



Direction des inventaires forestiers

Identification des propositions d'aires pour l'intensification de la production de matière ligneuse



Ministère des Ressources naturelles
Secteur des forêts
Août 2013

Québec 

Rédaction

Vincent Laflèche, ing. f., M. Sc.

Guillaume Cyr, ing. f., M. Sc.

Révision

Jocelyn Gosselin, ing. f.

Marie-Claude Lambert, stat., M. Sc.

Frank Müssenberger, ing. f., M. Sc.

Catherine Périé, biol. Ph. D.

Collaboration à la coordination

Isabelle Pomerleau, ing. f.

Révision linguistique

Marie-France LeBlanc, réviseure

Ce document est disponible en ligne à l'adresse suivante :

<http://www.mrn.gouv.qc.ca/forets/inventaire/publications-inventaire-forestier.jsp>

Pour obtenir des renseignements additionnels, veuillez communiquer avec le ministère des Ressources naturelles du Québec.

Direction des inventaires forestiers

880, chemin Sainte-Foy, 5^e étage

Québec (Québec) G1S 4X4

Téléphone : 418 627-8669

Sans frais : 1 877 936-7387

Télécopieur : 418 646-1995

inventaires.forestiers@mrn.gouv.qc.ca

Service à la clientèle

Téléphone : 418 627-8600

Sans frais: 1 866 248-6936

Télécopieur : 418 643-0720

service.citoyens@mrn.gouv.qc.ca

© Gouvernement du Québec

Dépôt légal – Bibliothèque et archives nationales du Québec 2013

ISBN pdf : 978-2-550-68655-2

Résumé

La Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier, qui est entrée en vigueur le 1^{er} avril 2013, prévoit l'application d'une stratégie d'aménagement forestier visant l'intensification de la production de matière ligneuse sur une certaine portion du territoire forestier québécois. La Direction des inventaires forestiers (DIF) du ministère des Ressources naturelles (MRN) a été mandatée pour identifier et cartographier les sites les plus susceptibles de constituer des aires d'intensification de la production ligneuse (AIPL). Ces sites sont caractérisés par un potentiel élevé de production de matière ligneuse et de faibles contraintes à l'aménagement forestier. C'est parmi ces superficies que devraient être investis les principaux efforts d'intensification de la sylviculture en vue d'une plus grande production de matière ligneuse en quantité et en qualité.

Pour remplir son mandat, la DIF s'est associée à l'équipe de dendrométrie et de productivité forestière de l'Université Laval afin d'élaborer des modèles d'indices de qualité de station potentiels pour les principales essences résineuses et feuillues intolérantes. Pour quantifier la productivité potentielle des essences feuillues tolérantes et de quelques essences résineuses plus marginales (par rapport à leur abondance), la DIF a fait appel à la Direction de la recherche forestière (DRF) du MRN, qui a élaboré des modèles d'accroissements potentiels en surface terrière par tige. Les résultats combinés de ces deux types de modèles ont permis l'évaluation de la productivité potentielle pour chacun des polygones écoforestiers du territoire forestier productif du Québec méridional. Les superficies retenues pour l'intensification de la production de matière ligneuse doivent également présenter peu de contraintes à l'aménagement forestier. Huit contraintes ont ainsi été évaluées et cartographiées à l'échelle de chaque polygone écoforestier, sur la base des caractéristiques stationnelles cartographiables.

Les résultats de la productivité potentielle et des contraintes sont disponibles pour chacun des polygones de la carte écoforestière du MRN. Une analyse spatiale de chaque unité d'aménagement (UA) a permis l'identification des secteurs à grande concentration de polygones à fort potentiel de productivité et de faibles contraintes, qui constituent les propositions d'AIPL.

Table des matières

INTRODUCTION.....	1
QU'EST-CE QUE L'INTENSIFICATION DE LA PRODUCTION LIGNEUSE?.....	2
PROCESSUS D'IDENTIFICATION DES AIPL.....	2
MANDAT DE LA DIF ET OBJECTIFS.....	3
DÉMARCHE MENANT À L'IDENTIFICATION DES PROPOSITIONS D'AIPL.....	4
Cibler le territoire	6
Calculer la productivité potentielle par essence.....	6
Construire les modèles d'IQS potentiels	8
Construire les modèles de ΔG potentiels	12
Identifier les essences principales par polygone	16
Calculer la valeur synthèse de productivité potentielle par polygone	17
Évaluer les contraintes à l'aménagement.....	21
Réaliser le processus d'agrégation des polygones menant à l'identification des propositions d'AIPL.....	25
EN FORÊT PRIVÉE.....	28
PRODUITS LIVRÉS AUX RÉGIONS.....	29
UTILISATIONS POSSIBLES DES DONNÉES.....	31
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	32
ANNEXE	34

Liste des figures

Figure 1.	Processus d'identification des AIPL	3
Figure 2.	Démarche menant à l'identification des propositions d'AIPL	5
Figure 3.	Localisation des UA selon la cartographie du 3 ^e ou du 4 ^e programme décennal d'inventaire écoforestier du Québec méridional	7
Figure 4.	Schématisation de la modélisation des IQS potentiels	8
Figure 5.	Répartition des IQS potentiels de l'EPN par type écologique de l'UA 8562.....	11
Figure 6.	Effet des degrés-jours de croissance (°C) sur la hauteur de l'EPN dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc.....	12
Figure 7.	Répartition des ΔG potentiels de l'ERS par type écologique de l'UA 7151	16
Figure 8.	Étapes effectuées dans la normalisation des valeurs de productivité potentielle ...	19
Figure 9.	Schématisation des étapes menant à l'obtention d'une valeur unique de productivité potentielle par polygone	20
Figure 10.	Proportion du territoire forestier productif trop contraignant par sous-domaine bioclimatique	24
Figure 12.	Schématisation des 40 % meilleures superficies retenues pour l'identification des secteurs à concentration élevée de sites à fort potentiel forestier	26
Figure 13.	Étapes menant à l'identification des propositions d'AIPL (de bas en haut).....	26
Figure 14.	Cartographie des propositions d'AIPL pour l'UA 3152	28
Figure 15.	Localisation des sous-domaines bioclimatiques	34

Liste des tableaux

Tableau 1.	Caractéristiques des modèles retenus	15
Tableau 2.	Principales essences retenues selon la végétation potentielle	18
Tableau 3.	Présentation des contraintes retenues et des variables cartographiables utilisées pour leur évaluation	21
Tableau 4.	Description des types écologiques retenus	35

Introduction

L'augmentation de la production de bois tant en quantité qu'en qualité demeure un enjeu majeur au Québec depuis plusieurs années. Dans son rapport déposé en 2004, la Commission d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise, mieux connue sous le nom de la commission Coulombe, formulait au ministère des Ressources naturelles (MRN) la recommandation de mettre en œuvre une stratégie de sylviculture intensive visant l'accroissement des rendements ligneux sur les sites à fort potentiel forestier. Cette recommandation a été retenue dans la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier, qui est entrée en vigueur le 1^{er} avril 2013. La Loi prévoit l'application d'une stratégie d'aménagement forestier visant l'intensification de la production de matière ligneuse sur une certaine portion du territoire forestier productif du Québec méridional. La Loi précise aussi qu'il revient au ministre de déterminer les critères permettant d'identifier des aires à fort potentiel forestier présentant un intérêt particulier pour l'intensification de la production ligneuse.

Il est essentiel d'avoir une connaissance approfondie du territoire afin de bien identifier les secteurs à fort potentiel forestier. Cette connaissance permet de concentrer les efforts d'aménagement là où les chances de réussite sont optimales, soit sur les sites hautement productifs et présentant peu de contraintes à l'aménagement. Le système hiérarchique de classification écologique du territoire élaboré par le MRN est tout indiqué pour l'identification des sites à fort potentiel forestier. Il permet d'identifier et de définir des unités naturelles d'un territoire à divers niveaux de perception en fonction de variables écologiques, liées au milieu physique, au climat et à la végétation (Saucier *et al.* 2009). La connaissance de ces variables permet alors d'évaluer le potentiel de croissance d'un site, et de connaître sa capacité à faire l'objet d'une intensification des pratiques forestières.

Grâce à l'expertise qu'elle a acquise sur la classification écologique du territoire et la productivité des stations, la Direction des inventaires forestiers (DIF) du MRN a été mandatée pour identifier et cartographier les secteurs à fort potentiel forestier les plus susceptibles de constituer des aires d'intensification de la production ligneuse (AIPL). Le choix final de ces aires se fera en concertation avec les acteurs régionaux et les communautés autochtones en fonction de plusieurs considérations, notamment sylvicoles, économiques, fauniques, sociales, environnementales ou encore liées à des usages actuels du territoire.

Le MRN a déjà produit un guide sur l'identification des AIPL (Bérard *et al.* 2010). Il s'agit d'un document de référence qui explique tout le processus et les critères permettant d'identifier ces aires. Le présent document porte plus particulièrement sur la première étape du processus, soit la phase de présélection des sites. Il présente donc de façon détaillée toute la démarche scientifique menant à l'identification des secteurs à fort potentiel forestier, qui constituent les propositions d'AIPL.

Qu'est-ce que l'intensification de la production ligneuse?

Intensifier la production ligneuse, c'est augmenter le rendement ligneux et améliorer la qualité des tiges et parfois des sites sur une certaine portion du territoire forestier par l'application de traitements sylvicoles appropriés. L'intensification de la production ligneuse contribue ainsi à l'augmentation de la richesse tirée du milieu forestier et pourrait permettre de répondre à d'autres objectifs sociaux et environnementaux sur le reste du territoire sans que cela affecte le développement du secteur industriel forestier (Bérard *et al.* 2010). On déploie les efforts d'intensification sur les sites ayant le meilleur potentiel forestier afin d'obtenir le meilleur taux de rendement des investissements. Le principe est d'augmenter d'un cran l'intensité de la sylviculture qui y est pratiquée afin d'accroître le rendement ligneux. Il s'agit d'un élément nouveau du régime forestier; la Loi sur les forêts ne prévoyait pas une telle stratégie.

Processus d'identification des AIPL

Le processus d'identification des AIPL comprend trois phases et est réalisé en concertation avec les communautés autochtones et les acteurs régionaux (conférences régionales des élus [CRÉ], commissions régionales des ressources naturelles et du territoire [CRRNT]), ce qui permet de minimiser les conflits d'usage dans les choix finaux d'affectation du territoire. Cet exercice est réalisé en fonction de plusieurs considérations, notamment sylvicoles, économiques, fauniques, sociales, environnementales ou encore liées à des usages actuels du territoire. Ces phases sont, dans l'ordre, la phase de présélection des sites, la phase de discrimination de certains sites et, finalement, la phase du consensus social (figure 1).

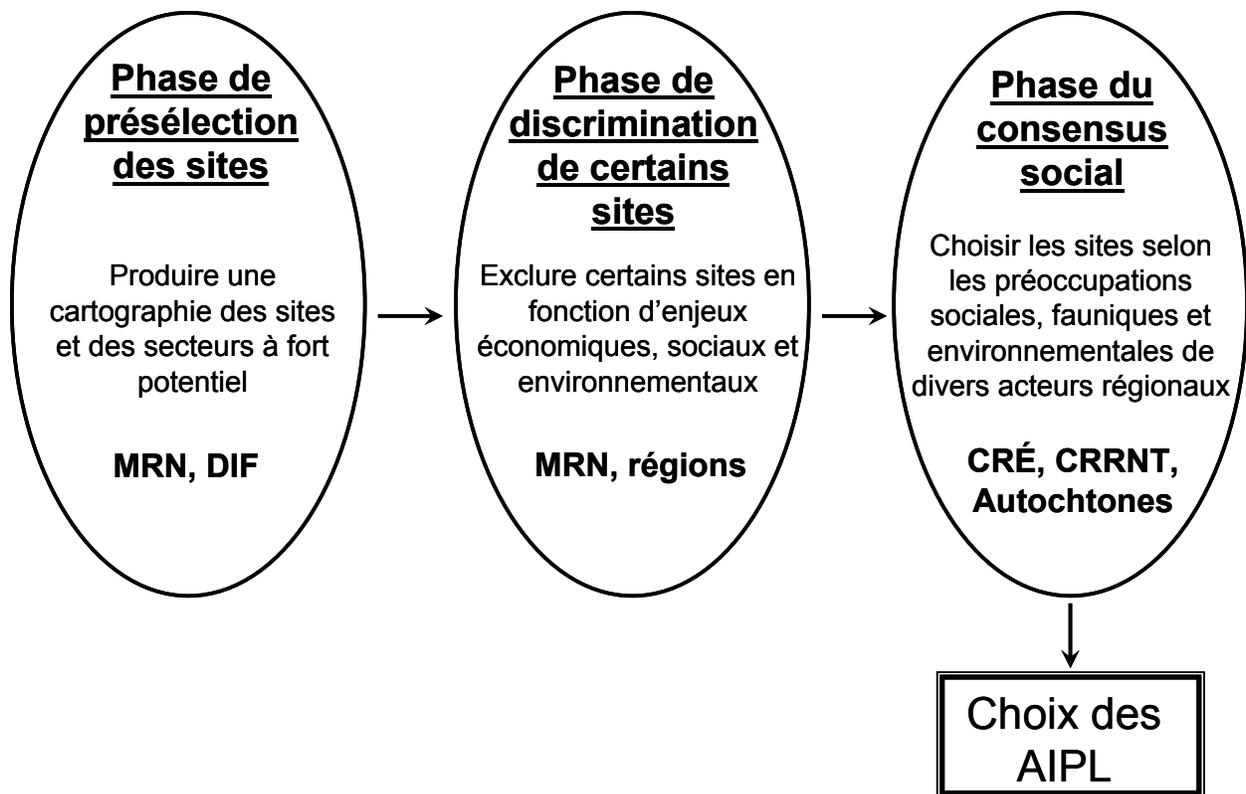


Figure 1. Processus d'identification des AIPL

Mandat de la DIF et objectifs

La Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier précise ceci en matière d'intensification de la production ligneuse : « Le ministre détermine des critères permettant d'identifier des aires à fort potentiel forestier présentant un intérêt particulier pour l'intensification de la production ligneuse » (Québec, art. 36). De plus, la Loi stipule ceci : « Le ministre transmet aux conférences régionales des élus, pour consultation du milieu régional, et aux communautés autochtones concernées, une carte indiquant les endroits où se situent ces aires » (Québec, art. 37).

Le ministre a mandaté la DIF pour identifier et cartographier les sites les plus susceptibles de constituer des AIPL. Pour remplir son mandat, la DIF a suivi une démarche détaillée et rigoureuse basée sur des principes scientifiques solides pour répondre à deux objectifs principaux : 1) déterminer les critères permettant d'identifier les sites à fort potentiel forestier; 2) cartographier ces sites. De façon plus spécifique, les objectifs de la DIF ont été les suivants :

- Étalonner des modèles de productivité potentielle à partir de variables de station.
- Calculer une valeur unique de productivité pour chaque polygone écoforestier.
- Cartographier le potentiel de croissance des principales essences à l'échelle du polygone écoforestier.
- Cartographier les contraintes à l'aménagement forestier à l'échelle du polygone écoforestier.

