

# Potentiel des strates écoforestières à la CPPTM

Marc-Olivier Lemonde, candidat à la maîtrise et Jean Bégin, D.Sc., ing.f.

## Objectifs

Les objectifs visés par le projet sont de : **Partie 1 (I)** À partir des placettes du 3<sup>e</sup> programme d'inventaire d'aménagement forestier, vérifier quelles variables cartographiques discriminent le potentiel des placettes à la CPPTM dans la région 02; **(II)** À partir des placettes du 3<sup>e</sup> programme d'inventaire d'aménagement forestier, identifier le potentiel à la CPPTM des strates écoforestières matures présentes dans la région 02; **(III)** Produire une synthèse des superficies potentielles ainsi que des cartes de localisation des peuplements d'intérêt dans la région 02; **(IV)** Identifier géographiquement les concentrations de peuplements potentiels; **Partie 2 (V)** Mettre au point et évaluer une méthode utilisant l'imagerie satellitaire Quickbird pour cibler les peuplements aptes à une CPPTM afin de minimiser le recours à l'inventaire d'intervention.

**Partie 1 : Évaluation de l'aptitude des strates écoforestières à la CPPTM à l'aide des données du troisième programme d'inventaire d'aménagement forestier.**

## Méthodologie

À partir des données recueillies depuis 1997 dans les dispositifs de recherche, un filtre brut a été élaboré afin de cibler les peuplements susceptibles de tirer profit d'une CPPTM. Ces critères sont basés sur les caractéristiques dendrométriques avant coupe des blocs qui semblent les plus aptes parmi ceux traités dans le cadre du projet de recherche sur la CPPTM. Les critères du filtre brut ont donc été appliqués pour analyser le potentiel des strates matures à l'échelle de la région 02.

### **Critères dendrométriques d'évaluation de l'aptitude à la CPPTM**

Les placettes temporaires du troisième programme d'inventaire d'aménagement forestier du MRNF sont jugées aptes à la CPPTM lorsqu'elles répondent aux trois critères suivants :

#### **Critère de volume**

Le peuplement doit être exploitable, c'est-à-dire, qu'il doit avoir :

- un volume marchand résineux  $\geq 50 \text{ m}^3/\text{ha}$ ;
- un volume marchand résineux  $\geq 30 \text{ m}^3/\text{ha}$  dans les classes de dhp de 16 cm et plus.
- un volume moyen par tige résineuse marchande  $\geq 50 \text{ dm}^3$  (productivité des machines).

#### **Critère du nombre de tiges**

Pour obtenir un nombre suffisant de tiges après CPPTM, la placette doit avoir avant traitement:

- un nombre de petites tiges marchandes (dhp 10, 12 et 14 cm)  $\geq 250$  tiges/ha;
- un nombre de tiges résineuses dans les classes de dhp de 6 à 14 cm  $\geq 600$  tiges/ha;
- un nombre de tiges résineuses dans les classes de dhp de 2 à 14 cm  $\geq 1800$  tiges/ha.

En supposant que les opérateurs peuvent protéger autour de la moitié des tiges (2 à 14 cm de dhp), les peuplements aptes devraient donc présenter plus de 900 tiges/ha après CPPTM, dont un minimum de 125 tiges marchandes. Ces chiffres correspondent aux densités minimales exigées par le Manuel d'aménagement forestier pour considérer une CPPTM comme étant réussie (MRNFP 2003).

#### **Critère du pourcentage de cime**

Le critère de cime constitue un critère additionnel pour s'assurer que les petites tiges marchandes (classes de diamètre 10, 12 et 14 cm) réagiront au traitement. Les valeurs de ce critère ont été fixées en fonction de celles observées dans les blocs d'expérimentation de CPPTM. Comme le pourcentage de cime n'est généralement pas une donnée disponible dans les inventaires, il a été estimé à l'aide de régressions utilisant des variables dendrométriques. Les pourcentages moyens de cime calculés pour les placettes doivent être égaux ou supérieurs à 40% pour considérer les petites tiges marchandes comme ayant un potentiel pour la CPPTM.

## Régression logistique

L'identification des variables cartographiques discriminant le potentiel à la CPPTM des strates écoforestières a été réalisée au moyen de la procédure « Logistic » en utilisant la méthode « STEPWISE » et un seuil de signification de 5% (logiciel d'analyse statistique SAS 9.1). Grâce à ces variables, il est possible de construire un modèle prédictif de la probabilité d'un potentiel favorable à la CPPTM.

