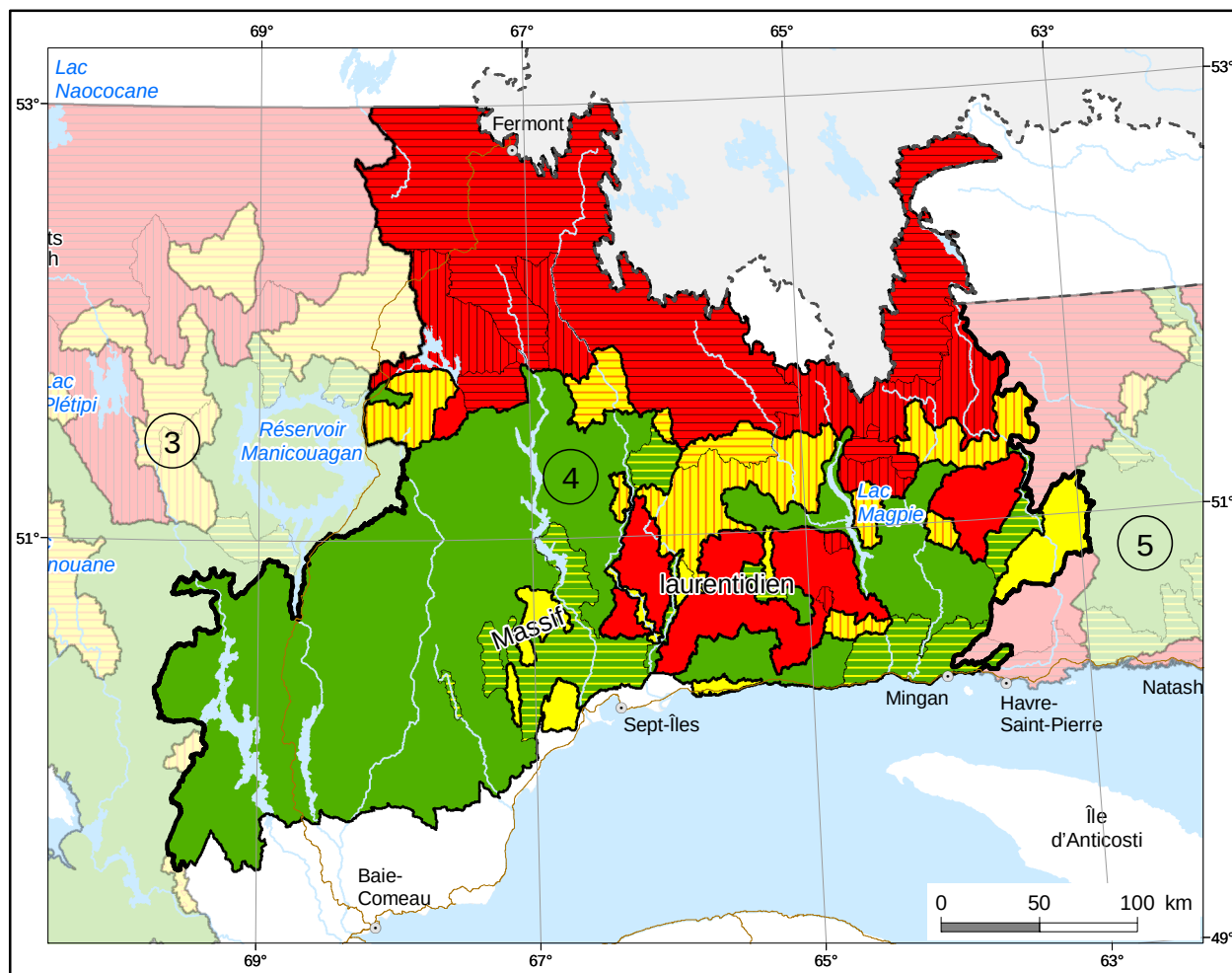
- 2.1 - Contraintes importantes du milieu physique
- 2.2 - Impact élevé des perturbations naturelles récurrentes par le feu
- 2.3 - Insuffisance d'habitats denses et hauts en raison d'une seule année de feu
- 2.4 - Habitats denses et hauts fragmentés

Territoire de sensibilité faible

- 3.1 - Quelques facteurs préoccupants pour l'aménagement durable des forêts
- 3.2 - Peu risqué pour l'aménagement durable des forêts

FIGURE 16

Entité territoriale 4 : Moyenne-Côte-Nord du Saint-Laurent.



Territoire qui ne respecte pas les critères d'aménagement durable des forêts

Territoire de sensibilité très élevée

- 1.1 - Contraintes très importantes du milieu physique
- 1.2 - Capacité de production insuffisante pour un aménagement durable des forêts
- 1.3 - Capacité de production insuffisante pour faire face au risque de feu
- 1.4 - Insuffisance d'habitats denses et hauts

Territoire qui respecte les critères d'aménagement durable des forêts

Territoire de sensibilité moyenne à élevée

- 2.1 - Contraintes importantes du milieu physique
- 2.2 - Impact élevé des perturbations naturelles récurrentes par le feu
- 2.3 - Insuffisance d'habitats denses et hauts en raison d'une seule année de feu
- 2.4 - Habitats denses et hauts fragmentés

Territoire de sensibilité faible

- 3.1 - Quelques facteurs préoccupants pour l'aménagement durable des forêts
- 3.2 - Peu risqué pour l'aménagement durable des forêts

• Transition des types de territoire

On note, au sein de l'entité territoriale 4, deux types de transition. La première, progressive du sud vers le nord, se caractérise par une fragmentation des habitats denses et hauts (dans le territoire de sensibilité moyenne à élevée). L'ouverture de la forêt sur les collines où l'altitude est relativement élevée et la présence de till mince à très mince sont des facteurs pouvant expliquer cette fragmentation.

La deuxième transition, plus abrupte, est associée à des contraintes majeures du milieu physique (pentes fortes, altitude élevée et sols minces), qui déterminent le territoire de sensibilité très élevée. Ce dernier est localisé dans les portions nord et centre-sud de l'entité territoriale 4. Ces contraintes entraînent une importante diminution de la capacité de production et une insuffisance d'habitats denses et hauts. La température moyenne annuelle y est de -3,5 à -2,5 °C et on y compte de 700 à 800 degrés-jours de croissance.

• Types de territoire de l'entité territoriale 4

Sensibilité faible

Dans ce type de territoire, 15 % de la superficie se trouve près des valeurs des indicateurs correspondant à une sensibilité moyenne à élevée. Malgré un relief relativement accidenté et la présence de till mince, les milieux physiques non contraignants comptent pour 72 % de la superficie. Plus des deux tiers de la superficie sont potentiellement productifs et peu vulnérables au feu. La forêt n'y est pas fragmentée.

Sensibilité moyenne à élevée

La sensibilité moyenne à élevée à l'aménagement durable des forêts s'explique, ici, principalement par la présence d'habitats denses et hauts fragmentés sur 28 % de la superficie. Cette sensibilité découle probablement de la présence de contraintes du milieu physique et de la proportion des terrains potentiellement productifs peu vulnérables au feu (30 % de la superficie). L'altitude élevée en certains endroits (jusqu'à 900 m pour une moyenne de 557 m) fait chuter abruptement la température moyenne annuelle (jusqu'à -2 °C)

et les degrés-jours de croissance (jusqu'à 810 degrés-jours). La présence de sols minces et de pentes fortes s'ajoutent à ces facteurs contraignants.

Sensibilité très élevée

La sensibilité très élevée s'explique, ici, principalement par une capacité de production insuffisante.

Une partie de ce type de territoire se trouve dans la portion sud de l'entité territoriale 4, dans une enclave localisée au nord-est de Sept-Îles. Ce type de territoire se situe au sein du type de territoire de sensibilité faible, une situation qui s'explique par la présence de massifs où l'altitude est élevée et le relief prononcé, et où les sols minces prédominent. La transition est abrupte et marquée par la combinaison des contraintes du milieu physique (seulement 30 % de milieux non contraignants) et des reliefs de monts, ce qui entraîne une dégradation importante de la capacité de production (26 % de milieux productifs).

La majeure partie du type de territoire de sensibilité très élevée se situe au-delà de la latitude 51° 30' Nord. Le principal facteur considéré est celui de la productivité potentielle (seulement 17 % du territoire est jugé productif). La faible capacité de production coïncide avec un faible nombre de degrés-jours de croissance (754 en moyenne). Le second facteur en importance est la faible proportion d'habitats denses et hauts (17 % de la superficie). De plus, les habitats peu fragmentés ne comptent que pour 32 % du territoire. Bien que le cycle de feu y soit intermédiaire (234 ans), les terrains potentiellement productifs peu vulnérables au feu (plus de 66 % de probabilité d'atteindre le double seuil de productivité, considérant le régime de feu actuel) ne représentent que 5 % de la superficie.

5.2.5 Entité territoriale 5 : Basse-Côte-Nord du Saint-Laurent

• Localisation

L'entité territoriale 5 correspond à la totalité du territoire situé à l'est de Havre-Saint-Pierre (figure 17). Elle est bordée au nord par la latitude

52° Nord et au sud par le golfe du Saint-Laurent. Elle couvre une superficie de 71 200 km², soit 15 % du territoire d'étude. Plusieurs municipalités sont établies le long de la côte, dont Havre-Saint-Pierre, Natashquan et Blanc-Sablon, de même que trois établissements innus, soit Natashquan, La Romaine et Pakuashipi.

• Transition des types de territoire

L'entité territoriale 5 se caractérise par des transitions abruptes qui se produisent soit vers le sud, soit vers le nord, à partir d'un secteur central, de sensibilité faible, au sein duquel on trouve des portions du type de territoire de sensibilité moyenne à élevée.

Du centre vers le sud, la transition abrupte est marquée par des contraintes majeures du milieu physique, localisées au sud du territoire de sensibilité faible. Ces contraintes entraînent une dégradation majeure de la capacité de production de même qu'une insuffisance d'habitats denses et hauts.

Du centre vers le nord, la transition abrupte résulte d'une trop faible capacité de production au nord pour soutenir un aménagement durable (représentant 13 % de la superficie de ce type de territoire) et, dans une moindre mesure, d'une incapacité de faire face au risque de feu. La faible capacité de production coïncide avec une baisse importante des degrés-jours de croissance et une augmentation de l'altitude moyenne (493 m). Cette capacité de production insuffisante entraîne une ouverture des peuplements et, conséquemment, une insuffisance d'habitats denses et hauts.

• Types de territoire de l'entité territoriale 5

Sensibilité faible

Une proportion appréciable de ce type de territoire, soit 22 %, se trouve près des valeurs des indicateurs correspondant à une sensibilité moyenne à élevée. La superficie en question est entourée du type de territoire de sensibilité très élevée. Même si le milieu physique peu contraignant domine (74 %) et se caractérise par des dépôts de surface épais qui tapissent un relief de collines peu à moyennement accidenté, les terrains

potentiellement productifs ne représentent que 45 % de ce type de territoire. Malgré une température moyenne annuelle de -0,8 °C, on n'y compte que 819 degrés-jours de croissance en moyenne, ce qui dénote une influence maritime tempérant les extrêmes. L'altitude moyenne y est de 298 m.