- Réaliser le processus d'agrégation, par analyse spatiale, afin d'identifier les secteurs à concentration élevée de sites à fort potentiel forestier.

Pour élaborer les modèles de productivité potentielle, la DIF s'est associée à l'équipe de dendrométrie et de productivité forestière de l'Université Laval ainsi qu'à une équipe de la DRF du MRN.

Démarche menant à l'identification des propositions d'A IPL

L'identification des secteurs à fort potentiel forestier s'est faite selon une démarche comportant plusieurs étapes. La figure 2 illustre cette démarche.

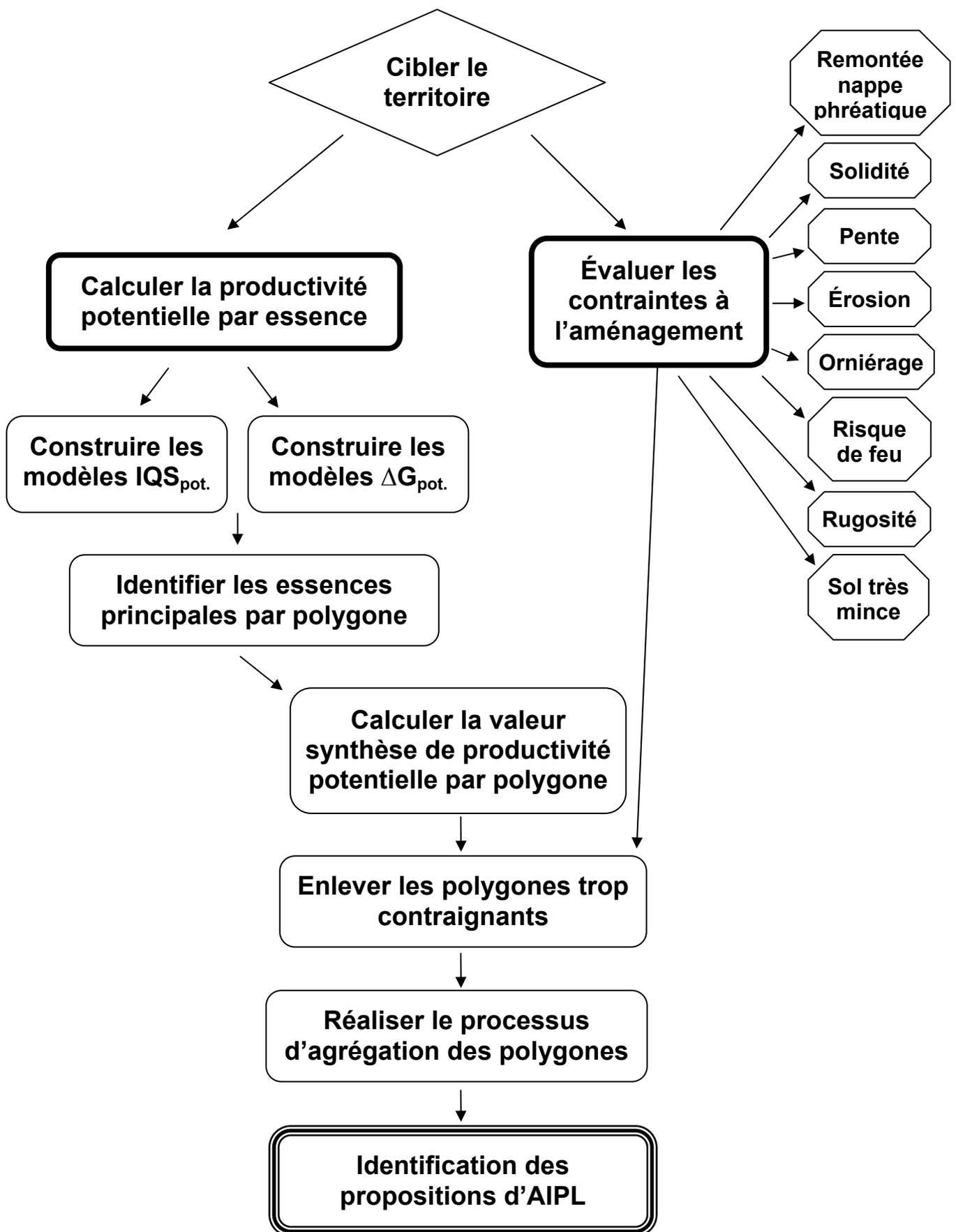


Figure 2. Démarche menant à l'identification des propositions d'AIPL

Cibler le territoire

L'identification des sites à fort potentiel forestier a été réalisée sur le territoire public québécois méridional sous aménagement. Ainsi, le territoire de la forêt privée n'a pas été retenu pour cet exercice. Les secteurs non forestiers (ex. : lacs) et forestiers improductifs (ex. : dénudés humides) ont aussi été exclus du territoire d'analyse. De plus, les modes de gestion ne permettant pas les activités d'aménagement forestier (ex. : parc national, réserve écologique, etc.) n'ont pas été retenus. Les sites à fort potentiel ont été déterminés pour chacune des UA selon les contours en vigueur en février 2009. On a utilisé la cartographie des 3^e et 4^e programmes décennaux d'inventaire écoforestier du MRN (figure 3). Lorsqu'elle était disponible, la cartographie du 4^e programme était préférée, car elle renferme les données les plus à jour.

L'identification des AIPL débute à l'échelle du polygone écoforestier. Ces aires sont en fait un regroupement de polygones (peuplements) hautement productifs et présentant peu de contraintes pour les activités d'aménagement forestier. Le type écologique de chacun des polygones est l'information de premier ordre pour estimer la productivité potentielle et les contraintes à l'aménagement. Il définit une portion de territoire présentant une combinaison permanente de la végétation potentielle et des caractéristiques physiques du milieu (Saucier *et al.* 2009). Il reflète donc des conditions de croissance propres à un site. La détermination de la productivité potentielle et des contraintes à l'aménagement a été réalisée à l'échelle du polygone écoforestier.

Calculer la productivité potentielle par essence

Le calcul de la productivité potentielle par essence est une étape essentielle du processus d'identification des sites à fort potentiel forestier. La productivité d'un site est souvent traduite par l'indice de qualité de station (IQS), qui se définit par la hauteur dominante des arbres d'un peuplement à un âge de référence, généralement fixé à 50 ans pour les peuplements naturels. Cet indice reflète généralement bien le potentiel de croissance d'un peuplement forestier de structure équienne, qui se régénère habituellement à la suite de perturbations majeures (Monserud 1984). L'IQS exprime l'évolution verticale des tiges et fait alors intervenir la croissance en hauteur, qui est peu affectée par la densité du peuplement (Smith *et al.* 1997). Toutefois, le concept d'IQS ne s'applique pas bien aux peuplements de structure inéquienne, dont la dynamique de régénération est davantage associée à de petites perturbations (Monserud 1987, Pokharel et Froese 2009). L'âge des arbres dominants et codominants ne correspond souvent pas bien à l'âge du peuplement (Monserud 1984). Afin d'évaluer adéquatement la productivité des essences tolérantes à l'ombre composant les peuplements de structure inéquienne, on a utilisé une approche basée sur un accroissement en diamètre. Il s'agit d'un indice d'accroissement en surface terrière par tige (ΔG).

Dans les peuplements naturels, une proportion élevée des arbres subissent des retards de croissance (Monserud 1987, Saucier *et al.* 2006), causés notamment par l'oppression juvénile et la défoliation par les insectes ravageurs, faussant ainsi l'expression de la fertilité de la station. Afin que le potentiel de productivité de la station soit évalué fidèlement, les arbres doivent présenter le moins possible de retards de croissance attribuables à des facteurs autres que ceux liés à la station. Ainsi, cette croissance dite potentielle ne sera le reflet que des caractéristiques de végétation, de milieu physique et de climat de la station. Plusieurs études

ont d'ailleurs démontré ce lien étroit entre la productivité potentielle et ces variables de station (Ung *et al.* 2001, Chen *et al.* 2002, Monserud *et al.* 2006).

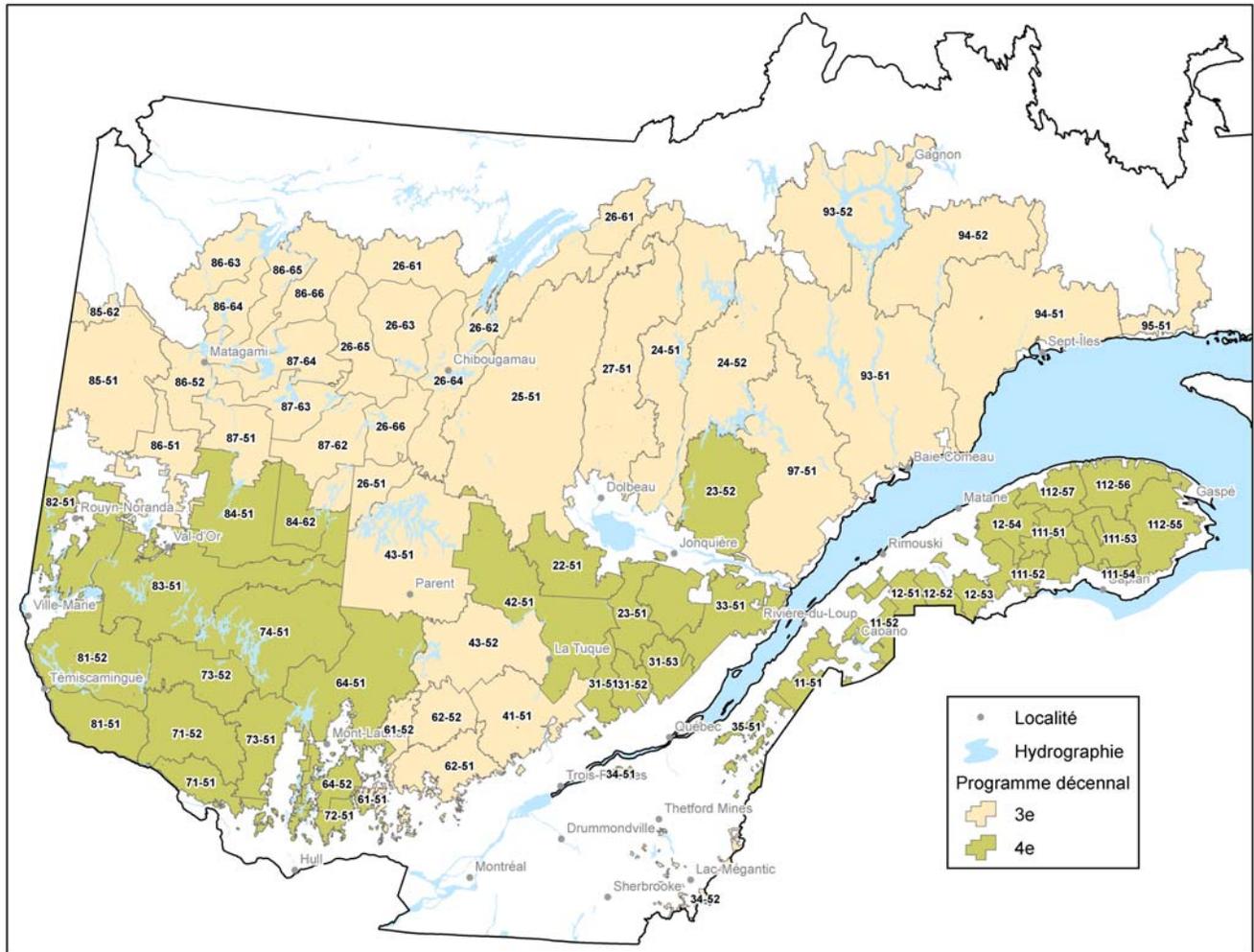


Figure 3. Localisation des UA selon la cartographie du 3^e ou du 4^e programme décennal d'inventaire écoforestier du Québec méridional

Afin d'identifier les AIPL potentiels, il s'avérait nécessaire de calculer une valeur de productivité potentielle (IQS ou ΔG) pour chacun des polygones forestiers productifs du territoire public. Pour ce faire, comme les données d'inventaire ne permettent pas d'obtenir une valeur partout, la confection de modèles incluant des variables de station s'est avérée l'option privilégiée pour atteindre cet objectif. Il peut s'agir de variables édaphiques, climatiques, topographiques ou écologiques qui sont cartographiables, c'est-à-dire qui peuvent être estimées pour chacun des polygones de la carte écoforestière du territoire de référence, soit, dans ce cas-ci, l'UA. La figure 4 schématise la modélisation des IQS potentiels.

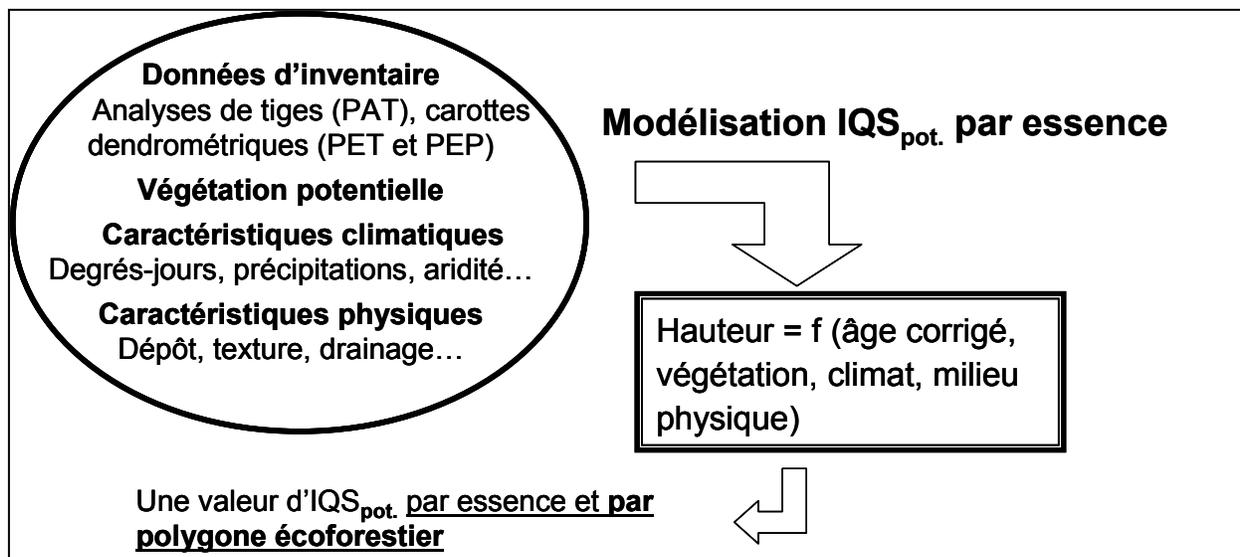


Figure 4. Schématisation de la modélisation des IQS potentiels

Construire les modèles d'IQS potentiels

La DIF s'est associée à l'équipe de dendrométrie et de productivité forestière de l'Université Laval afin d'élaborer des modèles d'IQS potentiels (équations hauteur-âge corrigé) par essence de façon à attribuer une valeur d'IQS potentiel à chacun des polygones forestiers productifs de l'ensemble du territoire forestier du Québec méridional.