## Résultats

Sur les 5515 placettes analysées dans le cadre de cette étude, 1953 d'entre-elles répondent aux critères d'aptitude à la CPPTM. Cela représente 35,4 % de toutes les placettes caractérisées par un peuplement mature (de 50 ans et plus, de 7 mètres et plus) à dominance résineuse (EE-SS-SE-ES) dans la région 02. Les placettes d'appellation EE sont aptes dans une proportion de 29,7 % alors que celles d'appellations SS-SE-ES le sont dans une proportion de 40,8 %. Selon ces résultats préliminaires, une tendance se dégage : les peuplements à composante de sapin semblent être plus aptes à la CPPTM que les pessières pures. Pour respecter cette tendance, deux modèles de régression logistique ont été développés afin de quantifier la contribution des variables de l'appellation cartographique dans l'aptitude à la CPPTM.

### Résultat de la régression logistique : Appellation EE

Les variables discriminant le potentiel des placettes à la CPPTM dans la région 02 sont :

- La classe d'âge (âges 50-JIN < 90-120-ETAG-VIN < 70)<sup>1</sup>;
- La région écologique (régions 5c < 5e < 6NE < 5d < 4 < 5f < 6i);
- La classe de densité (densités A < D < B < C);
- La série évolutive (RE1 < les autres);
- Le dépôt de surface (dépôt mince < autres dépôts);

Les régions écologiques 6e, 6h et 6g sont regroupées sous l'appellation **6NE** alors que les régions 4d et 4e sont regroupées et identifiées **4**. La présence d'un dépôt mince est déterminée par le type écologique. Tous les types écologiques se terminant par le caractère 0 déterminent des dépôts minces. La série évolutive a elle aussi été identifiée à l'aide du type écologique. Elle est déterminée par les trois premiers caractères de celui-ci.

### Résultat de la régression logistique : Appellations ES-SE-SS

Les variables déterminant l'aptitude à la CPPTM des peuplements résineux à composante de sapin sont :

- La classe de hauteur (classes 12 < 4 < 3);
- La présence d'épidémie légère (EL < non EL);
- Le dépôt de surface (dépôt mince < autres dépôts);
- La région écologique (régions 45S < 5c < 6e < 45X < 6NW);

Les régions écologiques 6i, 6h et 6g sont regroupées sous l'appellation **6NW**, les régions 4d et 5e sont regroupées sous l'appellation **45S** alors que les régions 4e, 5d et 5f sont regroupées et identifiées **45X**. Les classes de hauteur 1 et 2 ont été regroupées et elles sont identifiées **12**. Tout comme pour l'appellation EE, la présence d'un dépôt mince est déterminée à l'aide du type écologique.

## Analyse des strates écoforestières

Les modèles développés à la section précédente sont appliqués aux cartes des peuplements forestiers de la région 02 afin de déterminer l'importance des superficies aptes à la CPPTM. Pour cette analyse notre approche concernant la CPPTM se veut plus opérationnelle. Les strates de densité A ainsi que celles dont le dépôt de surface est de type R ont toutes reçu un potentiel à la CPPTM nul puisqu'elles présentent un risque de chablis très élevé (Riopel et Bégin, 2007). Si nous considérons l'ensemble du territoire, nous obtenons une superficie résineuse mature (50 ans et +, 7 m et +) totale de 2 730 057,8 ha et une superficie résineuse mature totale apte de 1 004 938,8 ha. Pour l'ensemble du territoire, le pourcentage d'aptitude à la CPPTM est donc évalué à 36,8%. Selon les caractéristiques cartographiques des strates, il est toutefois possible de différencier les potentiels. Il semble y avoir une grande variabilité de l'aptitude à la CPPTM sur

---

<sup>1</sup> Aptitude à la CPPTM de **Âges 50-JIN** inférieure à celle de **90-120-ETAG-VIN** laquelle est inférieure à celle de **70**)

l'ensemble de la région 02. Cependant, on note la présence d'un gradient Nord-Sud (↓) et Est-Ouest (↓) dans l'aptitude à la CPPTM. La figure 1 dresse un bon résumé de la situation :

## Partie 2 : Évaluation de l'aptitude des strates écoforestières à la CPPTM à l'aide de l'imagerie satellitaire à haute résolution Quickbird

Pour cette étude, 2 blocs expérimentaux de 200 km<sup>2</sup>, dont l'un est dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc et l'autre dans celui de la pessière à mousses ont été étudiés de façon à évaluer la méthode utilisant l'imagerie satellitaire dans des conditions différentes. Chaque bloc est caractérisé par une bonne proportion de peuplements résineux matures et prêts à être récoltés. Pour chacun des deux blocs expérimentaux, une image satellitaire d'une superficie d'environ 200 km<sup>2</sup> provenant du satellite à haute résolution Quickbird-2 a été acquise à l'été 2005. Parallèlement à l'acquisition des images, 135 placettes échantillons ont été mesurées entre 2004 et 2006 afin d'établir des relations terrain-image.