Sensibilité moyenne à élevée

Ce type de territoire forme des îlots localisés au sein du type de territoire de sensibilité faible ou en bordure du type de territoire de sensibilité très élevée. La sensibilité moyenne à élevée s'explique principalement par la présence modérée d'habitats denses et hauts fragmentés sur 30 % de la superficie.

Sensibilité très élevée

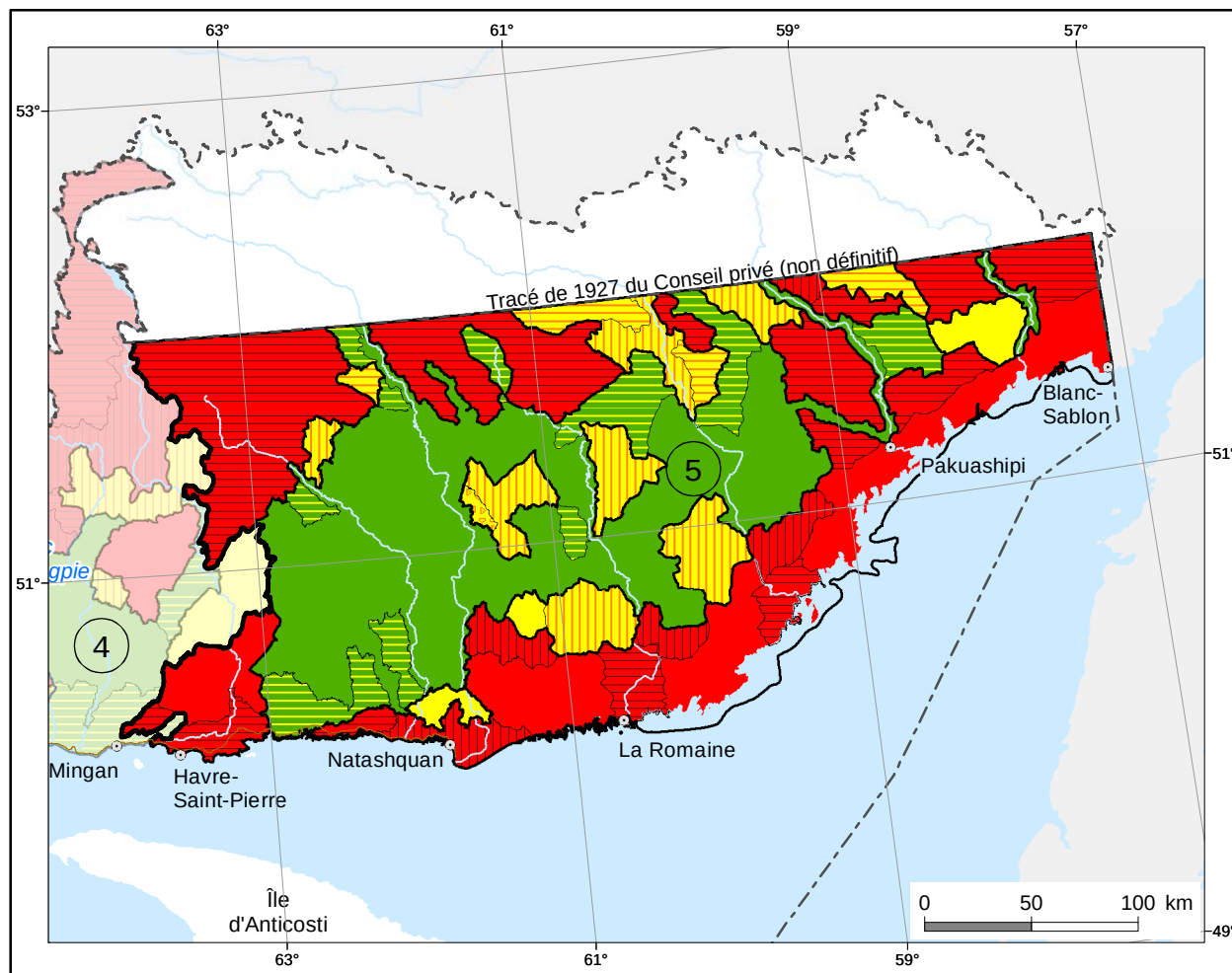
La sensibilité très élevée s'explique, ici, principalement par une capacité de production insuffisante pour un aménagement durable des forêts (sur 13 % de la superficie de ce type de territoire).

Dans la portion sud de l'entité territoriale 5, les milieux physiques non contraignants comptent pour 22 % de la superficie. L'absence de dépôts sur le roc et l'abondance de tills très minces caractérisent ce territoire moyennement accidenté. Une trop faible capacité de production pour faire face au risque de feu et une insuffisance d'habitats denses et hauts s'ajoutent aux contraintes du milieu physique. Les terrains forestiers potentiellement productifs et peu vulnérables au feu représentent 13 % de la superficie.

Dans la portion nord de l'entité territoriale 5, la capacité de production est insuffisante pour permettre un aménagement durable des forêts. Les terrains potentiellement productifs ne représentent que 13 % de la superficie et les habitats denses et hauts, 43 %. Cette faible capacité de production ne résulte pas de contraintes du milieu physique très importantes, car 72 % de la superficie est peu contraignante. On n'y compte que 735 degrés-jours de croissance en moyenne, soit le plus faible nombre de l'ensemble du territoire d'étude.

FIGURE 17

Entité territoriale 5 : Basse-Côte-Nord du Saint-Laurent.



Territoire qui ne respecte pas les critères d'aménagement durable des forêts

Territoire de sensibilité très élevée

- 1.1 - Contraintes très importantes du milieu physique
- 1.2 - Capacité de production insuffisante pour un aménagement durable des forêts
- 1.3 - Capacité de production insuffisante pour faire face au risque de feu
- 1.4 - Insuffisance d'habitats denses et hauts

Territoire qui respecte les critères d'aménagement durable des forêts

Territoire de sensibilité moyenne à élevée

- 2.1 - Contraintes importantes du milieu physique
- 2.2 - Impact élevé des perturbations naturelles récurrentes par le feu
- 2.3 - Insuffisance d'habitats denses et hauts en raison d'une seule année de feu
- 2.4 - Habitats denses et hauts fragmentés

Territoire de sensibilité faible

- 3.1 - Quelques facteurs préoccupants pour l'aménagement durable des forêts
- 3.2 - Peu risqué pour l'aménagement durable des forêts

5.3 Comparaison sommaire avec les résultats de 2002

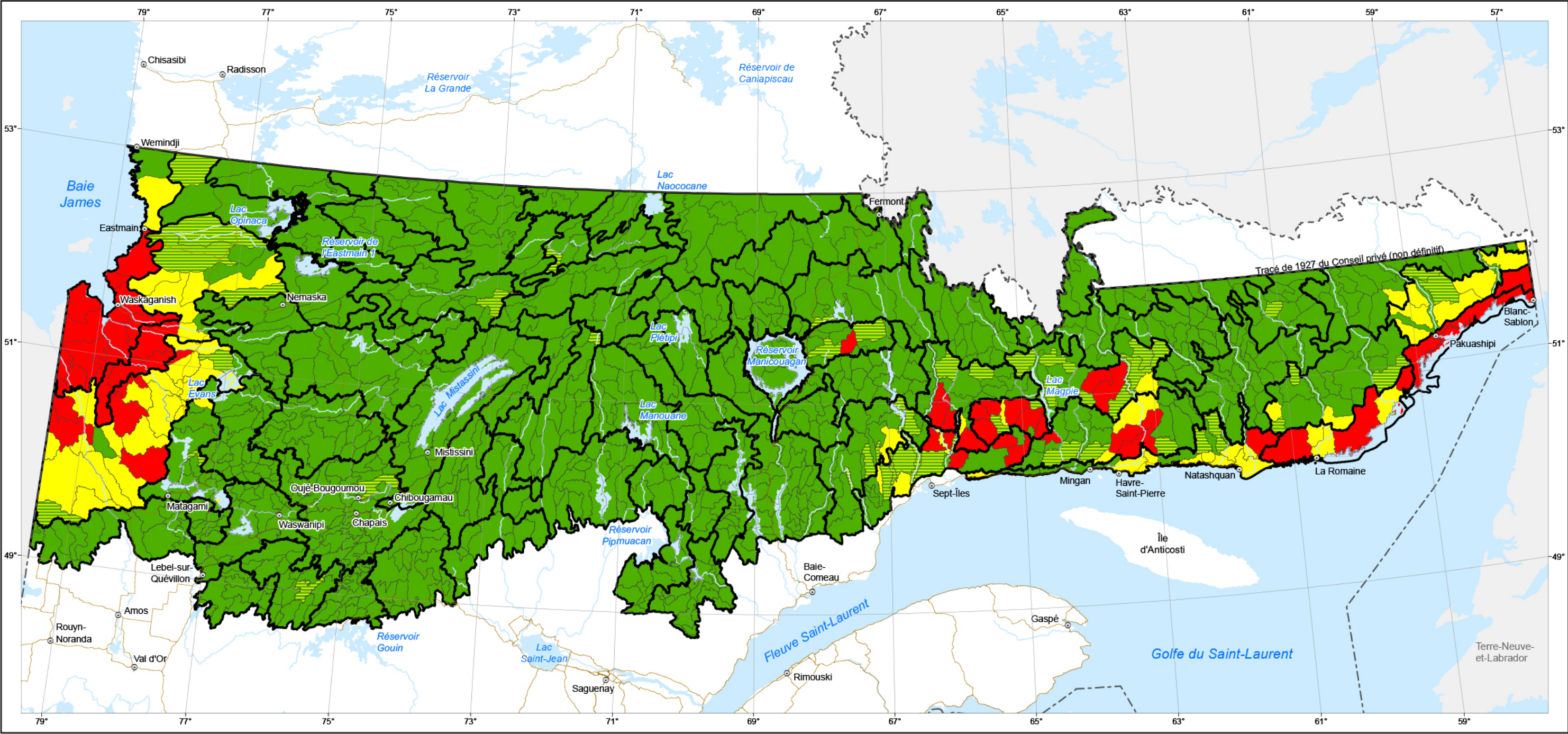
La carte 26 (page 137) illustre à la fois le tracé de la limite nordique des forêts attribuables découlant du présent travail (limites du territoire de sensibilité très élevée et du territoire aménageable) et celui adopté en 2002. Quelques tronçons de ce dernier correspondent approximativement au nouveau tracé, notamment au nord-ouest de Matagami et à l'ouest du lac Mistassini. En revanche, on note qu'à plusieurs endroits ces deux tracés ne concordent pas, parfois repoussant la nouvelle limite vers le nord, parfois vers le sud, notamment dans les secteurs situés au nord du lac Manouane, du réservoir Manicouagan et de Sept-Îles. Comme mentionné dans la description des entités territoriales de la section précédente, ces ajouts ou retraits se caractérisent par des territoires de sensibilité variable qui renseignent sur les niveaux de risque ou de contraintes à l'aménagement durable des forêts.