Les sections qui suivent présentent la démarche suivie pour élaborer les modèles d'IQS potentiels pour les principales essences résineuses et feuillues intolérantes. Il s'agit des épinettes (épinette blanche [EPB], épinette noire [EPN], épinette rouge [EPR]), des pins (pin blanc [PIB], pin gris [PIG]), du sapin baumier (SAB) et du thuya occidental (THO) ainsi que des peupliers (peuplier faux-tremble [PET], peuplier à grandes dents [PEG]) et du bouleau à papier (BOP). Ces sections résument un document produit par l'équipe de l'Université Laval (Müssenberger *et al.* 2010). Le lecteur intéressé à en savoir davantage est donc invité à consulter cet ouvrage.

Description des variables utilisées

Variables dendrométriques

Les données ont été recueillies à partir d'arbres études provenant du réseau de placettes-échantillons temporaires (PET) et permanentes (PEP) du MRN établi lors des 3^e et 4^e programmes décennaux d'inventaire écoforestier du Québec méridional. Le choix des arbres études s'est fait selon leur statut social. Seuls les arbres situés dans les étages dominants ou codominants ont été retenus. Leur hauteur a été mesurée à l'aide d'un clinomètre. Les carottes dendrométriques prélevées sur chacun des arbres ont servi à mesurer leur âge et ont permis de reconstituer l'évolution de leur croissance en diamètre. Les arbres affectés par un retard de croissance lié à l'oppression juvénile ou aux épidémies d'insectes ont subi une correction à la baisse de leur âge selon une méthode inspirée de celle des analyses de tiges de la DIF (Lafèche *et al.* 2013, Miron *et al.* 2010). Ainsi, pour chaque arbre à l'étude, on a obtenu un couple hauteur-âge corrigé qui a permis de construire les équations nécessaires à la détermination des IQS potentiels.

Variables écologiques

Ces variables font intervenir le système hiérarchique de classification écologique du territoire :

- La **végétation potentielle** est l'unité de classification écologique regroupant les différents types de végétation qui peuvent s'établir au cours des successions végétales sur un site donné (Saucier *et al.* 2009). On a regroupé certaines végétations potentielles similaires et moins abondantes afin d'assurer leur représentativité.
- Le **milieu physique** a été caractérisé par la texture et le drainage synthèse du sol. La texture a été évaluée selon cinq classes (roc, grossière, moyenne, fine, organique), et le drainage l'a été par un indice de milieu subhydrique évalué sous forme binaire (1 ou 0) afin de le distinguer des autres classes de drainage (xérique, mésique, hydrique).
- L'**indice de feu** est appliqué aux régions écologiques associées à un cycle de feu inférieur à 300 ans. Cet indice a été considéré sous la forme de variable binaire.
- Le **sous-domaine bioclimatique** permet de distinguer les facteurs bioclimatiques et écologiques qui font apparaître un gradient est-ouest à travers la province. Cette variable a été considérée sous une forme binaire (1 pour l'Est ou 0 pour l'Ouest). Les sous-domaines bioclimatiques sont présentés en annexe (figure 15).

Variables climatiques

Les variables climatiques ont été estimées à l'aide du logiciel BioSIM, qui a été conçu par des chercheurs du Service canadien des forêts (Régnière *et al.* 1995, Régnière et Saint-Amant 2008). Pour ce faire, on a utilisé les données de précipitations et de température enregistrées entre 1971 et 2000 pour les huit stations météorologiques les plus proches pour simuler des variables climatiques à un point géographique donné (ex. : la placette). Les simulations prennent en compte des variables topographiques telles que la latitude, la longitude, l'altitude, la pente et l'exposition. Voici les variables climatiques retenues :

- Les **degrés-jours de croissance** (°C) représentent la somme annuelle des températures moyennes journalières cumulées au-dessus du seuil de 5 °C.
- L'**indice d'aridité** (cm) est un indice de sécheresse du climat qui tient compte des précipitations et des températures. Il représente la différence entre la précipitation mensuelle et l'évapotranspiration potentielle. Il donne une indication du déficit de la disponibilité en eau pour les plantes.
- Le **déficit cumulatif de pression de vapeur** (mbar) est la différence entre la pression de vapeur saturante à la température du végétal et la pression de vapeur d'eau de l'air ambiant. Il est calculé pour les mois de juin, juillet et août.

Variables édaphiques

L'estimation des variables édaphiques fait intervenir la texture, l'épaisseur et la pierrosité des horizons de sol B et C. Ces caractéristiques de sol sont estimées à partir du système d'information forestière par tesselle (SIFORT) du MRN. Le lien entre le SIFORT et la parcelle-échantillon se fait par le dépôt de surface et le district écologique. Une base de données greffée au SIFORT permet de connaître, pour un dépôt de surface et un district écologique donnés, l'épaisseur moyenne des horizons B et C, leur texture attendue et leur pierrosité moyenne. Voici les variables édaphiques retenues :

- Le **volume de sol** (exprimé en %) représente, sur une profondeur de 1 m, la proportion de sol minéral des horizons B et C disponible pour l'enracinement.

- La **réserve en eau potentiellement utilisable** (mm) indique la quantité d'eau dans le sol qui est potentiellement disponible pour l'arbre.

Élaboration des équations hauteur-âge corrigé

La base de données a été divisée en deux groupes. Le premier groupe constitue 68 % des données et a servi à étalonner les modèles et ainsi retenir les variables significatives pour chacun d'eux. Les autres données ont été utilisées afin d'évaluer la performance des modèles, soit la qualité d'ajustement et le biais d'estimation.

Les équations expriment la hauteur en fonction de variables de station et de l'âge corrigé. Elles permettent ainsi de déterminer l'IQS potentiel à l'âge corrigé de 50 ans. Chaque équation est associée à une essence et à un domaine bioclimatique (ou regroupement de domaines). Cela signifie que, pour une même essence, deux polygones situés dans le même sous-domaine bioclimatique et présentant les mêmes variables de station affichent la même valeur d'IQS. Pour assurer la fiabilité des prédictions de la hauteur, les calculs ont reposé sur un minimum de 30 observations par équation. La structure des données a nécessité l'utilisation de modèles linéaires mixtes (SAS Institute 2002). Les modèles linéaires mixtes tiennent compte de la répétition de mesures dans le temps (PEP) et de la dépendance spatiale des observations (plusieurs arbres dans une PEP et une PET). La qualité d'ajustement des modèles a été mesurée à l'aide du coefficient de détermination (R^2). La qualité de prédiction de l'IQS a été vérifiée à l'aide d'un test de student avec échantillons appariés pour les tiges âgées de 40 à 60 ans au moyen des données de calibration. L'étendue de l'âge est identique pour toutes les équations et offre suffisamment d'observations pour mesurer le biais de la hauteur autour de 50 ans (50 ± 10 ans).

Résultats et discussion

Au total, 34 équations linéaires ont été obtenues pour les différentes combinaisons essence et domaine bioclimatique (ou regroupement de domaines bioclimatiques). Ces équations renferment des variables écologiques, climatiques et édaphiques en interaction avec l'âge corrigé. À l'exception du PIG où le R^2 se situe entre 0,50 et 0,60, les équations expliquent généralement moins de 50 % de la variation des IQS. Cela signifie qu'une bonne partie de la variabilité des IQS ne peut être expliquée par les variables de station. Le biais de la hauteur autour de 50 ans calculé pour chacune des équations est généralement faible ou nul. Pour plus de détails sur la description et l'évaluation des modèles, voir l'étude de Müssenberger *et al.* (2010).

Les modèles ont permis de générer une valeur d'IQS potentiel par essence pour chacun des polygones forestiers productifs. La figure 5 présente un exemple de la répartition des IQS potentiels de l'EPN par type écologique de l'UA 8562, unité qui est située dans le domaine bioclimatique de la pessière à mousses. La description des types écologiques est présentée en annexe (tableau 4). Bien qu'aucun test statistique n'ait été effectué, certaines tendances sur l'effet de variables de station ont pu être dégagées de façon visuelle. En effet, on peut observer l'effet marqué de la végétation potentielle (ou groupement de végétations potentielles) sur l'IQS. En effet, les types écologiques des végétations potentielles RE1 et RE3 ont affiché les IQS moyens les plus faibles, alors que ceux de la végétation potentielle ME1 ont présenté les valeurs moyennes les plus élevées. On peut également constater que le milieu physique a eu un effet non négligeable sur la productivité potentielle de l'EPN. En effet, pour une même végétation potentielle, les différents types écologiques ont souvent affiché des IQS moyens variables. C'est le cas, notamment, des types écologiques de la végétation potentielle RE2. De plus, on peut observer une grande amplitude des valeurs d'IQS pour un même type écologique,

ce qui signifie que d'autres facteurs, tels que les variables climatiques, ont eu un effet important. L'exemple de la figure 6 illustre bien l'effet des degrés-jours de croissance sur les IQS. Une hausse de 300 degrés-jours, qui correspond à plus de 1 degré de latitude plus au sud, a engendré une augmentation de plus de 1 m sur l'IQS de l'EPN.

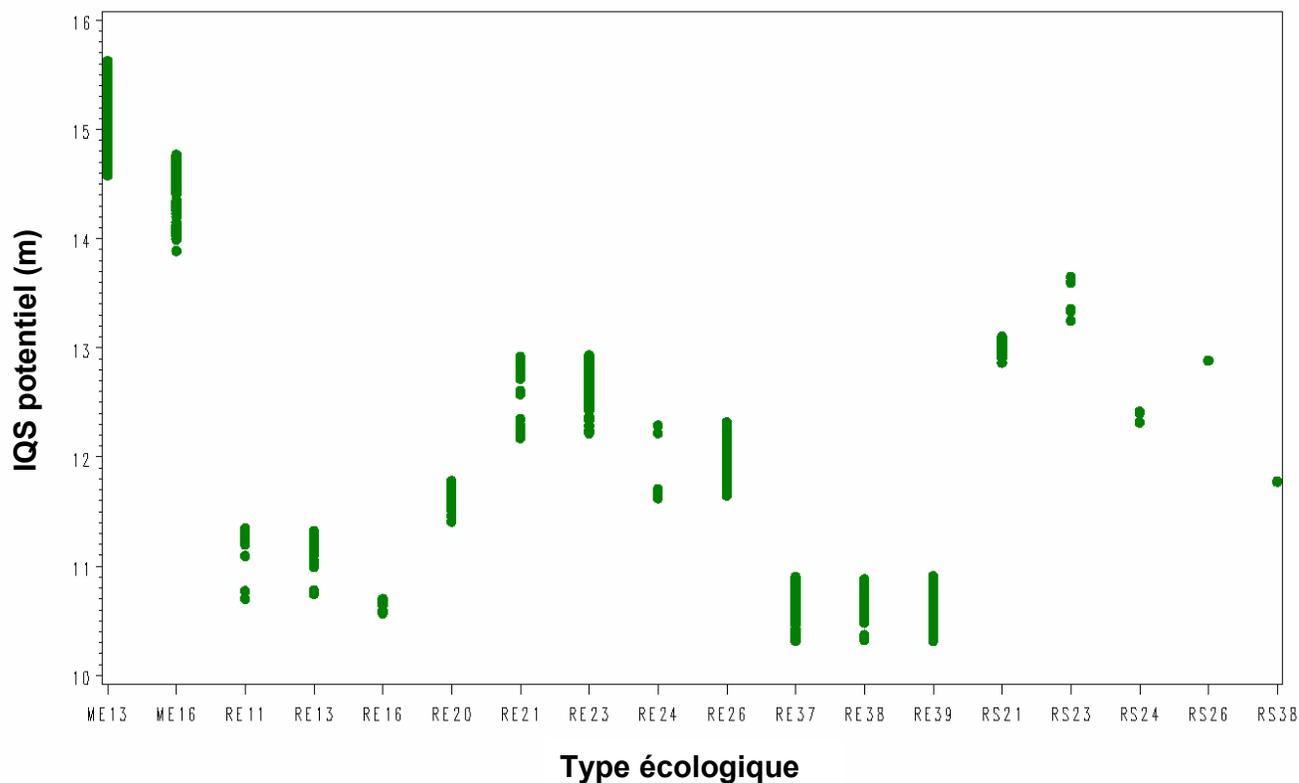


Figure 5. Répartition des IQS potentiels de l'EPN par type écologique de l'UA 8562

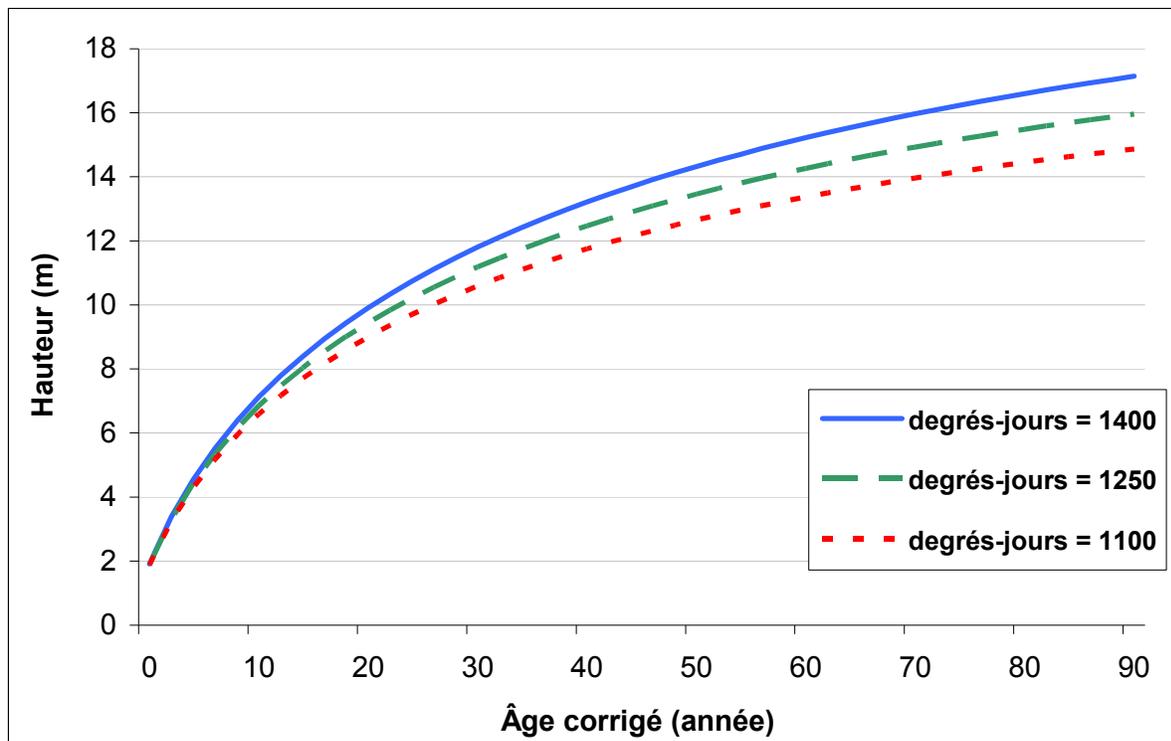


Figure 6. Effet des degrés-jours de croissance ($^{\circ}\text{C}$) sur la hauteur de l'EPN dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc

Construire les modèles de ΔG potentiels

La DIF a pu compter sur l'expertise d'une équipe de la DRF du MRN pour produire des modèles de ΔG potentiels. Cette équipe a produit des modèles pour 14 essences ou groupes d'essences principales du territoire forestier québécois (Périé *et al.* 2012). Pour les propositions d'AIPL, seuls les modèles des six essences (ou groupes d'essences) non couvertes par les modèles d'IQS potentiels ont été retenus. Il s'agit de feuillus tolérants (Ft), tels le bouleau jaune (BOJ), l'érable rouge (ERR) et l'érable à sucre (ERS), ainsi que de certaines essences plus marginales (par rapport à leur abondance). Les essences plus marginales ont été regroupées en trois groupes : les feuillus intolérants (Fi), les Ft et les résineux tolérants (Rt), comprenant les résineux semi-tolérants. Ces modèles viennent donc compléter ceux des IQS potentiels et permettent d'obtenir une valeur de productivité potentielle pour chaque polygone forestier productif de la carte écoforestière. Les sections qui suivent résument la méthode utilisée pour la confection de ces modèles. Ces sections sont adaptées du document produit par Périé *et al.* (2012). Le lecteur intéressé à en savoir davantage est invité à consulter cet ouvrage.