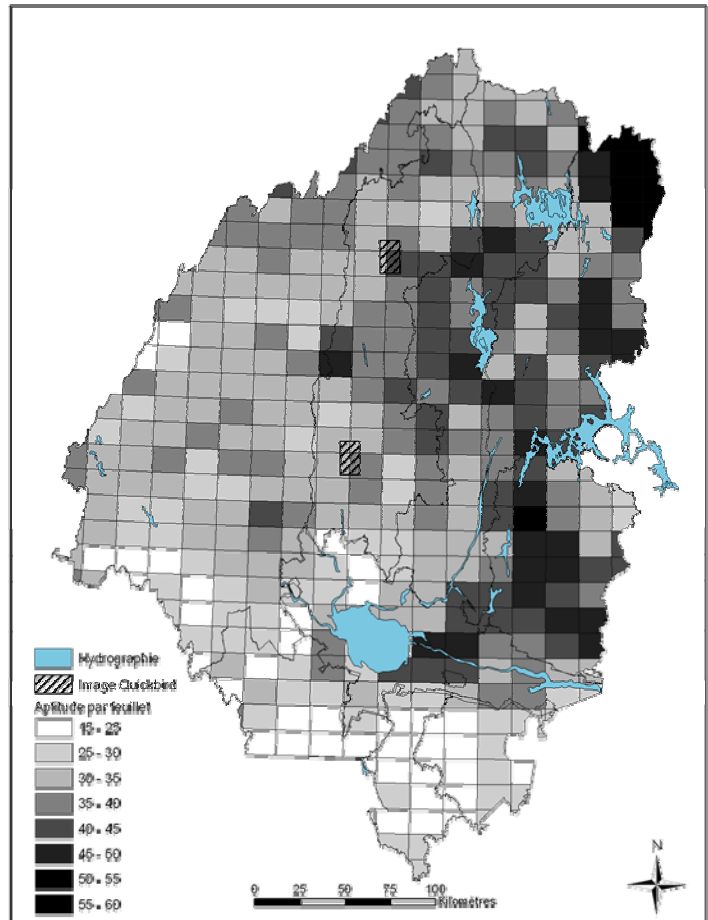


Figure 1 : Aptitude à la CPPTM par feuillet 1 : 20 000

## Méthodologie

### Segmentation des cimes

La méthodologie utilisée pour segmenter les cimes d'arbres est celle développée par François Gougeon du Service canadien des forêts. La méthode ITC (Individual Tree Crown) est une approche de segmentation basée sur l'existence de vallées d'ombre entre les cimes des arbres sur une image (Gougeon, 1995 b). En plus d'extraire les cimes de l'image (ITCISOL), le progiciel ITC permet d'extraire les trouées (GAPS) et la position des tiges (TREETOPS).

### Traitement des données

Une fois les données terrain recueillies et compilées, les critères du filtre brut ont été calculés pour chaque placette échantillon. Afin d'évaluer le volume, la hauteur de chaque tige a été évaluée à l'aide d'une régression polynomiale. Pour les tiges d'épinette noire (*Picea mariana*) et de sapin baumier (*Abies balsamea*), les régressions ont été établies selon les études d'arbres réalisées dans l'ensemble des placettes échantillons. Pour les tiges de pin gris (*Pinus banksiana*) et de mélèze laricin (*Larix laricina*), la hauteur a été évaluée à l'aide des tarifs de cubages locaux fournis par le MRNFQ. Ensuite, le volume par tige a été déterminé grâce au tarif de cubage de Perron (1985).

### Régressions

Une fois les variables extraites des placettes images, des régressions linéaires multiples ont été établies afin d'évaluer chacun des critères dendrométriques permettant de déterminer l'aptitude à la CPPTM. Après une première analyse, les résultats ont démontré que pour chaque variable dépendante, il est préférable d'utiliser deux séries de modèles établies sur la base du regroupement d'essences (EE vs SS-SE-ES) afin d'augmenter la précision des relations. En effet, l'utilisation d'une seule série de modèles pour les deux regroupements d'essences engendre un R<sup>2</sup> moyen de 0,26 alors que le R<sup>2</sup> moyen pour le groupement EE est de 0,26 et celui du groupement SS-SE-SS est de 0,45. Pour chacun des critères, plusieurs essais ont

été réalisés de manière à obtenir les modèles les plus précis possible ( $\alpha=5\%$ ) tout en vérifiant la présence d'interactions entre les variables obtenues.

Les relations entre la variable dépendante et les variables explicatives étant plutôt faibles pour certains critères ( $R^2$  variant de 0.13 à 0.61), les critères du filtre brut ont tendance à être surestimés. Cette surestimation engendrée par les modèles fait en sorte que plus de sites aptes à la CPPTM sont prédits qu'en réalité. En effet, les modèles prédisent une aptitude moyenne de 70 % pour l'ensemble des placettes alors qu'en réalité, l'aptitude moyenne est de 30 %.