Par rapport au tracé de 2002, le résultat de la présente étude conduit au portrait suivant. Pour les régions administratives 2 et 10, on ajoute respectivement 3099 et 8527 km² et on soustrait 1483 et 1747 km². Pour la région 09, il n'est pas envisageable d'appliquer ce décompte pour la majeure partie de ce territoire, car il n'existait pas de limite nordique au sens du tracé adopté en 2002. Toutefois, pour le territoire de la région 09 situé à l'est de Sept-Îles, l'étude actuelle dresse un premier portrait de la sensibilité du territoire à l'aménagement durable des forêts.

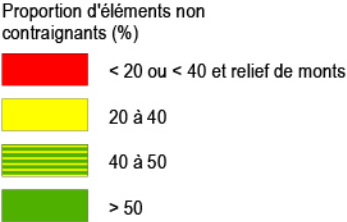


Carte 18

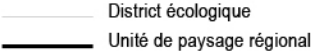
Sensibilité du territoire d'étude
aux contraintes du milieu physique



Seuil du milieu physique



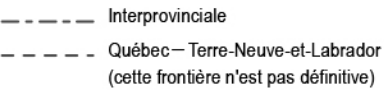
Limites



Réseau routier



Frontières



Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique	MRNF	2010
Districts écologiques et unités de paysage régional	MRNF	2009

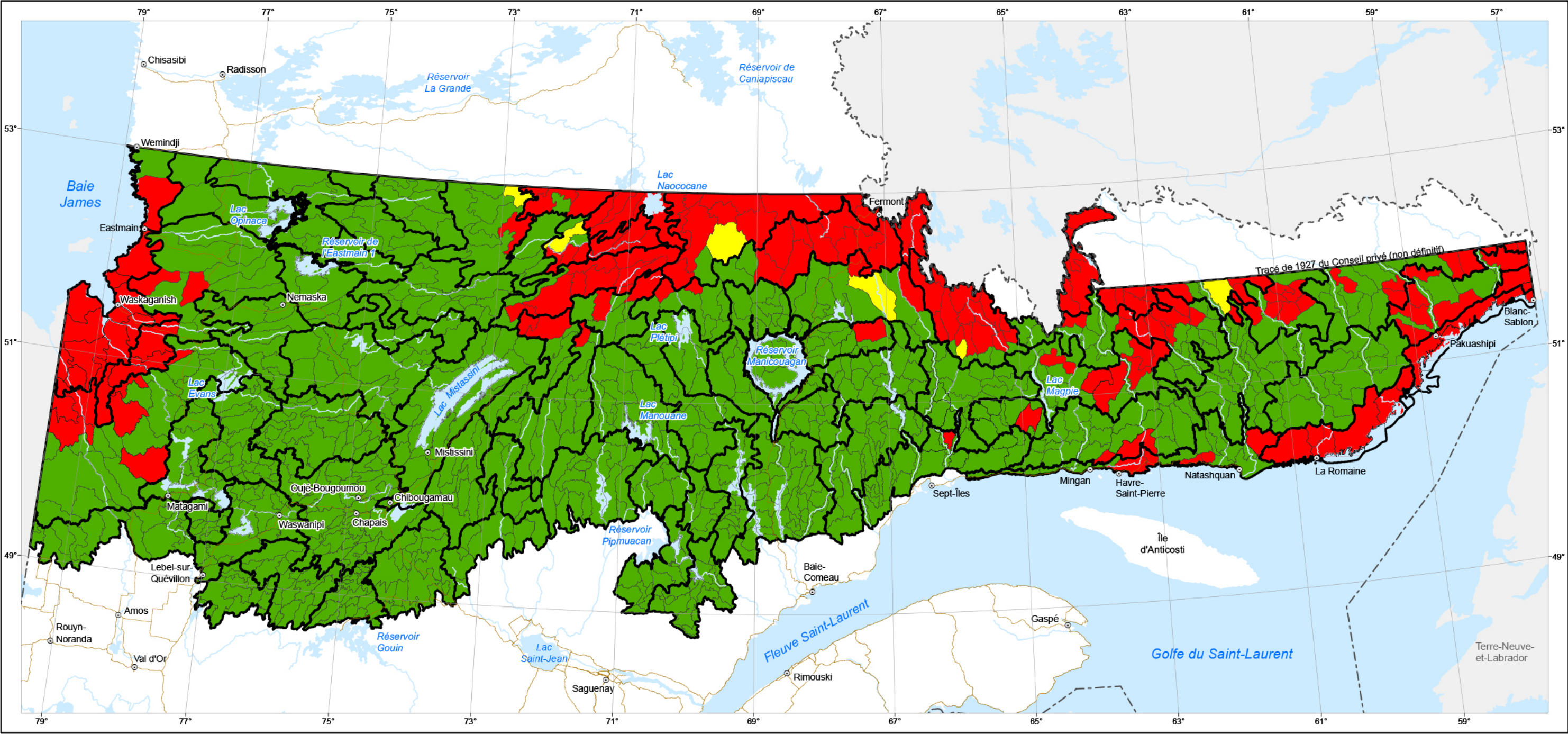
Référence

Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.



Productivité potentielle au seuil de 20 %



Productivité potentielle au seuil de 20 %

- District productif
- District potentiellement productif si reboisé
- District improductif

Limites

- District écologique
- Unité de paysage régional

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec – Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique MRNF 2010
Districts écologiques et MRNF 2009
unités de paysage régional

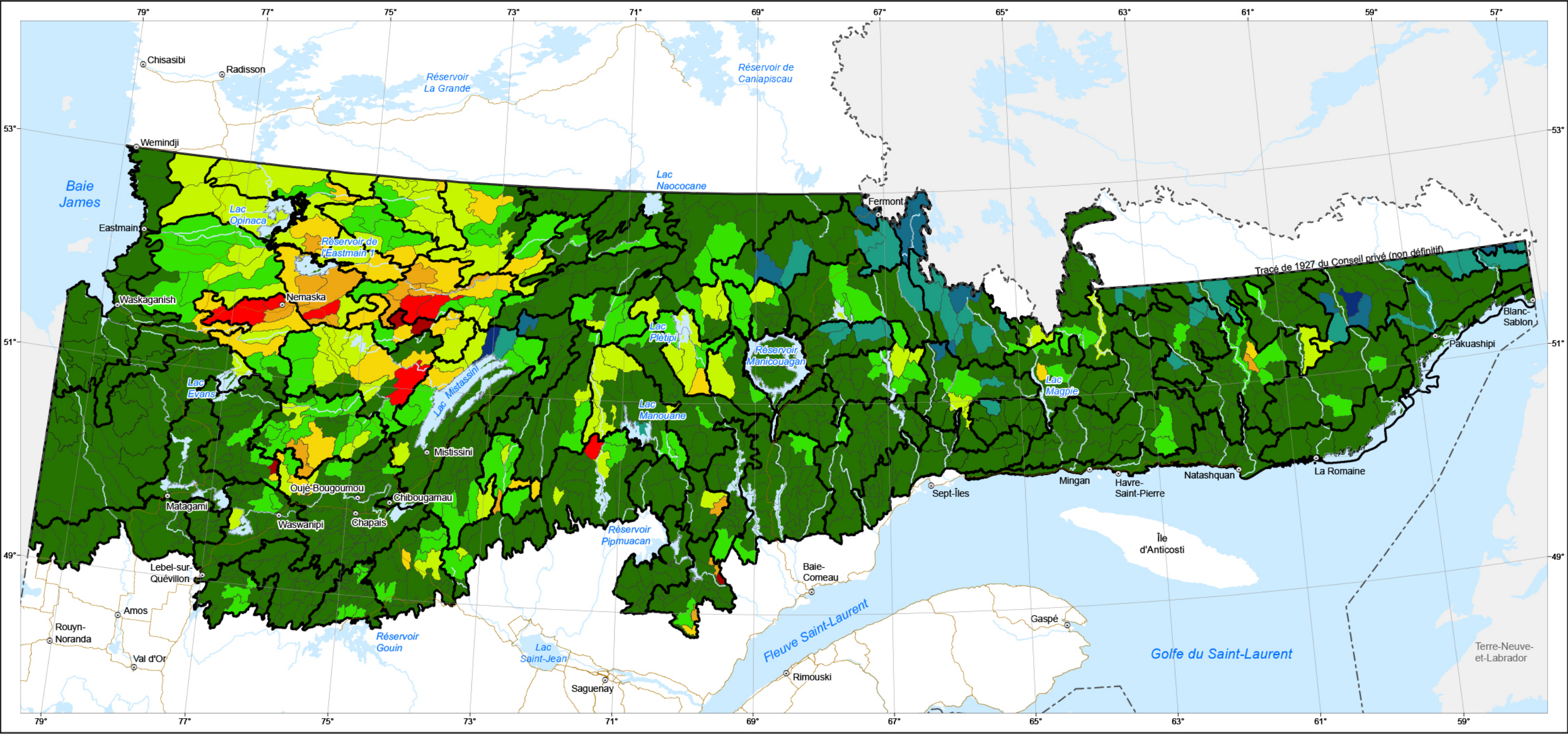
Référence

Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

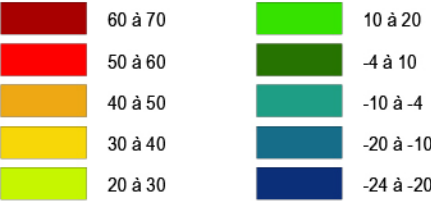
Note : Le présent document n'a aucune portée légale.