Description de l'échantillon

Les données sur la végétation proviennent du réseau de PEP du MRN. Les arbres d'essences commerciales qui ont été sélectionnés devaient avoir un diamètre à hauteur de poitrine (dhp) d'au moins 9,1 cm, être vivants lors d'au moins deux périodes de mesurage consécutives et être situés dans les étages dominants ou codominants (excluant les vétérans). Afin de refléter le potentiel de croissance de chaque essence, seuls les 4 meilleurs accroissements des tiges

individuelles de l'essence, entre 2 périodes de mesurage, par placette (100 tiges/ha) ont été retenus. Cela a permis d'enlever, en bonne partie, les retards de croissance dus à des défauts de formation, aux épidémies d'insectes ou aux maladies ou bien simplement de réduire la variance due à la variabilité génétique.

Choix des variables explicatives

La construction des modèles a nécessité l'évaluation qualitative et quantitative de variables écologiques, édaphiques, climatiques et dendrométriques cartographiables pour chaque polygone écoforestier.

Variables écologiques

Voici les variables écologiques retenues :

- **L'indice d'impact de la tordeuse des bourgeons de l'épinette** (tbe). Cet indice reflète le nombre d'années avec des défoliations sévères par décennie. Il permet d'estimer l'effet de cette perturbation sur la réduction de croissance des essences hôtes (épinettes et SAB) ainsi que sur les essences compagnes non vulnérables, qui peuvent bénéficier de l'ouverture du couvert provoquée par les défoliations successives.
- La **végétation potentielle** (vegpot). On a regroupé certaines unités afin d'obtenir un échantillon suffisant pour couvrir l'ensemble du territoire.

Variables édaphiques

Voici les variables édaphiques retenues :

- Le **type de dépôt de surface** (type_dep) a été évalué selon neuf classes synthèses, divisées en six grandes classes (dépôts glaciaires, dépôts fluvioglaciaires, dépôts marins, dépôts littoraux marins, dépôts organiques et dépôts de pentes et d'altérations). Il provient de la cartographie forestière du Système d'information écoforestière (SIEF).
- L'**épaisseur du dépôt de surface** (epais_dep) a été évaluée selon trois classes (d'absent à très mince, de très mince à mince et de mince à épais) et provient de la cartographie forestière du SIEF.
- Le **régime hydrique** des sols (reghyd) a été évalué qualitativement et est exprimé selon trois classes de drainage (humide, mésique et xérique).

Variables climatiques

Les variables climatiques ont été estimées à partir du logiciel BioSIM (Régnière *et al.* 1995, Régnière et Saint-Amant 2008). Elles proviennent de données interpolées à partir, dans ce cas-ci, de quatre stations météorologiques avoisinantes, et ajustées selon diverses variables topographiques telles que la latitude, la longitude, l'altitude, la pente et l'exposition. Il est à noter que la méthode d'estimation et la définition de chaque variable peuvent être différentes de celles utilisées dans les modèles des IQS potentiels. Il s'agit des variables suivantes :

- Les **degrés-jours** (°C). Les degrés-jours sont définis, dans ce cas, par la somme annuelle des degrés-jours de croissance au-dessus de 0 °C pour les jours où la température moyenne est supérieure à 0 °C.
- La **température maximale annuelle** (°C). Cette température se définit par la moyenne annuelle des températures maximales quotidiennes.

- La **température minimale annuelle** (°C). Celle-ci est exprimée par la moyenne annuelle des températures minimales quotidiennes.
- Les **précipitations totales annuelles** (mm).
- Les **radiations totales annuelles** (MJ/m²).
- Le **déficit de pression de vapeur total annuel** (mbar).

Étant donné que certaines variables étaient fortement corrélées, une analyse de groupement de variables a été effectuée. Ainsi, deux axes représentant une combinaison de variables ont été formés pour l'évaluation du climat. Il s'agit des axes suivants :

- L'axe de la **chaleur**, qui reflète un gradient de température (chaleur).
- L'axe de l'**humidité**, qui reflète un gradient de précipitations (precRad).

Variables dendrométriques

Voici les variables dendrométriques retenues :

- Le **diamètre moyen quadratique initial** (cm) (diaq4) a été évalué au premier mesurage par les quatre arbres ayant présenté le plus fort accroissement en surface terrière de la placette pendant la période.
- La **surface terrière totale initiale** de la placette (m²/ha) (st_ha) se définit par la somme de la surface terrière des arbres de dhp supérieur à 1,1 cm inclus dans la placette lors du premier mesurage.
- La **densité initiale** (dens). Elle a été évaluée visuellement sur le terrain sous forme de codes de densité (A, B, C et D).

Ces variables dendrométriques reflètent la densité du peuplement au premier mesurage et ont une influence sur l'accroissement en diamètre de chaque tige. Le diamètre moyen quadratique initial et la surface terrière totale initiale ont été estimés par sous-domaine bioclimatique, ce qui signifie qu'une valeur moyenne unique par essence a été attribuée pour chaque polygone localisé dans un même sous-domaine bioclimatique.

Étalonnage des modèles de ΔG potentiels

La première étape a été de diviser, de façon aléatoire, la base de données de chaque essence en deux parties. Le premier jeu de données comprenait 70 % des données initiales et a servi à sélectionner les variables significatives pour chaque modèle (par essence ou groupe d'essences) et à réaliser une confection préliminaire des modèles. On a réalisé la sélection des variables avec la procédure GLMSELECT du logiciel SAS (SAS Institute 2000) en sélectionnant une seule période entre deux mesurages consécutifs de façon aléatoire.

Le deuxième jeu de données comprenait 30 % des données initiales et a servi à évaluer la performance des modèles. On a évalué la qualité de l'ajustement des modèles préliminaires (par le R²), leur précision (par le REQM) ainsi que leur biais d'estimation.

Finalement, les six modèles retenus ont été construits sur l'ensemble des données. Pour tenir compte de la corrélation dans le temps de toutes les mesures d'une même placette, on a utilisé la procédure MIXED de SAS.

Résultats et discussion

Les six modèles ont présenté un R^2 de près de 0,50, à l'exception du modèle du BOJ, celui-ci ayant affiché une valeur nettement inférieure (tableau 1). Il s'agit aussi du modèle comportant le moins de variables. On peut remarquer que les caractéristiques initiales de peuplement telles que le diamètre moyen quadratique initial et la surface terrière totale initiale ont eu une influence marquée, car ils se trouvent dans chacun des modèles.

Tableau 1. Caractéristiques des modèles retenus

Essence	Variables retenues (sans les interactions)	R^2	REQM (cm ² /an)	Biais (cm ² /an)
BOJ	diaq4, st_ha, vegpot	0,34	0,42	0,01
ERR	diaq4, st_ha, vegpot, precRad, chaleur, epais_dep, type_dep	0,42	0,44	0,02
ERS	diaq4, st_ha, dens, vegpot, precRad	0,48	0,45	0,02
Fi	diaq4, st_ha, chaleur, type_dep, vegpot	0,61	0,46	0,01
Ft	diaq4, st_ha, epais_dep, reghyd	0,50	0,49	0,02
Rt	diaq4, st_ha, precRad, vegpot, tbe, chaleur	0,57	0,40	0,01

Les modèles ont produit un ΔG potentiel par essence pour chacun des polygones forestiers productifs. La figure 7 illustre un exemple de répartition des valeurs de ΔG potentiels de l'ERS par type écologique pour l'UA 7151. Comme pour les modèles d'IQS potentiels, les résultats présentés ne constituent que des tendances observées. La végétation potentielle a eu un effet significatif sur le potentiel de croissance de l'ERS. On peut remarquer que les types écologiques des végétations potentielles FE2 et FE3 ont affiché les ΔG moyens les plus élevés. À l'inverse, les types écologiques de la végétation FE6 ont présenté un ΔG moyen nettement plus faible. Les variables édaphiques ne semblent pas avoir eu d'effet majeur sur les valeurs moyennes de ΔG . On peut ainsi observer visuellement des valeurs moyennes similaires entre les types écologiques d'une même végétation potentielle. De plus, la grande variabilité des valeurs de ΔG au sein d'un même type écologique témoigne de l'influence marquée de la densité initiale du peuplement et des conditions climatiques sur la croissance en diamètre, par conséquent sur celle en surface terrière.

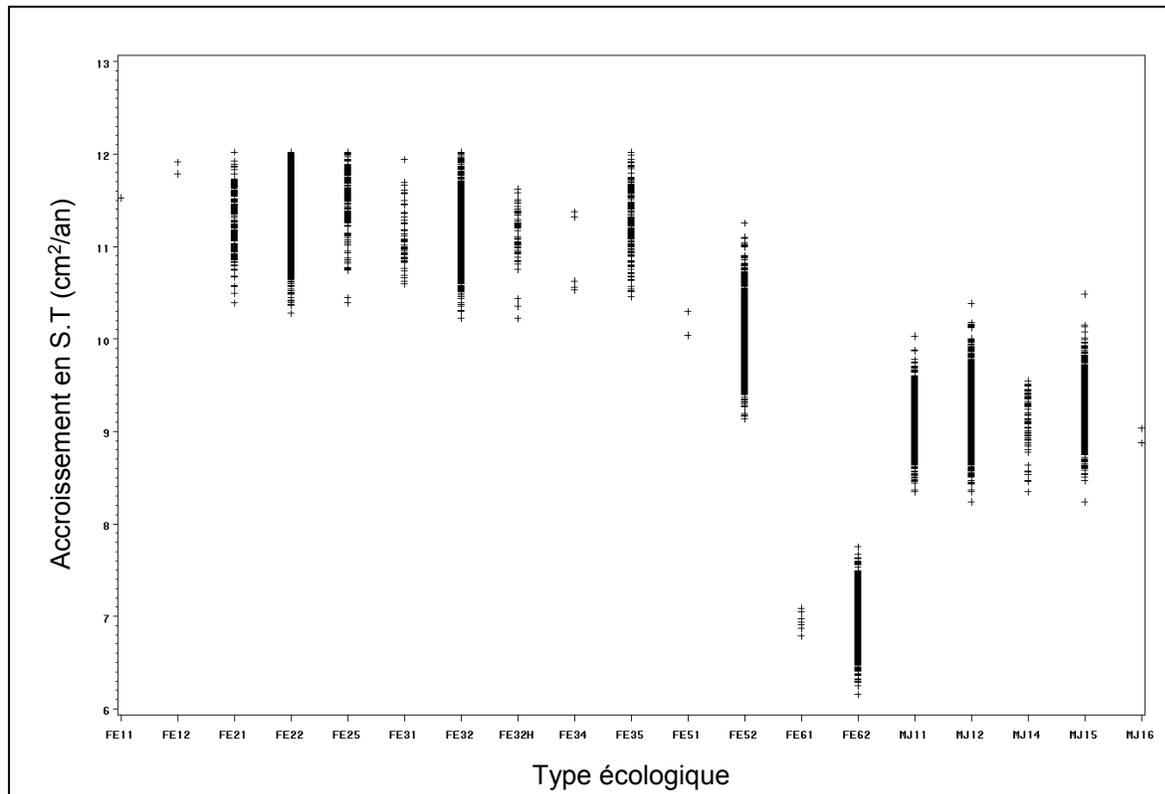


Figure 7. Répartition des ΔG potentiels de l'ERS par type écologique de l'UA 7151

Identifier les essences principales par polygone

On a identifié les principales essences associées à chaque polygone afin de leur attribuer une valeur de productivité (IQS potentiel ou ΔG potentiel). Ainsi, seules les essences bien adaptées au milieu ont été considérées, permettant alors une évaluation plus juste de la productivité potentielle synthèse (réalisée à une étape ultérieure) rattachée au polygone. Pour réaliser cette étape, la végétation potentielle de chaque polygone a servi de base de référence. À l'aide des données des placettes d'inventaire des 3^e et 4^e programmes décennaux, un indice d'importance relative (IR) a été élaboré par l'équipe de la DRF. Cet indice reflète l'abondance de chacune des essences dans chaque végétation potentielle de chaque sous-domaine bioclimatique. Il utilise le nombre de tiges et la surface terrière totale de chaque essence dans la placette, et s'exprime ainsi :

$$IR_{ess} (\%) = 100 \left(\frac{\frac{nbha_{ess}}{\sum_{ess} nbha_{ess}} + \frac{ST_{ess}}{\sum_{ess} ST_{ess}}}{2} \right)$$

IR_{ess} représente l'indice d'IR (%) associé à l'essence *ess* de la placette.

$nbha_{ess}$ représente le nombre de tiges (tiges/ha) associé à l'essence *ess*.

ST_{ess} représente la surface terrière totale (m²/ha) associée à l'essence *ess*.

$\sum_{ess} nbha_{ess}$ représente le nombre de tiges (tiges/ha) de l'ensemble des essences de la placette.

$\sum_{ess} ST_{ess}$ représente la surface terrière totale (m²/ha) de l'ensemble des essences de la placette.