Carte 20
Écart entre les pourcentages de peuplements potentiellement
et actuellement productifs par district écologique



Écart entre les pourcentages de peuplements
potentiellement et actuellement productifs (%)



Limites

- District écologique
- Unité de paysage régional

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec—Terre-Neuve-et-Labrador
(cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
Conique de Lambert avec deux parallèles
d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

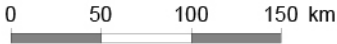
Assise cartographique MRNF 2010
Districts écologiques et
unités de paysage régional MRNF 2009

Référence

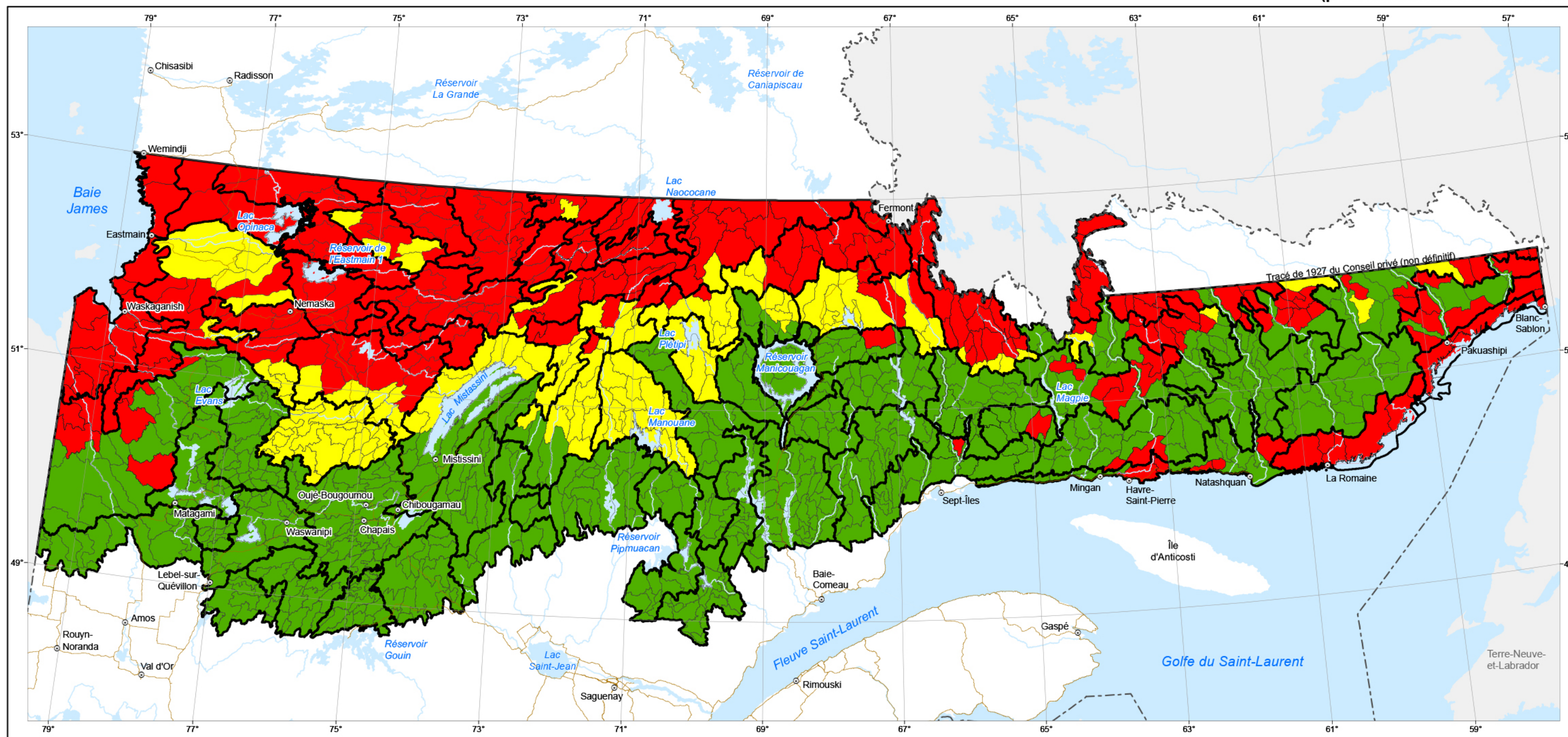
Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
la limite nordique des forêts attribuables
Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

© Gouvernement du Québec, 2013



Carte 21
Productivité potentielle face au risque de feu
(probabilité constante de brûler)



Productivité potentielle face au risque de feu

- District à capacité de production insuffisante pour faire face au risque de feu
- District à impact élevé des perturbations naturelles récurrentes par le feu
- District potentiellement productif peu vulnérable au feu

Limites

- District écologique
- Unité de paysage régional

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec—Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
 Conique de Lambert avec deux parallèles
 d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique MRNF 2010
 Districts écologiques et MRNF 2009
 unités de paysage régional

Référence

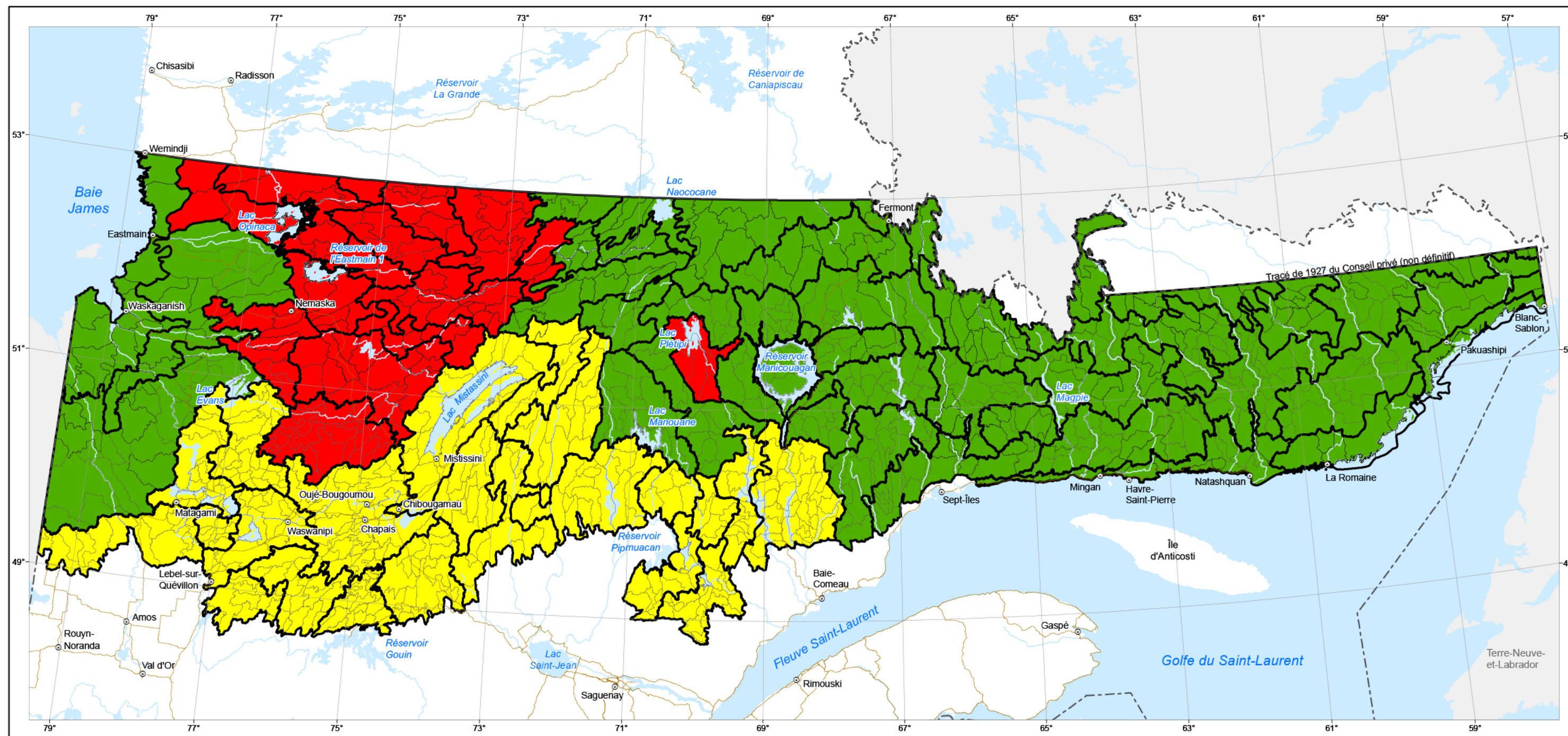
Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
 la limite nordique des forêts attribuables
 Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

© Gouvernement du Québec, 2013

0 50 100 150 km

Carte 22
État du niveau de perturbation, par district écologique,
en lien avec le maintien du caribou forestier



Indicateur du caribou forestier

- District avec une trop grande proportion d'habitats perturbés avant perturbations anthropiques
- District avec suffisamment d'habitats non perturbés avant perturbations anthropiques
- District avec suffisamment d'habitats non perturbés à l'état actuel

Limites

- District écologique
- Unité de paysage régional

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec—Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
 Conique de Lambert avec deux parallèles
 d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique MRNF 2010
 Districts écologiques et unités de paysage régional MRNF 2009

Référence

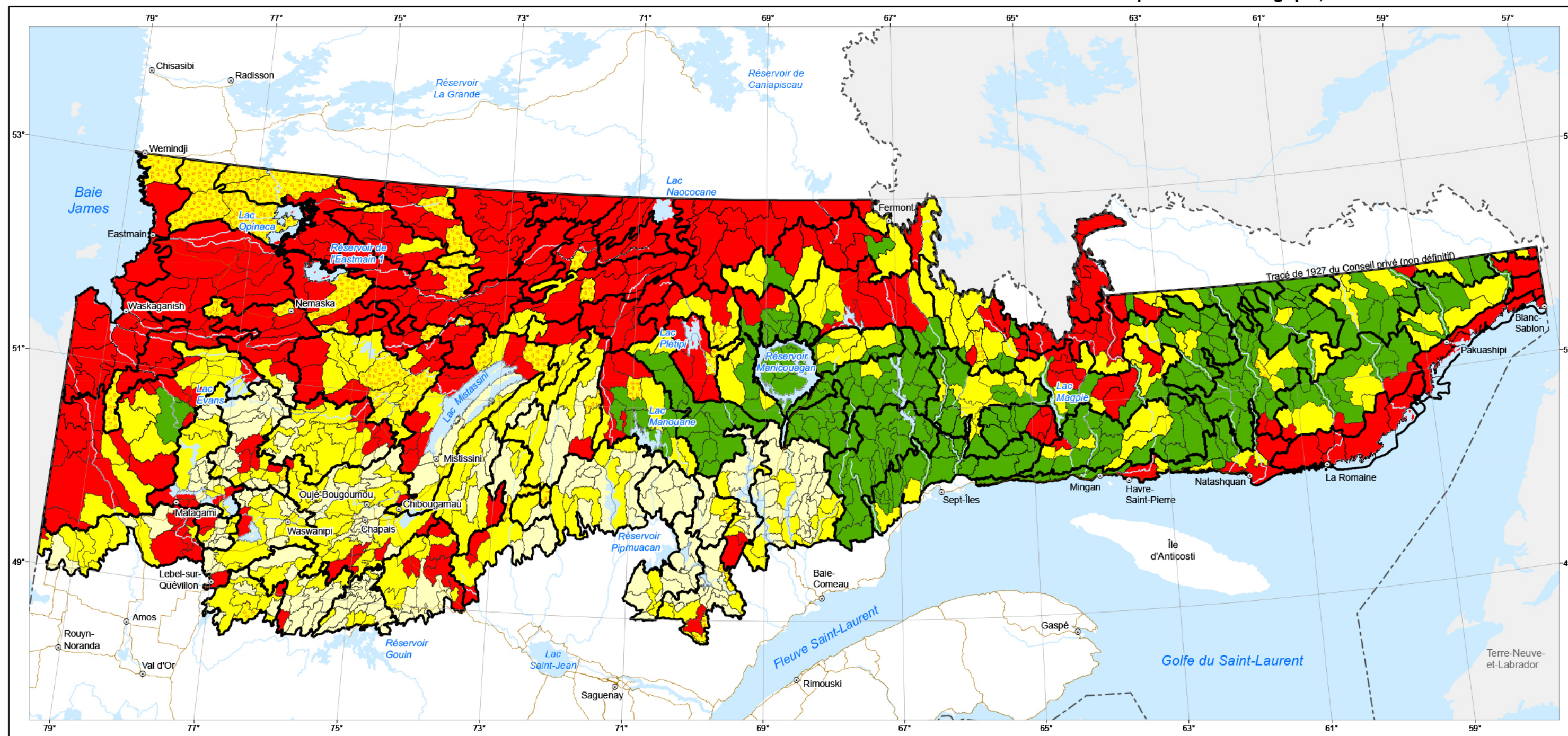
Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
 la limite nordique des forêts attribuables
 Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

© Gouvernement du Québec, 2013

0 50 100 150 km

Carte 23
Intégration des trois indicateurs du critère de biodiversité
par district écologique, territoire d'étude à l'état actuel



Résultats du critère de biodiversité

- District avec insuffisance d'habitats denses et hauts
- District avec insuffisance d'habitats denses et hauts en raison d'une seule année de feu
- District avec habitats denses et hauts fragmentés
- District avec une trop grande proportion d'habitats perturbés pour assurer le maintien du caribou forestier
- District avec suffisamment d'habitats denses et hauts et peu d'habitats perturbés

Limites

- District écologique
- Unité de paysage régional

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec—Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
 Conique de Lambert avec deux parallèles
 d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique MRNF 2010
 Districts écologiques et unités de paysage régional MRNF 2009

Référence

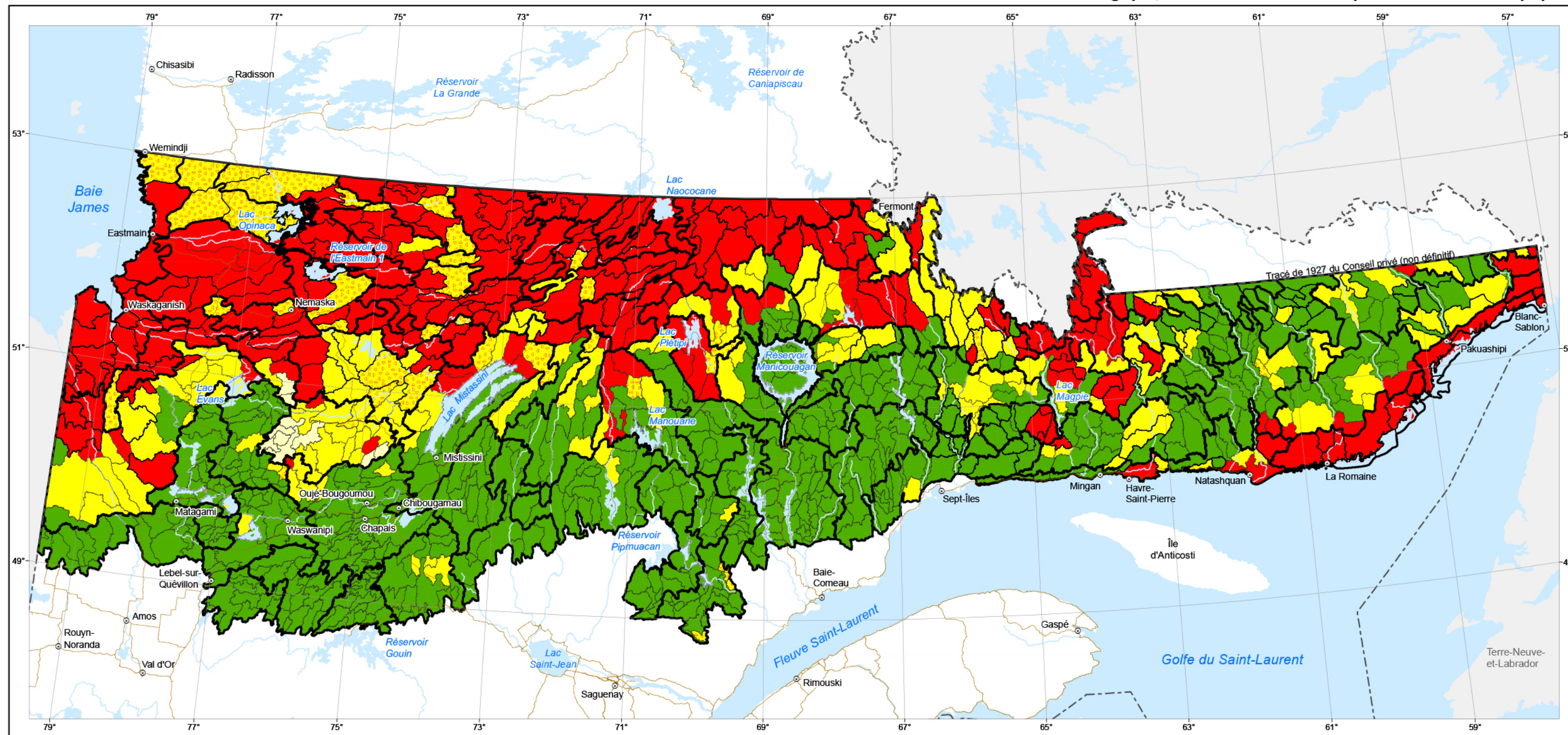
Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
 la limite nordique des forêts attribuables
 Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

© Gouvernement du Québec, 2013

0 50 100 150 km

Carte 24
Intégration des trois indicateurs du critère de biodiversité par district
écologique, territoire d'étude avant perturbations anthropiques



Résultats du critère de biodiversité

- District avec insuffisance d'habitats denses et hauts
- District avec insuffisance d'habitats denses et hauts en raison d'une seule année de feu
- District avec habitats denses et hauts fragmentés
- District avec une trop grande proportion d'habitats perturbés pour assurer le maintien du caribou forestier
- District avec suffisamment d'habitats denses et hauts et peu d'habitats perturbés

Limites

- District écologique
- Unité de paysage régional

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec—Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
 Conique de Lambert avec deux parallèles
 d'échelle conservée (46° et 60°)

Sources

Assise cartographique MRNF 2010
 Districts écologiques et unités de paysage régional MRNF 2009

Référence

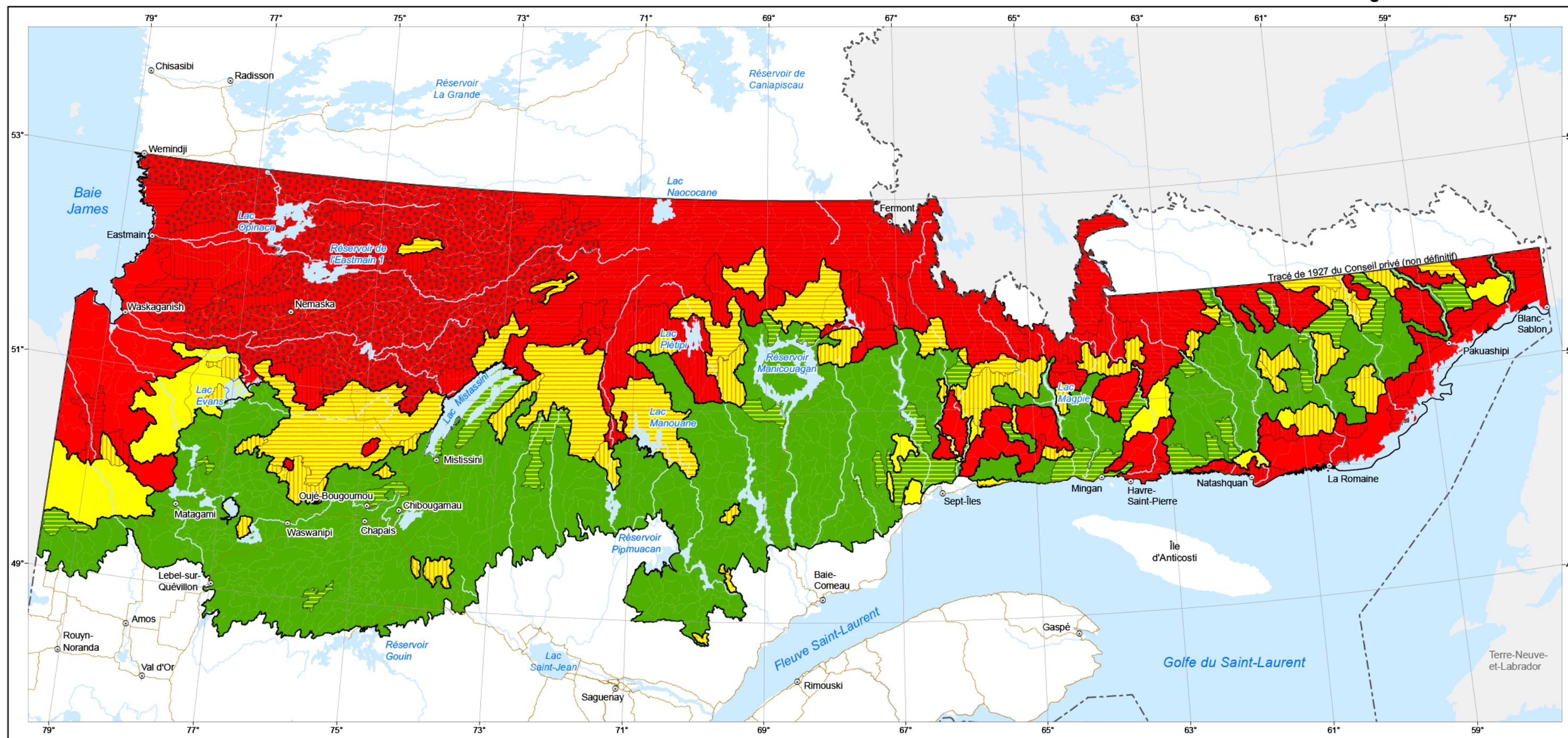
Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
 la limite nordique des forêts attribuables
 Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

© Gouvernement du Québec, 2013

0 50 100 150 km

Carte 25
Sensibilité du territoire à
l'aménagement durable des forêts



Territoire qui ne respecte pas les critères d'aménagement durable des forêts

Territoire de sensibilité très élevée

- 1.1 - Contraintes très importantes du milieu physique
- 1.2 - Capacité de production insuffisante pour un aménagement durable des forêts
- 1.3 - Capacité de production insuffisante pour faire face au risque de feu
- 1.4 - Insuffisance d'habitats denses et hauts

Territoire qui respecte les critères d'aménagement durable des forêts

Territoire de sensibilité moyenne à élevée

- 2.1 - Contraintes importantes du milieu physique
- 2.2 - Impact élevé des perturbations naturelles récurrentes par le feu
- 2.3 - Insuffisance d'habitats denses et hauts en raison d'une seule année de feu
- 2.4 - Habitats denses et hauts fragmentés

Territoire de sensibilité faible

- 3.1 - Quelques facteurs préoccupants pour l'aménagement durable des forêts
- 3.2 - Peu risqué pour l'aménagement durable des forêts

Limites

- Sous-type de territoire
- Type de territoire

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- - - Québec—Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
 Conique de Lambert avec deux parallèles
 d'échelle conservée (46° et 60°)