Pour chacune des végétations potentielles, d'une à cinq essences ou groupes d'essences principales ont été identifiés et retenus pour l'évaluation de la productivité potentielle synthèse (une valeur unique, voir section suivante) de chaque polygone (tableau 2). Par exemple, tous les polygones représentés par une végétation potentielle MJ2 ont une valeur d'IQS potentiel pour le SAB, l'EPB et le BOP, alors qu'une valeur de ΔG potentiel a été attribuée pour le BOJ et l'ERR.

Calculer la valeur synthèse de productivité potentielle par polygone

On a calculé une valeur unique de productivité potentielle par polygone pour hiérarchiser les polygones et ainsi identifier les plus productifs pour un territoire donné. Avec cette façon de faire, on a pu prendre en compte l'ensemble des principales essences rattachées à un polygone plutôt que d'utiliser une seule essence commune. Tout d'abord, pour pallier le fait qu'une simple moyenne des valeurs de productivité brute (IQS potentiel et ΔG potentiel) de chaque essence principale n'est pas un juste reflet de la productivité globale du polygone et que les deux unités de mesure sont différentes, une normalisation (standardisation) des valeurs a été réalisée. La normalisation consiste à comparer la productivité brute d'une essence d'un polygone à celle des autres polygones du territoire qui comportent cette essence (figure 8). On se trouve alors à modifier la valeur de productivité brute par une valeur « relative » en changeant les paramètres de la distribution des observations en fixant la moyenne à 0 et l'écart-type à 1, ce qui résulte en une distribution centrée (moyenne = 0) et réduite (écart-type ± 1). On obtient ainsi une valeur normalisée de productivité pour chacune des essences principales de chaque polygone. Afin de considérer les différences régionales de l'abondance de chaque essence pour une végétation potentielle donnée, l'indice d'IR a ensuite été calculé par sous-domaine bioclimatique. La valeur de productivité potentielle synthèse du polygone correspond alors à la moyenne pondérée, par l'IR du sous-domaine bioclimatique, des valeurs normalisées de chaque essence principale associée au polygone. Elle est généralement comprise entre -2 et 2. La figure 9 schématise les étapes permettant d'obtenir cette valeur unique par polygone.

Tableau 2. Principales essences retenues selon la végétation potentielle

VÉGÉTATIONS POTENTIELLES	ESSENCES	
	IQS	ΔG
Végétations potentielles feuillues		
FC1 : Chênaie rouge	—	Fi, Rt, ERR, Ft
FE1 : Érablière à caryer cordiforme	—	Rt, Fi, Ft, ERS
FE2 : Érablière à tilleul	—	ERS, Ft
FE3 : Érablière à bouleau jaune	—	ERS, Ft, BOJ, ERR
FE4 : Érablière à bouleau jaune et hêtre	—	ERS, Ft, BOJ
FE5 : Érablière à ostryer	—	ERS, Ft, Fi
FE6 : Érablière à chêne rouge	—	Ft, ERS, Fi
FO1 : Ormaie à frêne noir	SAB	Ft, Fi
Végétations potentielles mélangées		
ME1 : Pessière noire à peuplier faux-tremble	EPN, PET	Fi
MF1 : Frênaie noire à sapin	SAB, THO	Ft
MJ1 : Bétulaie jaune à sapin et érable à sucre	SAB	BOJ, ERS, ERR
MJ2 : Bétulaie jaune à sapin	SAB, BOP, EPB	ERR, BOJ
MS1 : Sapinière à bouleau jaune	SAB, BOP, EPB	ERR, BOJ
MS2 : Sapinière à bouleau blanc	SAB, BOP, PET, EPB	—
MS4 : Sapinière à bouleau blanc montagnarde	SAB, BOP, EPB	—
MS6 : Sapinière à érable rouge	SAB, BOP, EPB	ERR
MS7 : Sapinière à bouleau blanc maritime	SAB, BOP, EPB	—
Végétations potentielles résineuses		
RB1 : Pessière blanche ou cédrière issue d'agriculture	SAB, EPB, BOP, THO	—
RB2 : Pessière blanche maritime	EPB	—
RB3 : Pessière blanche ouverte subalpine ou sapinière à épinette blanche subalpine	EPB, SAB	—
RB5 : Pessière blanche issue de broutage	EPB, SAB, BOP	—
RC3 : Cédrière tourbeuse à sapin	THO, SAB	—
RE1 : Pessière noire à lichens	EPN, PIG	—
RE2 : Pessière noire à mousses ou à éricacées	EPN, PIG	—
RE3 : Pessière noire à sphaignes	EPN	—
RE4 : Pessière noire à mousses ou à éricacées montagnarde	EPN, PIG	—
RE7 : Pessière noire maritime	EPN, SAB	—
RP1 : Pinède blanche ou pinède rouge	SAB, PET, PIB	—
RS1 : Sapinière à thuya	SAB, THO	—
RS2 : Sapinière à épinette noire	SAB, EPN, BOP	—
RS3 : Sapinière à épinette noire et sphaignes	SAB, EPN	—
RS4 : Sapinière à épinette noire montagnarde	SAB, EPN	—
RS5 : Sapinière à épinette rouge	SAB, BOP, EPR, EPB	—
RS7 : Sapinière à épinette noire maritime	SAB, EPN	—
RT1 : Prucheraie	SAB	Rt

1. Normalisation (comparaison) des valeurs brutes d'une essence entre chaque polygone

Polygone	Vegpot	BOJ		EPB		SAB		...	MOY
		ΔG_{pot}	valeur normalisée	IQS_{pot}	valeur normalisée	IQS_{pot}	valeur normalisée		
1	FE3	10.7	1.2						1.0
2	MJ1	10.5	0.6			16.8	1.1		0.8
3	MJ2	10.3	-0.2	18.2	1.3	16.4	0.7		0.3
4	MS1	10.0	-0.9	17.9	0.3	15.9	0.2		-0.2
5	MS2			17.1	-0.1	15.3	-0.1		-0.1
6	RS5			16.4	-0.8	14.9	-0.4		-0.5
7	RS2					14.5	-1.2		-0.6
...									

2. Calcul de la moyenne des valeurs normalisées de chaque essence du polygone

3. Obtention d'une valeur unique de productivité synthèse par polygone

Figure 8. Étapes effectuées dans la normalisation des valeurs de productivité potentielle

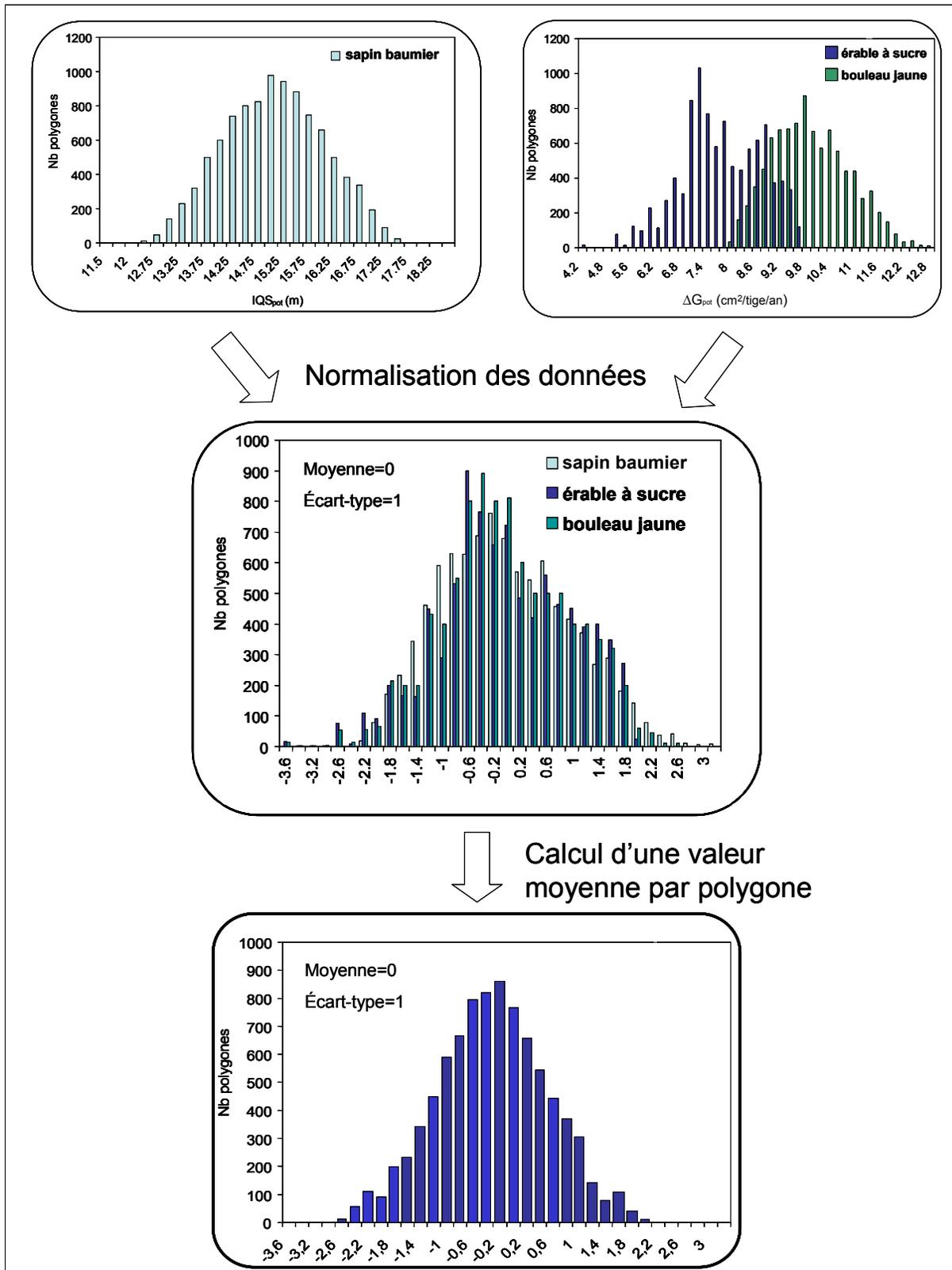


Figure 9. Schématisation des étapes menant à l'obtention d'une valeur unique de productivité potentielle par polygone

Évaluer les contraintes à l'aménagement

Évaluer les contraintes à l'aménagement forestier est aussi nécessaire pour déterminer les sites à fort potentiel forestier. On a réalisé une cartographie des contraintes et ainsi associé un niveau de risque opérationnel ou écologique, à la suite d'une intervention forestière, à chacun des polygones forestiers productifs du territoire public. Les sites trop contraignants pour les activités d'aménagement ont été exclus des propositions d'A IPL, même s'ils pouvaient être considérés comme hautement productifs.

Les contraintes retenues dans le processus de détermination des propositions d'A IPL sont liées à des éléments de faisabilité opérationnelle, de praticabilité, de fragilité du milieu ou de risque de perturbation naturelle (tableau 3). Elles ont été évaluées à partir de variables physiques cartographiables à l'échelle du polygone.

Tableau 3. Présentation des contraintes retenues et des variables cartographiables utilisées pour leur évaluation

Catégorie	Contraintes	Variables requises
Faisabilité opérationnelle	Sol très mince	<ul style="list-style-type: none"> Épaisseur du dépôt par le code de milieu physique
Praticabilité	Solidité (capacité portante)	<ul style="list-style-type: none"> Classe de drainage Type de dépôt Texture du dépôt par le code de milieu physique
	Rugosité (inégalité du terrain)	<ul style="list-style-type: none"> Rugosité moyenne par type de dépôt et district écologique
	Pente forte	<ul style="list-style-type: none"> Classe de pente
Fragilité	Orniérage (ennoisement)	<ul style="list-style-type: none"> Code de milieu physique Type écologique Classe de pente Type de dépôt
	Érosion (incluant le décapage)	<ul style="list-style-type: none"> Classe de pente Texture du dépôt par le code de milieu physique Pierrosité moyenne par type de dépôt et district écologique Épaisseur du dépôt par le code d'épaisseur lié au dépôt de surface Drainage synthèse
	Remontée de la nappe phréatique	<ul style="list-style-type: none"> Pente Classe de drainage Nature du dépôt Texture du dépôt
Perturbation naturelle	Risque de feu ¹	<ul style="list-style-type: none"> Sous-région écologique

¹ Le risque de feu a été pris en compte seulement pour les UA touchant aux régions écologiques 6d et 6k.

Ci-après, une description de chacune des contraintes évaluées pour la détermination des propositions d'AIPL.

Les sites sur un sol très mince (code de milieu physique 0) sont problématiques pour plusieurs activités d'aménagement forestier telles que la préparation de terrain et le reboisement. Ces sites sont également sensibles à l'érosion ou au décapage et, dans bien des cas, à l'exportation de biomasse (appauvrissement du sol en éléments minéraux). Ces sites ne conviennent pas à une intensification de la production de matière ligneuse.

La solidité est la capacité portante d'un sol pour un engin forestier. Elle est mesurée par la pression (poids par unité de surface) que le sol peut supporter sans subir d'empreinte. Une capacité portante de moins de 20 kPa (3 lb/po²) est jugée très faible (Mellgren 1980). Les sites ainsi classés sont exclus de ceux à fort potentiel forestier. Ces sites sont caractérisés par un drainage mauvais (classe 5) ou très mauvais (classe 6) ou par des dépôts de nature organique.

La rugosité se définit comme le microrelief d'une surface susceptible d'influencer la vitesse de déplacement, la stabilité et le trajet de la machinerie forestière. La rugosité est fonction de la hauteur ou profondeur, de la taille, de l'abondance et de l'espacement des obstacles permanents du terrain. Un site de rugosité de classe 4 ou plus est caractérisé par au moins un obstacle de 50 cm et plus de hauteur ou profondeur (par 100 m²) combiné avec un grand nombre d'obstacles de plus petites dimensions (Saucier *et al.* 1994). Les sites très inégaux (classe 4) et extrêmement inégaux (classe 5) sont exclus des sites pour l'intensification de la production ligneuse.

L'inclinaison de la pente a un impact sur la facilité de déplacement de la machinerie forestière. La contrainte augmente avec la déclivité de la pente; une pente trop forte peut rendre impossible le déplacement d'un engin. Une pente de plus de 30 % (pente forte, classe E) est jugée problématique, et une pente de plus de 40 % (pente abrupte, classe F) est jugée impraticable. Les sites avec une classe de pente S sont dits enclavés (donc inaccessibles) parce qu'ils sont entourés de pentes de 41 % et plus. Les sites dont la pente est de plus de 30 % sont exclus. Les classes de pente utilisées sont issues d'un modèle numérique de terrain construit sur une grille appliquée sur des courbes de niveau équidistantes de 20 m.

L'orniérage est un effet de creusement du sol, dû au passage répété au même endroit des roues d'un engin forestier. L'orniérage est intimement lié à la capacité portante (solidité) du sol. L'orniérage s'accompagne de la compaction du sol ou, dans le cas des sols saturés d'eau, du déplacement latéral du sol, ce qui brise sa structure. Ces phénomènes ont un impact négatif sur la productivité des sols. Les sites présentant un risque d'orniérage très élevé (classes 5 et 6) sont caractérisés par un drainage hydrique (classes de drainage 5 et 6) sur sol minéral ou organique. Ces sites sont exclus des sites à fort potentiel forestier.

L'érosion de surface engendre une diminution du volume disponible pour l'enracinement, une détérioration des conditions physiques du sol en surface, une diminution des réserves en eau et une perte de nutriments. L'érosion de surface affecte les couches superficielles du sol, soit celles où l'activité biologique est la plus intense et où la concentration des nutriments disponibles est la plus élevée. Les sites très à risque d'érosion sont caractérisés par une

combinaison de ces caractéristiques : pente forte ou abrupte, sol mince, à texture fine et faible pierrosité. Ces sites très à risque d'érosion sont exclus des sites pour l'intensification de la production ligneuse.

La remontée de la nappe phréatique est causée par la diminution de l'évapotranspiration à la suite de l'enlèvement du couvert végétal. Sur les sites à mauvais drainage, ces conditions peuvent perdurer plusieurs années, compromettant ainsi l'installation, la survie et la croissance de la régénération. Le sol ainsi saturé d'eau devient rapidement déficient en oxygène, soumettant ainsi les organismes à des conditions d'anaérobiose. Les sols de drainage imparfait avec drainage latéral, de drainage mauvais ou très mauvais (classes de drainage 41, 5 et 6) risquent de présenter des problèmes d'engorgement par la remontée de la nappe phréatique. Le risque est encore plus grand si la pente est nulle à douce (inférieure à 16 %) et que le dépôt est de nature minérale à texture fine. La combinaison de l'ensemble de ces caractéristiques mène à des sites à risque très élevé de remontée de la nappe phréatique, lesquels ne peuvent faire l'objet d'une intensification de la production ligneuse.

Le feu constitue une perturbation naturelle majeure pour les forêts du Québec, spécialement pour les forêts boréales. Le cycle de feu, qui correspond au nombre d'années requises pour que brûle une superficie égale à celle du territoire à l'étude, varie grandement d'une région à une autre. Des travaux réalisés dans le passé par un comité formé de représentants du MRN, de la SOPFEU et du Service canadien des forêts ont abouti à une cartographie des cycles de feu calquée sur les contours des sous-régions écologiques. Il en ressort que deux régions écologiques, soit la 6d et la 6k, sont caractérisées par un cycle de feu très court (inférieur à 100 ans) et sont donc associées à un risque très élevé de perte du capital forestier. Bien que la cartographie du risque de feu ne soit pas précise à l'échelle du polygone écoforestier (elle l'est plutôt à l'échelle de la sous-région écologique), ce risque a tout de même été pris en compte lors de l'identification des sites à fort potentiel forestier. Les sites localisés dans les régions écologiques 6d et 6k sont exclus des sites pour l'intensification de la production ligneuse.

Pour obtenir davantage d'information sur la nature des contraintes et la méthode d'analyse et de cartographie, le lecteur peut obtenir davantage d'information sur la nature des contraintes et la méthodologie d'analyse et de cartographie en consulter le document de Cyr (à paraître en 2014). Ce document présente un travail de grande envergure sur la question de l'analyse et de la cartographie des contraintes à l'aménagement forestier. On y trouve plusieurs contraintes qui ont été évaluées, mais qui n'ont pas servi pour le présent exercice de propositions d'A IPL. Notamment, on y trouve de l'information sur des contraintes relatives à la susceptibilité ou à la vulnérabilité à des insectes ravageurs ou à des maladies.

La figure 10 illustre l'importance du territoire trop contraignant pour une intensification de la production ligneuse pour chaque sous-domaine bioclimatique. À l'exception du sous-domaine 2 Ouest, les sous-domaines les plus méridionaux (domaines 2, 3 et 4) présentent une proportion de territoire contraignant moins élevée que ceux du nord (domaines 5 et 6). Plus du quart de la superficie des sous-domaines 6 Est et 6 Ouest est classé trop contraignant. De plus, l'importance de chaque contrainte varie d'un sous-domaine à l'autre. La figure 11 illustre l'exemple des sous-domaines 6 Est et 6 Ouest. Mis à part le risque de feu, ce sont les contraintes de sol très mince, d'érosion et de pente, tous associées à un relief accidenté, qui sont problématiques à l'est. À l'ouest, ce sont plutôt l'orniérage et la solidité du sol, caractéristiques d'un relief plat, qui sont problématiques.

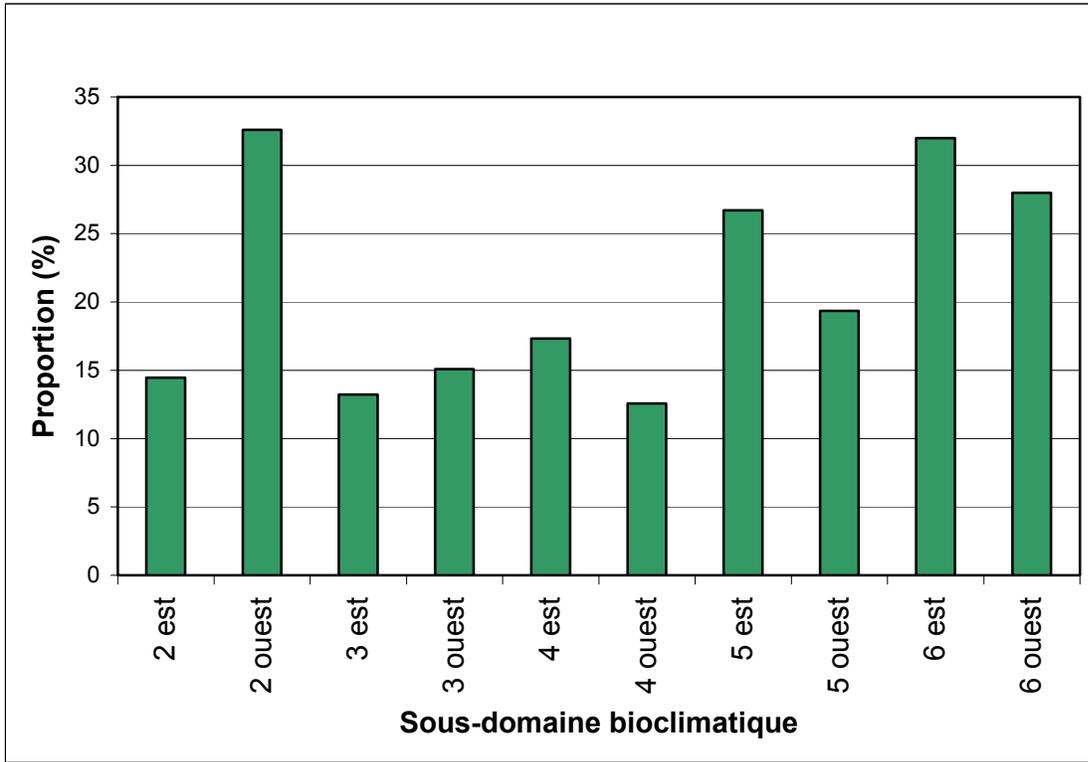


Figure 10. Proportion du territoire forestier productif trop contraignant par sous-domaine bioclimatique

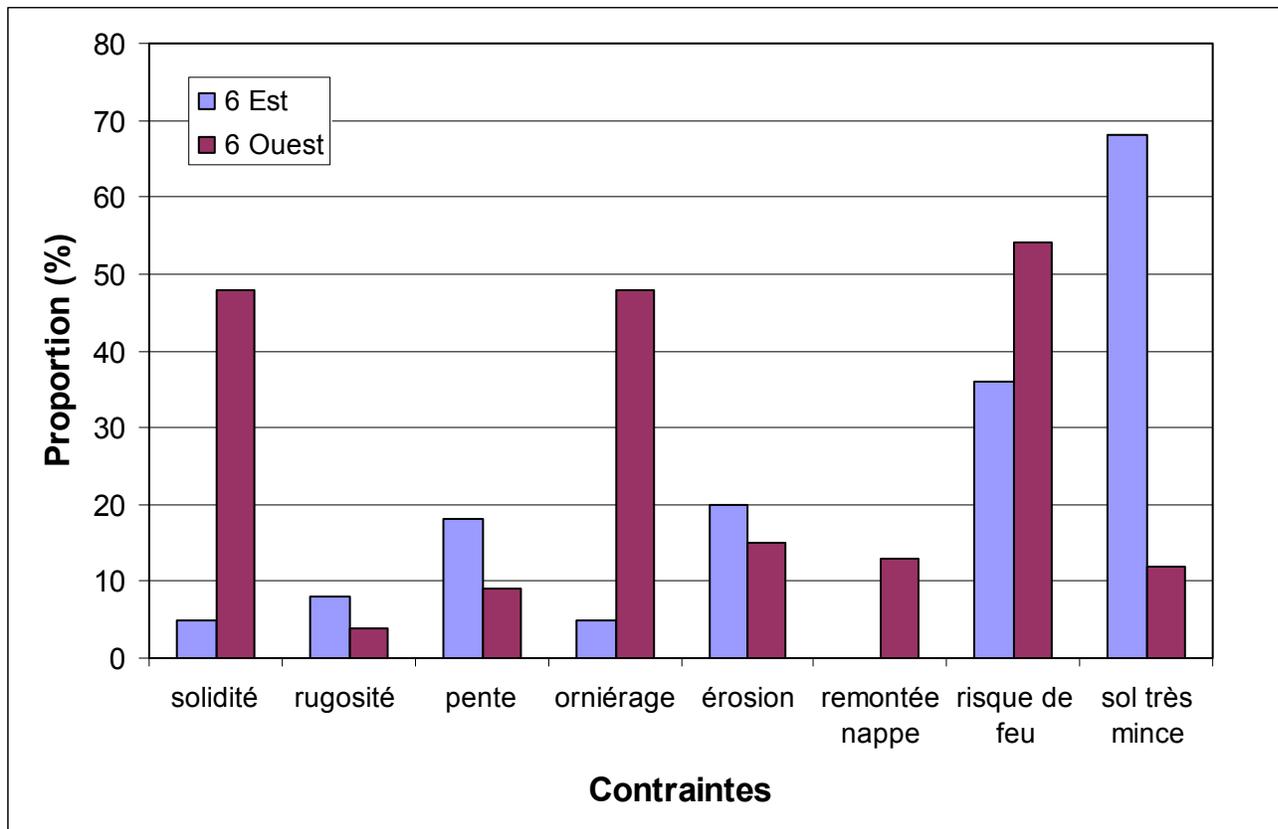


Figure 11. Importance des contraintes pour les sous-domaines bioclimatiques 6 Est et 6 Ouest

Réaliser le processus d'agrégation des polygones menant à l'identification des propositions d'AIPL

Afin de déterminer les secteurs à concentration élevée de sites à fort potentiel forestier, les polygones trop contraignants ont tout d'abord été exclus. Même si une valeur de productivité avait pu être attribuée à ces polygones, ils n'ont pas été pris en compte dans l'identification des propositions d'AIPL. Par la suite, les autres polygones ont été hiérarchisés au sein de l'UA selon leur valeur de productivité synthèse. On a ainsi pu définir cinq classes de productivité d'égale superficie parmi l'ensemble des polygones non trop contraignants. On a alors pu retenir les polygones correspondant aux 40 % des superficies les plus productives par UA. Ces polygones correspondent aux sites à fort potentiel forestier (figure 12). On a appliqué des techniques d'analyse spatiale sur l'ensemble du territoire de chaque UA afin de former les secteurs à forte concentration de ces sites. Ces secteurs représentent donc des agrégations de polygones hautement productifs et ne présentant pas de contraintes majeures, et forment les propositions d'AIPL. La figure 13 illustre les étapes menant à l'identification de ces aires.

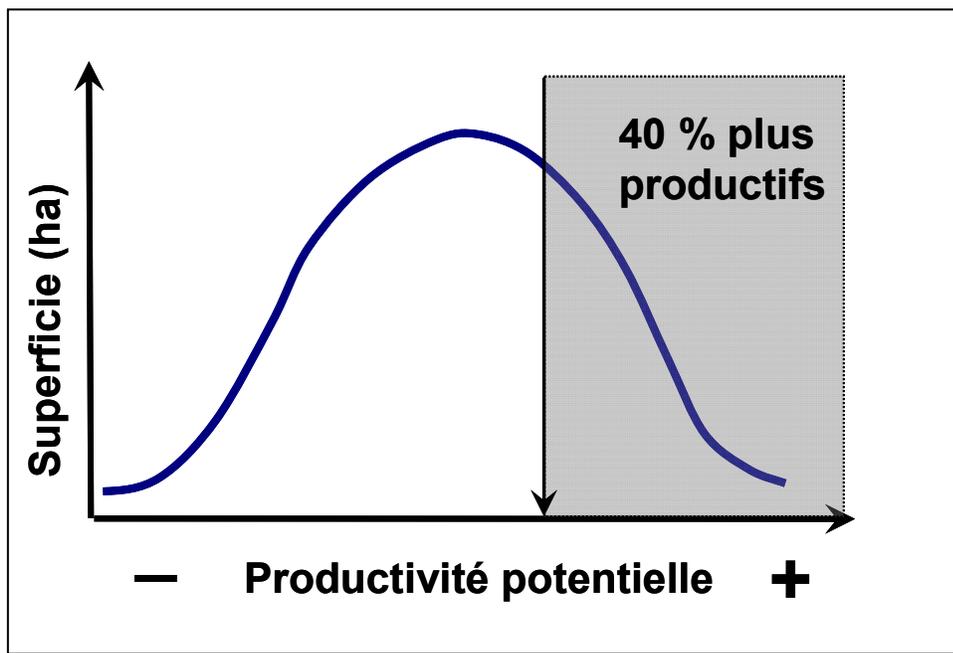


Figure 12. Schématisation des 40 % meilleures superficies retenues pour l'identification des secteurs à concentration élevée de sites à fort potentiel forestier