0 50 100 150 km

Source

Assise cartographique MRNF 2010

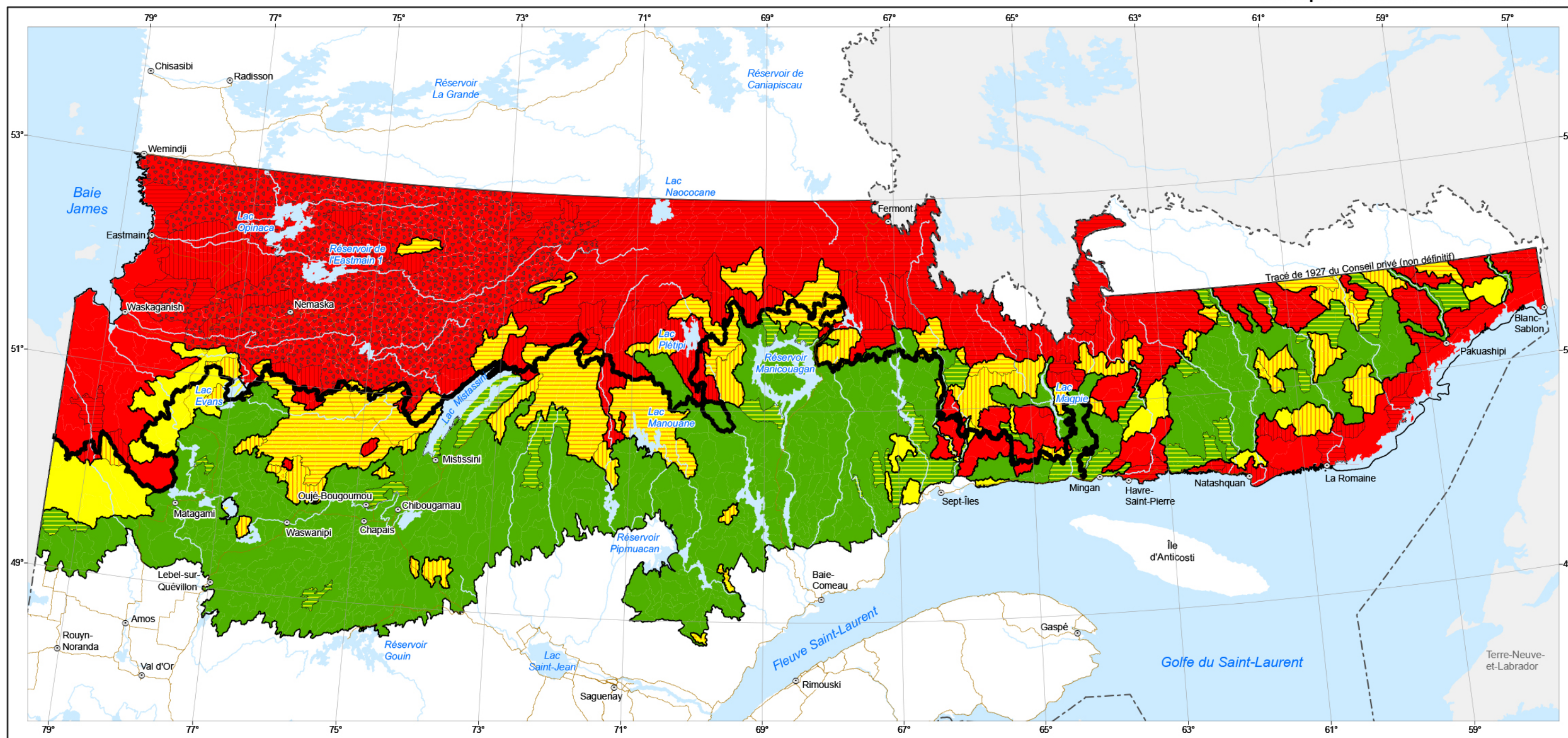
Référence

Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
 la limite nordique des forêts attribuables
 Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

© Gouvernement du Québec, 2013

Carte 26
Sensibilité du territoire à l'aménagement durable
des forêts incluant le tracé de la limite
nordique des forêts attribuables de 2002



Territoire qui ne respecte pas les critères
d'aménagement durable des forêts

Territoire de sensibilité très élevée

- 1.1 - Contraintes très importantes du milieu physique
- 1.2 - Capacité de production insuffisante pour un aménagement durable des forêts
- 1.3 - Capacité de production insuffisante pour faire face au risque de feu
- 1.4 - Insuffisance d'habitats denses et hauts

Territoire qui respecte les critères
d'aménagement durable des forêts

Territoire de sensibilité moyenne à élevée

- 2.1 - Contraintes importantes du milieu physique
- 2.2 - Impact élevé des perturbations naturelles récurrentes par le feu
- 2.3 - Insuffisance d'habitats denses et hauts en raison d'une seule année de feu
- 2.4 - Habitats denses et hauts fragmentés

Territoire de sensibilité faible

- 3.1 - Quelques facteurs préoccupants pour l'aménagement durable des forêts
- 3.2 - Peu risqué pour l'aménagement durable des forêts

Limites

- Sous-type de territoire
- Type de territoire
- Limite nordique des forêts attribuables de 2002

Réseau routier

- Route principale

Frontières

- Interprovinciale
- Québec – Terre-Neuve-et-Labrador (cette frontière n'est pas définitive)

Métadonnée

Projection cartographique :
 Conique de Lambert avec deux parallèles
 d'échelle conservée (46° et 60°)

0 50 100 150 km

Source

Assise cartographique MRNF 2010

Référence

Rapport du comité scientifique chargé d'examiner
 la limite nordique des forêts attribuables
 Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

© Gouvernement du Québec, 2013



Recommandations

Les analyses que le comité a réalisées sur quelque 482 000 km², soit le territoire de la pessière à mousses et la partie sud de celui de la pessière à lichens, ont permis de qualifier 1114 districts écologiques suivant quatre critères biophysiques d'aménagement durable des forêts. Comme nous l'avons constaté aux sections précédentes, le résultat de ce travail se traduit par le découpage du territoire en trois grandes catégories : les districts propres à un aménagement durable des forêts; les districts propres à un tel aménagement, mais sous certaines réserves; et les districts qui ne satisfont pas à l'un ou l'autre des critères d'aménagement durable des forêts.

Le comité a jugé nécessaire de formuler quelques recommandations qui permettront de mieux tenir compte du résultat obtenu, en fonction des quatre critères analysés. Ainsi, on retrouvera des recommandations formulées spécifiquement pour chacune des trois catégories de territoire et d'autres qui interpellent davantage des considérations générales de gestion.

Recommandation 1

Le comité recommande de modifier le tracé de la limite nordique des forêts attribuables afin d'exclure des unités d'aménagement forestier les territoires de sensibilité très élevée pour lesquels un aménagement durable des forêts n'est pas envisageable.

Recommandation 1.1

Dans les territoires de sensibilité très élevée, le comité recommande qu'aucune garantie de récolte ne soit accordée. Toutefois, des travaux d'aménagement forestier seraient possibles à

condition que leur mise en œuvre et leurs résultats atténuent la sensibilité actuelle.

Recommandation 1.2

Dans les territoires de sensibilité très élevée, seuls les besoins ponctuels en matière ligneuse des communautés locales pourraient être permis, après une évaluation d'informations écoforestières additionnelles.

Recommandation 2

Dans les territoires de sensibilité moyenne à élevée, le comité recommande la mise en œuvre de stratégies d'aménagement qui permettent d'en diminuer la sensibilité.

Recommandation 2.1

Dans les territoires de sensibilité moyenne à élevée, où l'on observe un impact élevé des perturbations récurrentes par le feu, le comité recommande la mise en œuvre de stratégies d'aménagement qui intègrent ces risques.

La recommandation 2.1 s'applique particulièrement aux territoires de sensibilité moyenne à élevée de l'entité territoriale 2, dans laquelle la capacité de production des peuplements est bonne, mais où le cycle de feu est trop court pour permettre à une proportion suffisante de peuplements d'atteindre la maturité.

La recommandation 2.1 s'applique aussi aux territoires de sensibilité moyenne à élevée de l'entité territoriale 3, mais, dans ce cas, la croissance est déjà relativement faible et l'ajout du risque de feu entraîne un risque global élevé, bien que le cycle de feu soit assez long.

Recommandation 2.2

Dans les territoires de sensibilité moyenne à élevée, où l'on observe des habitats denses et hauts fragmentés, le comité recommande la mise en oeuvre de stratégies d'aménagement qui permettraient d'augmenter à terme la proportion de forêts denses et hautes non fragmentées.

La recommandation 2.2 s'applique particulièrement aux territoires de sensibilité moyenne à élevée de l'entité territoriale 2, dans laquelle la fragmentation est déjà très élevée en raison de la récurrence des feux. La planification des interventions doit donc tenir compte du risque que les peuplements n'atteignent pas les conditions recherchées pour le maintien de la biodiversité. Une attention particulière devrait être portée aux stations les plus productives et les moins susceptibles au feu afin d'y reconstituer des habitats denses et hauts qui permettraient de diminuer le degré de fragmentation.

Pour les territoires de sensibilité moyenne à élevée de l'entité territoriale 1, la recommandation 2.2 s'applique aussi, mais l'insuffisance d'habitats denses et hauts est surtout causée par les contraintes importantes du milieu physique, ce qui pourrait rendre difficile la restauration des forêts denses et hautes.

Favoriser la remise en production des forêts de faible densité, là où les conditions de station le permettent, afin de réduire le niveau de fragmentation, tout en portant une attention particulière au maintien de landes à lichens à l'échelle du paysage, notamment pour le caribou forestier.

Recommandation 3

Dans les territoires de sensibilité faible, tenir compte, à l'échelle du district, des facteurs de risque pour les cas où ceux-ci s'approchent des seuils qui déterminent le passage d'un niveau de sensibilité faible à un niveau de sensibilité plus élevée, notamment pour des enjeux propres à une fragmentation d'habitats.

Cette recommandation s'applique dans plusieurs portions de territoire actuellement sous aménagement de l'entité territoriale 1, en raison des conditions du milieu physique.

Cette recommandation s'applique aussi aux territoires de sensibilité faible de l'entité territoriale 2, mais, dans ce cas, ce sont les risques de feu qui en sont la cause.

Cette recommandation s'applique particulièrement aux territoires de sensibilité faible des entités territoriales 3 et 4 localisés à la marge des territoires de sensibilité plus élevée dans lesquels la fragmentation est déjà forte en raison des conditions du milieu physique ou encore d'une faible capacité de production. La planification des interventions doit donc viser à augmenter la proportion d'habitats denses et hauts non fragmentés.

Recommandation 4

Pour les territoires qui s'ajouteraient aux unités d'aménagement forestier existantes suite à la réévaluation de la limite nordique par le comité, ce dernier recommande de réaliser une cartographie détaillée et un inventaire d'aménagement afin de soutenir une évaluation de la possibilité forestière et permettre la planification forestière sur des bases équivalentes à celles des unités d'aménagement forestier actuelles.