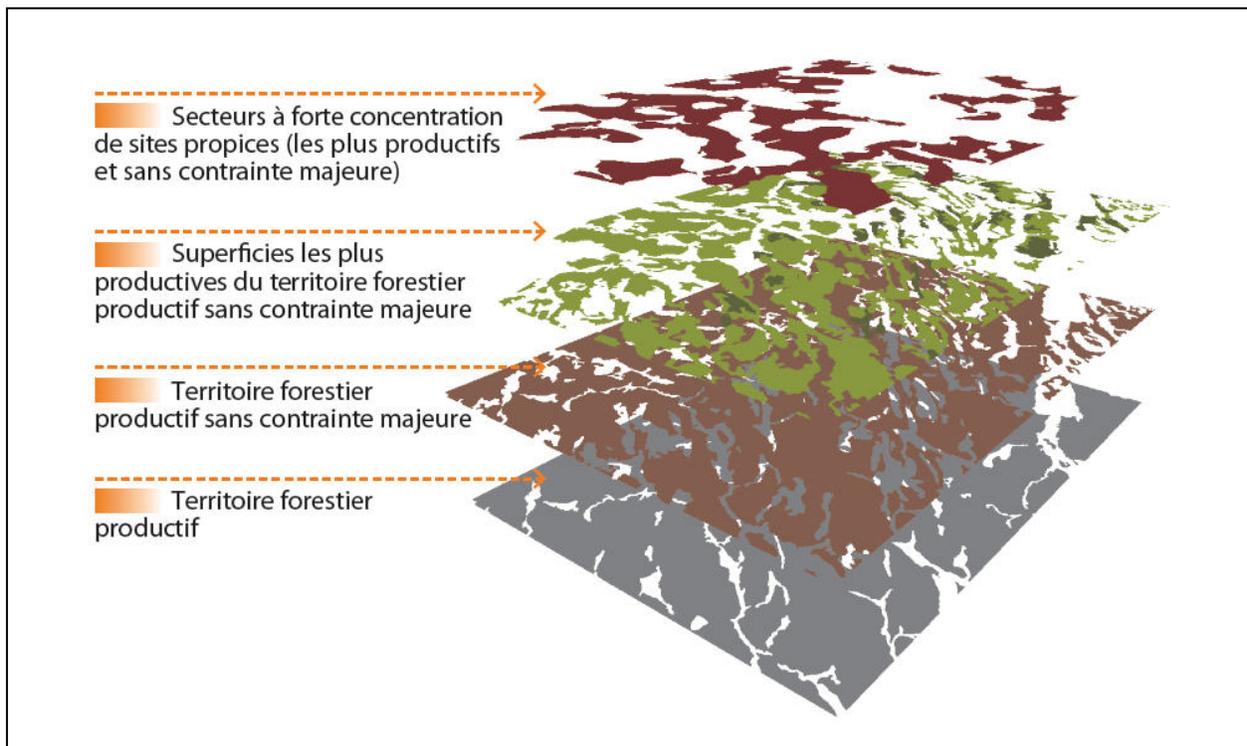


Figure 13. Étapes menant à l'identification des propositions d'AIPL (de bas en haut)

L'agrégation des meilleurs polygones a été effectuée avec l'application Spatial Analyst d'ArcGIS. Les paramètres suivants ont été fixés à priori :

- Rayon d'analyse : 250 m;
- Superficie minimale des agrégations : 100 ha;
- Seuil minimal de pureté pour l'analyse de voisinage : 60 %.

L'objectif de cet exercice était de former des agrégations d'au moins 100 ha à l'intérieur desquelles on trouverait une proportion de polygones à la fois très productifs et non trop contraignants de l'ordre de 90 % (ce qui correspond au degré de pureté). Pour atteindre ce degré de pureté à l'échelle des agrégations, le seuil minimal de pureté lors de l'analyse numérique spatiale par le logiciel a été de 60 %. Par la suite, on a fait un calcul de la productivité synthèse moyenne de chaque agrégation en pondérant par la superficie de chaque polygone non trop contraignant. On a ainsi pu hiérarchiser chaque agrégation sur la base de sa productivité potentielle moyenne.

La figure 14 présente un exemple de la cartographie des sites à fort potentiel forestier pour l'UA 3152. On peut remarquer que ces sites, constitués de polygones présentant une productivité élevée (classes 60-80 et 80-100), se situent principalement au sud et à l'ouest du territoire. En effet, le secteur plus à l'est constitue le plateau des Laurentides et est caractérisé par une altitude plus élevée. Les peuplements présentant des classes de productivité élevée sont peu abondants dans ce secteur, et ce, probablement en raison de conditions météorologiques moins favorables à la croissance.

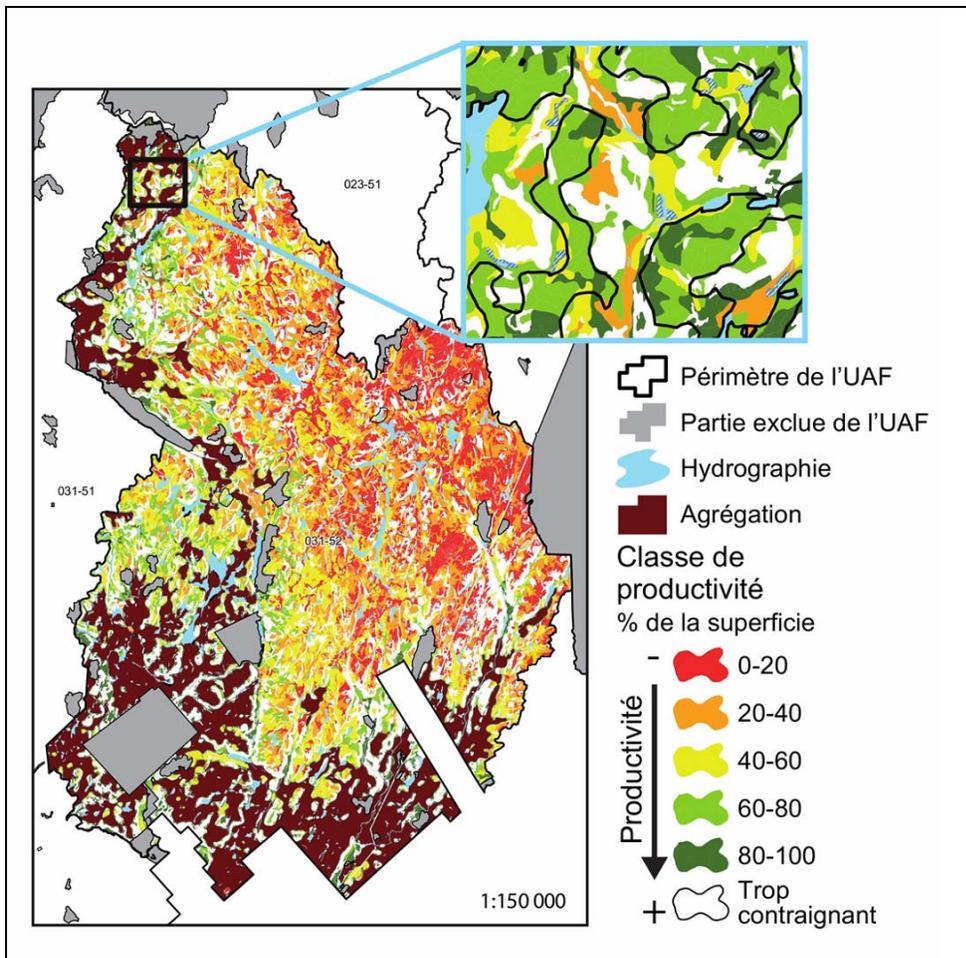


Figure 14. Cartographie des propositions d'A IPL pour l'UA 3152

En forêt privée

La forêt privée, contrairement à la forêt publique, n'est pas soumise à l'article de la Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier qui oblige à consacrer une certaine portion du territoire forestier productif à l'intensification de la production de bois. Aucune proposition d'A IPL n'a donc été déterminée pour la forêt privée. Cependant, le MRN privilégie, par le programme d'aide à la mise en valeur des forêts privées, l'application de scénarios sylvicoles intensifs sur les sites les plus propices sur les plans financier et forestier. À cet effet, une cartographie des polygones à fort potentiel forestier de chaque territoire d'agence régionale de mise en valeur des forêts privées a été produite et livrée à chacune des régions pour aider les propriétaires dans leur prise de décisions.

Produits livrés aux régions

La DIF a livré tous les dossiers relatifs à l'identification des propositions d'AIPL à chacune des régions par le biais des directions régionales de l'expertise. Un premier envoi a été fait en juillet 2009 et consistait en une version préliminaire des propositions d'AIPL délimitées par UA. À la suite de commentaires reçus de certaines directions régionales, des changements ont été apportés, et une version finale des résultats par UA a été envoyée en février 2010. Cet envoi constitue la version officielle sur laquelle les régions doivent se baser pour délimiter leurs AIPL finales. Par la suite, en réponse à une demande d'une direction régionale, la DIF a procédé à une autre cartographie des propositions d'AIPL, mais cette fois sur la base du territoire de la région (basé sur les contours du ministère de l'Industrie et du Commerce). Il s'agit d'un outil supplémentaire d'aide à la décision. Le tout a été livré en juillet 2010. Comme il a été mentionné précédemment, certains résultats ont aussi été livrés pour la forêt privée.

Voici de façon détaillée tous les produits livrés aux régions lors du 2^e envoi (constituant la version officielle) :

- Document portant sur la méthode d'identification des aires potentielles et l'utilisation des résultats.
Ce document présente de façon sommaire la méthode utilisée pour la production des agrégations et, donc, pour l'identification des AIPL. On y présente également une description de la forme de présentation des résultats d'agrégation et des exemples d'interprétations et d'analyses qu'il est possible de faire à partir des données contenues dans les différentes tables fournies. La description des données contenues dans les tables fournies est également présentée.
- Document portant sur les modifications apportées à la méthode.
Ce document présente toutes les modifications qui ont été apportées, depuis l'envoi initial, à la méthode d'identification des AIPL. Ces changements ont entraîné des résultats d'agrégation plus ou moins différents, selon l'UA, par rapport à l'envoi initial.
- Document portant sur les contraintes à l'aménagement forestier.
Ce document présente sommairement l'ensemble des contraintes à l'aménagement forestier, dont celles qui ont été prises en compte dans l'exercice d'identification des AIPL.
- Cartes des propositions d'AIPL.
Ces cartes, en format PDF, présentent, pour chaque UA, différentes informations relatives au territoire, aux agrégations et à la productivité des polygones écoforestiers (voir figure 14).
- Tables des contraintes à l'aménagement.
Ces tables, en format DBF, présentent, pour chaque UA, les cotes de risque ou de sévérité de 16 contraintes pour chaque polygone écoforestier. Cette liste de contraintes inclut celles qui ont été utilisées dans l'exercice d'identification des AIPL.

- Couvertures numériques (fichiers de formes ou Shapefiles) des propositions d’AIPL et de la cartographie forestière.

Les fichiers de propositions d’AIPL contiennent les résultats d’agrégation par UA. Ils renferment la couche et les informations relatives aux agrégations (par exemple, la productivité potentielle moyenne).

Les fichiers de la cartographie forestière renferment l’information de la strate cartographique relative à chacun des polygones ainsi que leur productivité potentielle synthèse (pour les polygones non contraignants), leur classement dans l’une des cinq classes de productivité synthèse et leur appartenance ou non à une agrégation.

- Tables de productivité.

Une table de productivité est réalisée pour chaque UA. Elle présente notamment les valeurs absolues de productivité potentielle des principales essences rattachées à la végétation potentielle de **tous** les polygones écoforestiers de l’UA, y compris ceux trop contraignants. Ces valeurs sont exprimées sous la forme d’un IQS ou d’un ΔG potentiels selon le type d’essence. De plus, cette table renferme la valeur et la classe de productivité potentielle synthèse de **tous** les polygones de l’UA.

- Tableaux statistiques avant agrégation et après agrégation.

Les tableaux statistiques avant agrégation renferment une description des territoires d’UA avant agrégation. Pour chaque UA, on présente, sous forme de tableaux, la répartition de la superficie selon les codes de terrain, les types de couverts, les essences dominantes et l’origine des peuplements (naturelle ou de plantation) ainsi que les structures et classes d’âge des peuplements. La répartition des polygones selon les classes de contrainte pour les sept contraintes discriminantes est aussi présentée. Un tableau récapitulatif présentant, pour chacune des 74 UA de la province, la proportion du territoire forestier productif déclassée par l’une ou l’autre des contraintes discriminantes est inclus. Il est à noter que pour ce travail, le territoire forestier productif intègre à la fois les terrains accessibles (classe de pente de moins de 40 %) et inaccessibles (classe de pente de 40 % et plus).

Les tableaux statistiques après agrégation présentent une description postagrégation avec hiérarchie des agrégats. Pour chaque UA, on présente, sous forme de tableaux, la superficie de l’UA et sa proportion couverte par des agrégations, la liste des principaux types écologiques composant les agrégations et la superficie non agrégée (hors agrégations) ainsi qu’une description de chaque agrégation, qui comprend notamment sa superficie et sa productivité potentielle synthèse (moyenne des valeurs de productivité synthèse de chaque polygone).

En ce qui concerne la forêt privée, à l’exception des dossiers liés aux agrégations, les mêmes produits ont été livrés aux régions. Les résultats ont été produits et livrés par agence régionale de mise en valeur des forêts privées.

Utilisations possibles des données

Voici quelques exemples d'analyses et d'utilisations de l'information fournie par UA à chaque région :

- Afficher les 20 % meilleurs polygones pour la productivité du SAB. La table de productivité brute des essences par polygone peut servir à afficher le pourcentage des meilleurs polygones au regard de la productivité potentielle (IQS ou ΔG) pour une essence ciblée.
- Calculer la moyenne de productivité synthèse pour chacun des types écologiques. Cela permet de comparer les types écologiques entre eux et de déterminer les plus productifs en moyenne.
- Calculer la répartition des superficies, par type écologique, selon les cinq classes de productivité synthèse et déterminer la proportion des superficies qui sont incluses dans des agrégations ou non.
- Identifier les polygones les plus productifs pour une végétation potentielle donnée. Par exemple, déterminer les meilleurs polygones parmi le bassin de polygones dont la végétation potentielle est RE2. Cela permet de voir l'effet du milieu physique sur la productivité potentielle.
- Restreindre l'analyse à un domaine bioclimatique particulier et identifier les polygones les plus productifs d'une UA qui sont localisés dans ce domaine bioclimatique. Par exemple, identifier les meilleurs polygones d'une UA parmi ceux localisés dans le domaine de la pessière à mousses.
- Identifier les polygones de forte productivité potentielle (qui appartiennent aux 40 % meilleurs) qui ne font pas partie d'une agrégation et localiser ces polygones par rapport aux agrégations. Par exemple, afficher les polygones très productifs non agrégés localisés à moins de 2 km d'une agrégation.
- Identifier les polygones de forte productivité potentielle qui ne font pas partie d'une agrégation et qui ont déjà été traités par des investissements antérieurs.
- Analyser les raisons qui font que des polygones au sein d'une agrégation sont considérés comme de l'impureté. Est-ce une raison de fertilité? Est-ce une raison de contrainte? Si oui, quelle est cette contrainte?