Recommandation 4.1

Pour les territoires qui s'ajouteraient aux unités d'aménagement forestier existantes, le comité recommande que la stratégie d'aménagement impose des contraintes de répartition territoriale des activités forestières sur l'ensemble de ces territoires.

Recommandation 4.2

Dans les cas où les nouveaux territoires aménageables sont utilisés par des hardes de caribous forestiers, le comité recommande qu'une analyse soit réalisée pour démontrer la capacité de celles-ci à soutenir des activités d'aménagement forestier sans risquer de causer leur déclin et de compromettre leur viabilité à long terme.

Recommandation 5

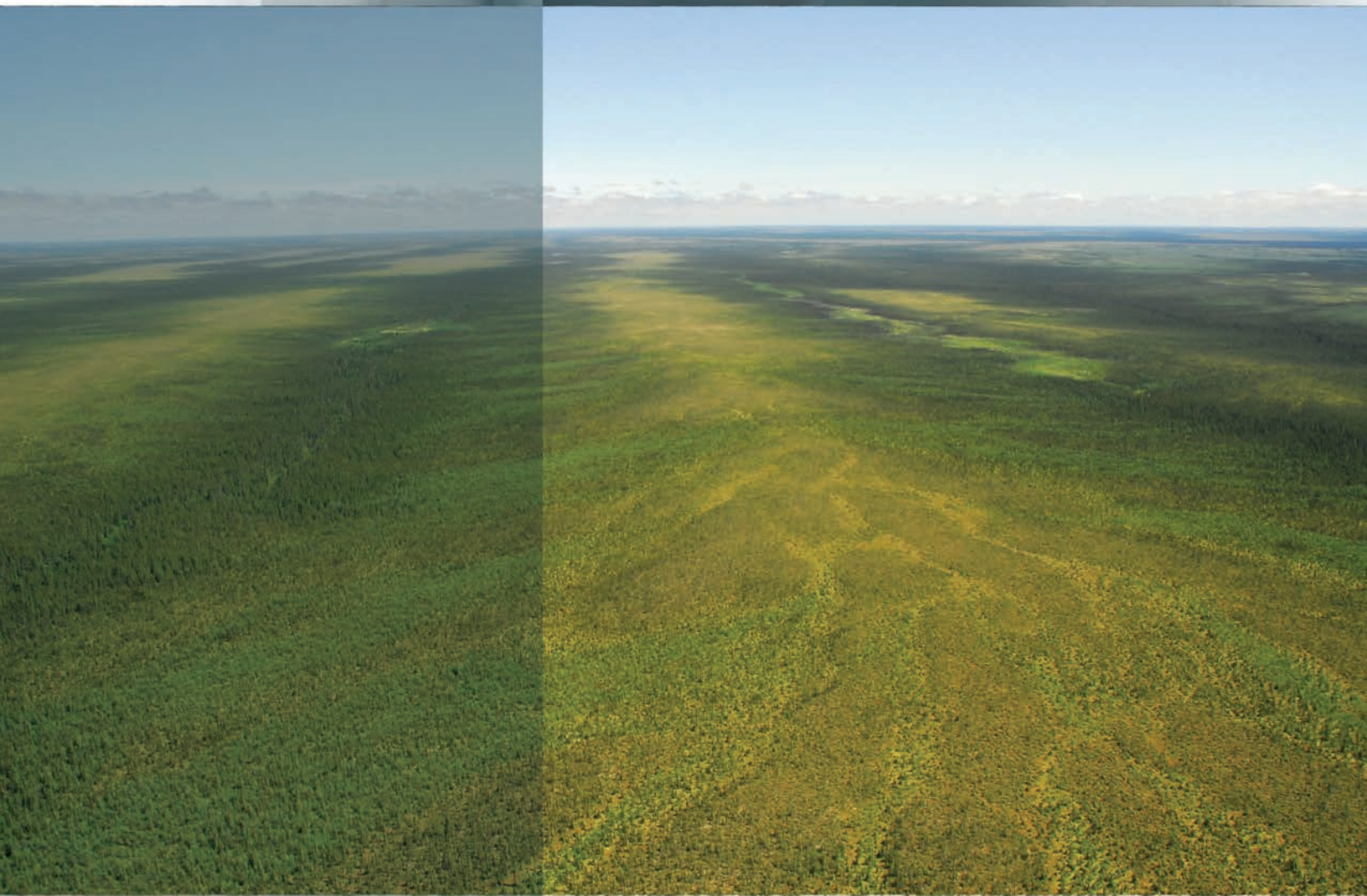
Le comité recommande de réévaluer la sensibilité des territoires à l'aménagement forestier lorsque des résultats de recherche, notamment sur l'effet des changements climatiques, démontreront des modifications significatives de la capacité de production des forêts, du cycle de feu ou de la biodiversité.

Recommandation 5.1

Pour évaluer les effets des changements climatiques sur la forêt boréale nordique, les placettes réalisées dans le cadre du programme d'inventaire écoforestier nordique (PIEN) devraient s'ajouter à celui de l'inventaire écoforestier du Québec et être remesurées périodiquement (par exemple, entre 10 et 15 ans).

Recommandation 5.2

Le comité recommande d'encourager des initiatives de recherche sur la forêt boréale nordique afin de mieux documenter et comprendre sa dynamique naturelle.





Conclusion

Les travaux du comité scientifique ont permis d'acquérir une somme impressionnante de nouvelles informations écologiques en forêt boréale nordique. Dès le début de ses travaux, le comité a élaboré un plan d'acquisition de connaissances étalé sur cinq ans, dans le but de documenter une vaste portion de cette forêt. Ces informations ont été acquises grâce à l'interprétation d'images satellite et de photographies aériennes, qui a permis de préciser l'état d'un grand nombre de variables propres au milieu physique et à la forêt, ainsi que de produire une cartographie fiable qui a servi comme première base de travail au comité. De plus, un plan d'acquisition de connaissances sur le terrain s'est concrétisé par une prise de mesures écologiques et dendrométriques. Comme il importait de procéder à une analyse globale, à l'échelle du territoire d'étude, les informations forestières dont disposait le Ministère au sud de la limite nordique de 2002, ont aussi été utilisées.

Le comité a élaboré une structure d'analyse de cet ensemble d'informations, fondée sur des critères biophysiques de l'aménagement durable des forêts. Cette structure d'analyse repose sur l'unité de territoire représentée par le district écologique, qui constitue une échelle d'analyse équilibrée selon les informations disponibles. À chaque critère sont associés des indicateurs et seuils de passage et de sensibilité qui permettent de qualifier chaque district. Le résultat de cette qualification a conduit à délimiter de grands ensembles homogènes et à formuler un certain nombre de recommandations relatives au tracé de la limite nordique au-delà de laquelle un aménagement forestier n'est pas considéré respecter un ou plusieurs critères d'aménagement durable des forêts.

Dans le respect d'une démarche scientifique, le comité a soumis son programme d'acquisition de connaissances et sa structure d'analyse, incluant les critères, indicateurs et seuils retenus, à la critique par des pairs indépendants de ses travaux. Cette requête a permis au comité de valider des éléments de sa démarche et d'en enrichir d'autres, de sorte qu'au terme de ce processus, le comité est davantage rassuré de la qualité de ses analyses et des informations qui en découlent.

Il demeure néanmoins qu'une part importante des analyses ont été réalisées à partir d'une base d'informations en provenance d'un inventaire qui, par définition, comporte des sources d'erreur et d'incertitude, tout comme les prédictions des modèles de croissance utilisés ou encore les approximations de taux de brûlage. Ces sources d'erreur sont inévitables dans ce genre de travail. Le comité a cherché à en tenir compte le mieux possible, notamment par des analyses de sensibilité qui n'ont révélé que peu ou pas de bruit attribuable à des variations imposées de seuils. Plus particulièrement, l'échelle spatiale d'analyse a été adaptée afin de fournir des estimations suffisamment précises. Aussi, le lecteur est invité à consulter l'annexe 6 qui précise la démarche méthodologique d'estimation de la productivité à l'échelle du district, basée sur une distribution de fréquence de pourcentages de peuplements potentiellement productifs, et les précautions qui ont été prises afin de se prémunir contre le risque d'erreur associé à l'estimation des peuplements productifs par district et à la vulnérabilité face au risque de feu.

À la lecture de ce rapport, on comprendra que le résultat des analyses repose sur un ensemble complexe et interdépendant de variables explica-

tives de la productivité forestière et des habitats que constitue la forêt. Des variables propres au milieu physique, au climat, à la fertilité des sols, à l'autécologie des espèces, à la composition forestière, à sa dynamique et aux perturbations naturelles interagissent ensemble et expliquent une part importante de la variabilité observée des écosystèmes forestiers nordiques; c'est à ce niveau d'intégration qu'ont porté les travaux du comité pour qualifier chacun des districts à l'étude. Le comité est d'avis que ce devrait aussi être à ce niveau qu'un éventuel réexamen devrait être fait, afin d'éviter d'isoler une variable explicative donnée d'un ensemble cohérent. Par exemple, les changements climatiques sont susceptibles d'affecter plusieurs variables explicatives de la qualification des districts pour un aménagement durable des forêts, mais dont l'issue demeure incertaine, que ce soit au chapitre de la composition forestière et de ses répercussions sur les régimes de feu (Terrier et al., 2012), de la croissance (Houle et al., 2012) ou encore de la mortalité (Anderegg et al., 2012).

Les résultats des analyses réalisées à l'échelle du territoire d'étude font clairement ressortir que des transitions progressives ou abruptes du potentiel d'aménagement durable des forêts surviennent, le plus souvent, du sud vers le nord. Ces transitions font en sorte, qu'à l'échelle du paysage, un ou plusieurs indicateurs n'atteignent pas les seuils de passage. Ce phénomène rend bien compte de la diversité et de la complexité des milieux et des écosystèmes, sachant qu'à l'échelle du territoire d'étude, une grande diversité de combinaisons de critères expliquent cette transition.

Le nouveau tracé proposé parfois soustrait, parfois ajoute, des portions de territoire à l'aménagement durable des forêts, comparativement au tracé de la limite nordique adopté en 2002. La région de la Basse-Côte-Nord est maintenant entièrement qualifiée sur la base des critères d'aménagement durable des forêts retenus par le comité, de sorte que des opportunités d'aménagement, précédemment méconnues, s'y retrouvent. Les régions du lac Evans et de l'ouest du lac

Mistassini présentent aussi quelques ajouts, mais il importe là de considérer que les districts ajoutés demeurent de sensibilité moyenne à élevée à l'aménagement durable des forêts. Lorsque l'on considère globalement l'empreinte des perturbations anthropiques sur ce territoire, les travaux du comité font clairement ressortir que l'habitat du caribou forestier y est fortement perturbé à l'échelle de l'unité de paysage, de sorte que l'aménagement qui serait réalisé par l'ajout de nouveaux districts aura à considérer cette dimension, comme le souligne d'ailleurs un récent rapport d'analyse des conditions démographiques et comportementales du caribou forestier dans ce territoire (Rudolph et al., 2012).