Références bibliographiques

- BÉRARD, L., J. GRAVEL, S. MEUNIER, F. BRULOTTE, M. LAINESSE, J. ROY, J. SAMSON, M.-K. SAVOIE, L. DESCHÊNES, P. PETITCLERC, A. ROBERGE, J. GOSELIN, G. CYR, V. LAFLÈCHE, L. MARZELL, 2010. *Guide d'identification des aires d'intensification de la production ligneuse*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 50 p.
- CHEN, H. Y. H., P. V. KRESTOV et K. KLINKA, 2002. "Trembling aspen site index in relation to environmental measures of site quality at two spatial scales", *Canadian Journal of Forest Research*, [En ligne], vol. 32, n° 1, p. 112-119. [www.nrcresearchpress.com/toc/cjfr/32/1].
- CYR, G., à paraître en 2014. *Analyse des contraintes à l'aménagement*, ministère des Ressources naturelles, Direction des inventaires forestiers. [En préparation].
- LAFLÈCHE, V., S. BERNIER, J.-P. SAUCIER et C. GAGNÉ, 2013. *Indices de qualité de station des principales essences commerciales en fonction des types écologiques du Québec méridional*, Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction des inventaires forestiers. 115 p.
[<http://www.mrn.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/indices-qualite.pdf>].
- MELLGREN, P. G., 1980. *Classification des terrains pour la foresterie du Canada*, Association canadienne des pâtes et papiers, 13 p.
- MIRON, S., M. RIOPEL, F. MÜSSENBERGER, V. LAFLÈCHE, J. BÉGIN et J.-P. SAUCIER, 2010. « Chapitre 1 : L'âge corrigé : Élaboration et validation d'une méthode de correction des retards de croissance occasionnés par l'oppression juvénile et les épidémies d'insectes pour l'estimation des indices de qualité de station », dans MÜSSENBERGER, F., et al. *Le potentiel d'accroissement d'une station écoforestière : prédiction de l'indice de qualité de station et de l'accroissement annuel moyen potentiel par polygone forestier pour la forêt publique commerciale du Québec*, Université Laval, p. 17-35.
[<http://www2.sbf.ulaval.ca/dendro/Recherche/Rapports/default.htm>].
- MONSERUD, R. A., 1984. "Height growth and site index curves for inland Douglas-fir based on stem analysis data and forest habitat type", *Forest Science*, vol. 30, n° 4, p. 943-965.
- MONSERUD, R. A., 1987. "Variation on a theme of site index", dans NORTH CENTRAL FOREST EXPERIMENT STATION. *Forest Growth Modelling and Prediction: Proceedings of the IUFRO Conference August 23-27, 1987, Minneapolis, Minnesota (International Union of Forestry Research Organizations)*, North Central Forest Experiment Station, p. 419-427.
- MONSERUD, R. A., S. HUANG et Y. YANG, 2006. "Predicting lodgepole pine site index from climatic parameters in Alberta", *The Forestry Chronicle*, [En ligne], vol. 82, n° 4, p. 562-571.
[<http://pubs.cif-ifc.org/toc/tfc/82/4>]
- MÜSSENBERGER, F., S. MIRON, M. RIOPEL, J. BÉGIN et J.-P. SAUCIER, 2010. « Chapitre 2 : Équations linéaires hauteur-âge pour l'estimation d'un IQS potentiel au niveau provincial », dans MÜSSENBERGER, F., et al. *Le potentiel d'accroissement d'une station écoforestière : prédiction de l'indice de qualité de station et de l'accroissement annuel moyen potentiel par polygone forestier pour la forêt publique commerciale du Québec*, Université Laval, p. 36-58.
[<http://www2.sbf.ulaval.ca/dendro/Recherche/Rapports/default.htm>].
- PÉRIÉ, C., L. DUCHESNE et M.-C. LAMBERT, 2012. *Prédire la croissance potentielle des arbres au Québec à l'aide des caractéristiques cartographiables des peuplements et des*

- stations*, ministère des Ressources naturelles et de la Faune, 44 p. (Mémoire de recherche forestière; 164).
- POKHAREL, B., et R. E. FROESE, 2009. "Representing site productivity in the basal area increment model for FVS-Ontario", *Forest Ecology and Management*, vol. 258, n° 5, p. 657-666.
- QUÉBEC. *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier : chapitre A-18.1, à jour au 1^{er} juin 2013*, [En ligne], Éditeur officiel du Québec.
[\[www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/A_18_1/A18_1.html\]](http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/A_18_1/A18_1.html).
- RÉGNIÈRE, J., B. J. COOKE et V. BERGERON, 1995. *BioSIM : un instrument informatique d'aide à la décision pour la planification saisonnière de la lutte antiparasitaire : guide d'utilisation*, Québec, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, 67 p.
- RÉGNIÈRE, J., et R. SAINT-AMANT, 2008. *BioSIM 9 : manuel de l'utilisateur*, Québec, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Laurentides, 82 p.
- SAS INSTITUTE, 2000. *SAS/STAT User's Guide*, Cary (NC), SAS Institute.
- SAS INSTITUTE, 2002. *SAS/STAT User's Guide*, Cary (NC), SAS Institute.
- SAUCIER, J.-P., J.-P. BERGER, H. D'AVIGNON et P. RACINE, 1994. *Le point d'observation écologique*, ministère des Ressources naturelles, 116 p.
- SAUCIER, J.-P., C. GAGNÉ et S. BERNIER, 2006. "Comparing site index by site types along an ecological gradient in southern Québec using stem analysis", dans *Colloque Eastern CANUSA : Les sciences forestières au-delà des frontières : Manuel de conférence = Eastern CANUSA Conference: Forest Science across the Borders: Conference Handbook*, [En ligne], p. 136-143.
[\[www.mrn.gouv.qc.ca/ecanusa/documents/manuel-conference.pdf\]](http://www.mrn.gouv.qc.ca/ecanusa/documents/manuel-conference.pdf).
- SAUCIER, J.-P., P. GRONDIN, A. ROBITAILLE, J. GOSSELIN, C. MORNEAU, P. J. H. RICHARD, J. BRISSON, L. SIROIS, A. LEDUC, H. MORIN, É. THIFFAULT, S. GAUTHIER, C. LAVOIE et S. PAYETTE, 2009. « Chapitre 4 : Écologie forestière », dans *Manuel de foresterie*, nouvelle édition entièrement revue et augmentée, Éditions MultiMondes, p. 165-316.
- SMITH, D. M., B. C. LARSON, M. J. KELTY et P. M. S. ASHTON, 1997. *The Practice of Silviculture: Applied Forest Ecology*, 9th Edition, John Wiley & Sons, 560 p.
- UNG, C.-H., P.-Y. BERNIER, F. RAULIER, R. A. FOURNIER, M.-C. LAMBERT et J. RÉGNIÈRE, 2001. "Biophysical site indices for shade tolerant and intolerant boreal species", *Forest Science*, vol. 47, n° 1, p. 83-95.

Annexe

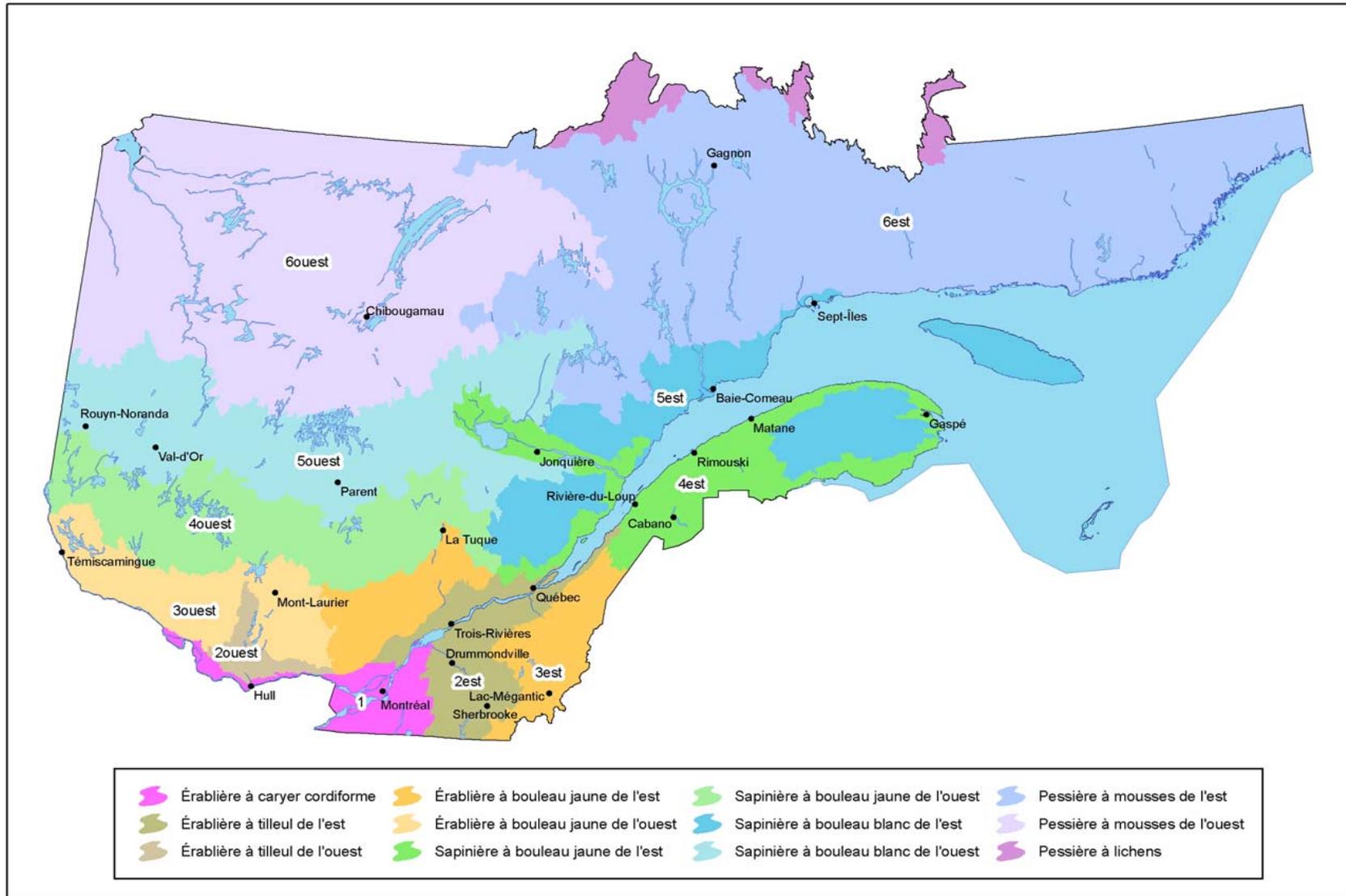


Figure 15. Localisation des sous-domaines bioclimatiques

Tableau 4. Description des types écologiques retenus

Code	Définition
FE11	Érablière à caryer cordiforme sur dépôt minéral de mince à épais, de texture grossière, de drainage mésique
FE12	Érablière à caryer cordiforme sur dépôt minéral de mince à épais, de texture moyenne, de drainage mésique
FE21	Érablière à tilleul sur dépôt minéral de mince à épais, de texture grossière, de drainage xérique ou mésique
FE22	Érablière à tilleul sur dépôt minéral de mince à épais, de texture moyenne, de drainage mésique
FE25	Érablière à tilleul sur dépôt minéral de mince à épais, de texture moyenne, de drainage subhydrique
FE31	Érablière à bouleau jaune sur dépôt minéral de mince à épais, de texture grossière, de drainage xérique ou mésique
FE32	Érablière à bouleau jaune sur dépôt minéral de mince à épais, de texture moyenne, de drainage mésique
FE32H	Érablière à bouleau jaune sur dépôt minéral de mince à épais, de texture moyenne, de drainage mésique, de haut de pente
FE34	Érablière à bouleau jaune sur dépôt minéral de mince à épais, de texture grossière, de drainage subhydrique
FE35	Érablière à bouleau jaune sur dépôt minéral de mince à épais, de texture moyenne, de drainage subhydrique
FE51	Érablière à ostryer sur dépôt minéral de mince à épais, de texture grossière, de drainage xérique ou mésique
FE52	Érablière à ostryer sur dépôt minéral de mince à épais, de texture moyenne, de drainage mésique
FE61	Érablière à chêne rouge sur dépôt minéral de mince à épais, de texture grossière, de drainage xérique ou mésique
FE62	Érablière à chêne rouge sur dépôt minéral de mince à épais, de texture moyenne, de drainage mésique
ME13	Pessière noire à peuplier faux-tremble sur dépôt minéral de mince à épais, de texture fine, de drainage mésique
ME16	Pessière noire à peuplier faux-tremble sur dépôt minéral de mince à épais, de texture fine, de drainage subhydrique
MJ11	Bétulaie jaune à sapin et érable à sucre sur dépôt minéral de mince à épais, de texture grossière, de drainage xérique ou mésique
MJ12	Bétulaie jaune à sapin et érable à sucre sur dépôt minéral de mince à épais, de texture moyenne, de drainage mésique
MJ14	Bétulaie jaune à sapin et érable à sucre sur dépôt minéral de mince à épais, de texture grossière, de drainage subhydrique
MJ15	Bétulaie jaune à sapin et érable à sucre sur dépôt minéral de mince à épais, de texture moyenne, de drainage subhydrique
MJ16	Bétulaie jaune à sapin et érable à sucre sur dépôt minéral de mince à épais, de texture fine, de drainage subhydrique
RE11	Pessière noire à lichens sur dépôt minéral de mince à épais, de texture grossière, de drainage xérique ou mésique

RE13	Pessière noire à lichens sur dépôt minéral de mince à épais, de texture fine, de drainage mésique
RE16	Pessière noire à lichens sur dépôt minéral de mince à épais, de texture fine, de drainage subhydrique
RE20	Pessière noire à mousses ou à éricacées sur dépôt très mince, de texture variée, de drainage de xérique à hydrique
RE21	Pessière noire à mousses ou à éricacées sur dépôt minéral de mince à épais, de texture grossière, de drainage xérique ou mésique
RE23	Pessière noire à mousses ou à éricacées sur dépôt minéral de mince à épais, de texture fine, de drainage mésique
RE24	Pessière noire à mousses ou à éricacées sur dépôt minéral de mince à épais, de texture grossière, de drainage subhydrique
RE26	Pessière noire à mousses ou à éricacées sur dépôt minéral de mince à épais, de texture fine, de drainage subhydrique
RE37	Pessière noire à sphaignes sur dépôt minéral de mince à épais, de drainage hydrique, ombrotrophe
RE38	Pessière noire à sphaignes sur dépôt organique ou minéral, de mince à épais, de drainage hydrique, minérotrophe
RE39	Pessière noire à sphaignes sur dépôt organique de mince à épais, de drainage hydrique, ombrotrophe
RS21	Sapinière à épinette noire sur dépôt minéral de mince à épais, de texture grossière, de drainage xérique ou mésique
RS23	Sapinière à épinette noire sur dépôt minéral de mince à épais, de texture fine, de drainage mésique
RS24	Sapinière à épinette noire sur dépôt minéral de mince à épais, de texture grossière, de drainage subhydrique
RS26	Sapinière à épinette noire sur dépôt minéral de mince à épais, de texture fine, de drainage subhydrique
RS38	Sapinière à épinette noire et sphaignes sur dépôt organique ou minéral, de mince à épais, de drainage hydrique, minérotrophe