En plus de proposer un zonage de la sensibilité du territoire à l'aménagement durable des forêts qui permet de définir une nouvelle limite nordique, les travaux du comité ont permis d'acquérir de nouvelles connaissances, tant sur le milieu que sur l'écologie de la forêt boréale nordique du Québec. Les connaissances de base nouvellement acquises viennent enrichir un actif de connaissances sur la forêt boréale déjà important et diversifié. Mais plus important, les travaux du comité ont permis une mise en commun d'expertises qui s'est traduite concrètement par une approche originale d'analyse qui intègre plusieurs disciplines complémentaires. Par exemple, la validation des informations cartographiques obtenues par l'interprétation d'images satellite a nécessité le développement d'une approche de validation scientifiquement fondée. L'intégration de la productivité aux risques de perte par le feu présente une compréhension plus juste de la capacité des stations à maintenir un peuplement jusqu'à sa maturité. Les enjeux de la biodiversité ont été aussi intégrés au processus d'analyse, ce qui fait en sorte que nous disposons de ce niveau de connaissances pour rendre compte du potentiel d'aménagement durable des forêts. À cela s'ajoute une compréhension grandement enrichie de la dynamique de la forêt boréale nordique, de sa diversité et de la complexité des écosystèmes qui la composent.



Références

- Anderegg, W.R.L., J.F. Kane et L.D.L. Anderegg, 2012. Consequences of widespread tree mortality triggered by drought and temperature stress. *Nat. Clim. Chang.*, doi: 10.1038/nclimate1635.
- Andrén, H., 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos* 71 : 355-366.
- Avers, P.E., D.T. Cleland, W.H. McNab, M.E. Jensen, R.G. Bailey, T. King, C.B. Goudey et W.E. Russell, 1993. National hierarchical framework of ecological units. ECOMAP, USDA Forest Service, Washington, D.C. 20 p.
- Berger, J.-P., J. Joncas, P. Morin, C. Morneau, Y. Philibert et P. Racine, 2008. Normes d'inventaire écodendrométrique nordique. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers. 251 p.
- Blouin, J. et J.-P. Berger, 2004. Guide de reconnaissance des types écologiques des régions écologiques 6c – Plaine du lac Opémisca, 6d – Coteaux du lac Assinica, 6e – Coteaux de la rivière Nestaocano, 6f – Coteaux du lac Mistassini et 6g – Coteaux du lac Manouane. Ministère des Ressources naturelles, de la Faune et des Parcs, Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers, Division de la classification écologique et productivité des stations. 188 p.
- Blouin, J. et J.-P. Berger, 2005. Guide de reconnaissance des types écologiques de la région écologique 6a - Plaine du lac Matagami et 6b - Plaine de la baie de Rupert, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction des inventaires forestiers, Division de la classification écologique et productivité des stations, 210 p.
- Boucher, Y., M. Bouchard, P. Grondin et P. Tardif, 2011. Le registre des états de référence : intégration des connaissances sur la structure, la composition et la dynamique des paysages forestiers naturels du Québec méridional. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de la recherche forestière, Mémoire de recherche forestière n° 161. 40 p.
- Drapeau, P. et L. Imbeau, 2006. Conséquences et risques potentiels inhérents à la récolte des forêts résiduelles laissées depuis 1988 au sein des grands parterres de coupe pour la faune associée aux forêts matures. Avis scientifique. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'aménagement de la faune, Bureau régional Abitibi-Témiscamingue. 35 p.
- Environnement Canada, 2011. Scientific assessment to inform the identification of critical habitat for woodland caribou (*Rangifer tarandus caribou*), boreal population, in Canada: 2011 update. Ottawa, Ontario, Canada. 102 p. plus appendices.
- Équipe de rétablissement du caribou forestier du Québec, 2008. Plan de rétablissement du caribou forestier (*Rangifer tarandus*) au Québec – 2005-2012. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Faune Québec, Direction de l'expertise sur la faune et des habitats. 78 p.

- Fahrig, L., 1997. Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. *J. Wild. Manage.* 61 : 603-610.
- Fahrig, L., 1998. When does fragmentation of breeding habitat affect population survival? *Ecol. Modell.* 105 : 273-292.
- Faille, G., J.-P. Ouellet, C. Dussault, D. Fortin, R. Courtois, M.-H. St-Laurent et C. Dussault, 2010. Range fidelity: the missing link between caribou decline and habitat alteration? *Biol. Conserv.* 143 : 2840-2850.
- Festa-Bianchet, M., J.C. Ray, S. Boutin, S.D. Côté et A. Gunn, 2011. Conservation of caribou (*Rangifer tarandus*) in Canada: an uncertain future. *Can. J. Zool.* 89 : 419-434.
- GIEC, 2005. Guidance notes for lead authors of the IPCC Fourth Assessment Report on Addressing Uncertainties. <http://www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/uncertainty-guidance-note.pdf>
- Hills, G.A., 1959. A ready reference to the description of the land of Ontario and its productivity. Division of Research, Department of Lands and Forests, Toronto, Ontario. 142 p.
- Houle, D., A. Bouffard, L. Duchesne, T. Logan et R. Harvey, 2012. Projections of future soil temperature and water content for three southern Quebec forested sites. *J. Clim.* 25 : 7690-7701.
- Jurdant, M., J.L. Bélair, V. Gerardin et J.P. Ducruc, 1977. L'inventaire du Capital-Nature. Méthode de classification et de cartographie écologique du territoire. Pêches et Environnement Canada, Direction générale des terres, Série de la classification écologique du territoire, n° 2. 202 p.
- Lacate, D.S., 1969. Guidelines for bio-physical land classification. Can. Dep. Forestry Publ. No. 4, Can. For. Serv., Ottawa, Ontario. 61 p.
- Leboeuf, A., A. Robitaille, J.-P. Létourneau, C. Morneau et L. Bourque, 2012. Norme de cartographie écoforestière du programme d'inventaire écoforestier nordique (PIEN). Ministère des Ressources naturelles, Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers. 30 p.
- Mansuy, N., S. Gauthier, A. Robitaille et Y. Bergeron, 2010. The impact of surficial deposit-drainage combinations associated with physical factors on spatial variations of fire cycle in northern Quebec, Canada. *Int. J. Wildland Fire* 19 : 1083-1098.
- Ministère des Ressources naturelles, 1996. Biodiversité du milieu forestier : bilan et engagements du ministère des Ressources naturelles. Gouvernement du Québec. 152 p.
- Ministère des Ressources naturelles, 2000. La limite nordique des forêts attribuables – Rapport final du comité (mars 2000). Gouvernement du Québec. 100 p.
- Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2006a. Normes d'inventaire forestier; placettes-échantillons permanentes. Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers. 246 p.
- Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2006b. Normes d'inventaire forestier; placettes-échantillons temporaires. Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers. 216 p.
- Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 2009. Norme de cartographie écoforestière; troisième inventaire écoforestier. Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers. 95 p.
- Mönkkönen, M. et P. Reunanen, 1999. On critical thresholds in landscape connectivity: a management perspective. *Oikos* 84 : 302-305.

- Morneau, C. et Y. Landry, 2007. Guide de reconnaissance des types écologiques des régions écologiques 6h - Collines du lac Péribonka et 6i - Hautes collines du réservoir aux Outardes. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers, Division de l'analyse et de la diffusion des informations forestières et écologiques. 202 p.
- Pojar, J., K. Klinka et D.V. Meidinger, 1987. Biogeoclimatic ecosystem classification in British Columbia. *For. Ecol. Manage.* 22 : 119-154.
- Pothier, D. et F. Savard, 1998. Actualisation des tables de production pour les principales espèces forestières du Québec. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la recherche forestière. RN98-3054. 183 p.
- Pouliot, D., C. Paquet, S. Déry, J.-P. Jetté, B. Pouliot et J. Pâquet, 2010. Guide pour la préparation et l'analyse des plans annuels d'interventions forestières de 2011-2012 et de 2012-2013. Mesures associées aux dérogations à la coupe en mosaïque dans la pessière à mousses. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune, Direction de l'environnement et de la protection des forêts, Québec. 77 p.
- Régnière, J. et R. Saint-Amant, 2008. BioSIM 9 – Manuel de l'utilisateur. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides. Rapport d'information LAU-X-134F. 74 p.
- Régnière, J., R. Saint-Amant et P. Duval, 2012. Predicting insect distributions under climate change from physiological responses: spruce budworm as an example. *Biol. Invasions* 14 : 1571-1586.
- Robitaille, A., 1989. Cartographie des districts écologiques : normes et techniques. Édition revue et corrigée. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec, Service de l'inventaire forestier, Division écologie. 109 p.
- Robitaille, A., 1995. La cartographie des districts écologiques du ministère des Ressources naturelles du Québec. *Rev. For. Fr.* XLVII(2) : 173-189.
- Robitaille, A. et M. Allard, 2007. Guide pratique d'identification des dépôts de surface au Québec, 2^e édition. Les Publications du Québec, Québec. 121 p.
- Robitaille, A. et J.-P. Saucier, 1998. Paysages régionaux du Québec méridional. Les Publications du Québec, Québec. 213 p.
- Rudberg, S., 1984. Division of the Nordic Countries into physical-geographical regions. *Naturgeografisk regionindelning Av Norden*. 288 p., carte à l'échelle de 1/4 000 000.
- Rudolph, T., P. Drapeau, M.-H. St-Laurent et L. Imbeau, 2012. Situation du caribou forestier (*Rangifer tarandus caribou*) sur le territoire de la Baie James dans la région Nord-du-Québec. Rapport scientifique présenté au ministère des Ressources naturelles et de la Faune et au Grand Conseil des Cris (Eeyou Istchee), Montréal, Québec. 77 p.
- Saucier, J.-P., J.-P. Berger, H. D'Avignon et P. Racine, 1994. Le point d'observation écologique. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la gestion des stocks forestiers, Service des inventaires forestiers. 116 p.
- Saucier, J.-P., J.-F. Bergeron, P. Grondin et A. Robitaille, 1998. Les régions écologiques du Québec méridional : un des éléments du système hiérarchique de classification écologique du territoire mis au point par le ministère des Ressources naturelles du Québec. *L'Aubelle*, février-mars. 12 p.

- Saucier, J.-P., A. Robitaille, P. Grondin, J.-F. Bergeron et J. Gosselin, 2011. Les régions écologiques du Québec méridional (4^e version). Carte à l'échelle 1/1 250 000. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. <http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/forets/connaissances/carte-regions-ecologiques.pdf>
- Smardon, R., J. Palmer et J.-P. Felleman, 1986. Foundations of visual project analysis. New York, John Wiley and Sons. 374 p.
- Terrier, A., M.P. Girardin, C. Périé, P. Legendre et Y. Bergeron, 2012. Potential changes in forest composition could reduce impacts of climate change on boreal wildfires. Ecological Society of America, sous presse.
- Wiken, E.B. et G. Ironside, 1977. The development of ecological (biophysical) land classification in Canada. Landscape Planning 4 : 273-275.

*Ressources
naturelles*

Québec