### **Seuils**

Afin d'améliorer la prédiction de l'aptitude à la CPPTM, une autre technique a été expérimentée. Une fois les régressions complétées, la probabilité que la valeur prédite soit supérieure au seuil du critère du filtre brut correspondant a été calculée à l'aide de la procédure CDF de SAS 9.1. Cette procédure permet de déterminer la probabilité qu'une observation soit inférieure à un seuil donné selon la loi normale de moyenne «P» (prédiction de y) et d'écart-type «STDI». STDI correspond à l'erreur de prévision d'une nouvelle observation. Afin d'avoir la probabilité que l'observation soit supérieure au seuil, le complément ( $\beta$ ) de chaque probabilité a été déterminé ( $\beta=1-p$ ). Après avoir évalué la probabilité pour chacun des 7 critères, la moyenne arithmétique des probabilités a été calculée pour chacune des 2 séries de modèles (EE vs SS-SE-ES). Cette moyenne a ensuite été comparée à un seuil afin de déterminer son aptitude ou non à la CPPTM. Le seuil est fixé de manière à avoir une série de modèles avec la meilleure sensibilité et la meilleure spécificité possibles. La sensibilité d'un test en statistique est sa capacité de donner un résultat positif lorsque la condition est présente. À l'opposé, la spécificité d'un test est sa capacité à donner un résultat négatif lorsque la condition n'est pas présente. Une placette est jugée apte à la CPPTM lorsque la moyenne des probabilités de chaque critère est supérieure au seuil fixé.

### **Évaluation de l'aptitude à la CPPTM**

Une fois les modèles terminés, les régressions ont été appliquées à l'échelle de l'image pour cibler les endroits propices à la CPPTM. Pour ce faire, l'image a été segmentée en une grille de 100 mètres par 100 mètres et au centre de chacun des polygones de 1 ha, une superficie de 900 m<sup>2</sup> a été utilisée afin d'extraire l'information forestière. Ensuite, l'aptitude déterminée pour chacune des placettes de 900 m<sup>2</sup> a été généralisée au polygone de 1 ha qui l'englobe. Afin d'étudier seulement les peuplements potentiellement aptes à la CPPTM, les superficies non forestières et les peuplements autres que ceux d'appellation EE-SS-SE-ES matures et de 7 mètres et + ont été masqués de la grille. Pour ce faire, tout polygone touchant une superficie non forestière ou un peuplement non potentiellement apte à la CPPTM a été supprimé de la grille.

### **Résultats**

#### **EE**

Pour le groupement d'essence EE, en utilisant un seuil de 0,818, la sensibilité des modèles est de 67% alors que sa spécificité est de 52%. Ces valeurs sont en deça de 70% qui correspond au seuil minimum requis afin d'avoir un modèle jugé statistiquement fiable (communication personnelle Gaétan Daigle, consultant en statistique). La sensibilité de la série de modèles se situe très près du seuil minimum et elle permet d'affirmer que le 2/3 des sites réellement aptes sont identifiés. Cependant, puisque la spécificité est plus faible, plusieurs sites inaptes à la CPPTM sont identifiés aptes par les modèles. Il importe donc d'inventorier les sites jugés aptes par les modèles afin de valider leur aptitude à la CPPTM.

#### **SS-SE-ES**

Pour les groupements d'essences SS-SE-ES, en utilisant un seuil de 0,86, la sensibilité des modèles est de 71% alors que sa spécificité est de 80%. Ces valeurs sont supérieures à 70%, indiquant que la série de modèles est statistiquement fiable. Il est intéressant de remarquer que la spécificité de la série de modèles est supérieure à sa sensibilité. Cela implique que les sites réellement inaptes sont bien identifiés par la série de modèles.

## Évaluation de l'aptitude à la CPPTM

Pour l'image nord (figure 2) se situant dans le domaine bioclimatique de la pessière à mousses, 6849 placettes images de 900 m<sup>2</sup> ont été inventoriées afin de déterminer leur aptitude à la CPPTM. Sur les 6849 placettes analysées, 4106 d'entre-elles (59%) ont été jugées aptes. Puisque l'image sud (figure 3) se trouve dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc, on y retrouve une plus grande variété de types de peuplements. Les peuplements purs d'épinette et de sapin ainsi que les peuplements composés d'un mélange des deux sont moins bien représentés que dans l'image nord. En effet, seulement 2828 placettes images ont été analysées pour l'image sud. Suite à cette analyse, 1394 placettes (49%) ont été jugées aptes.

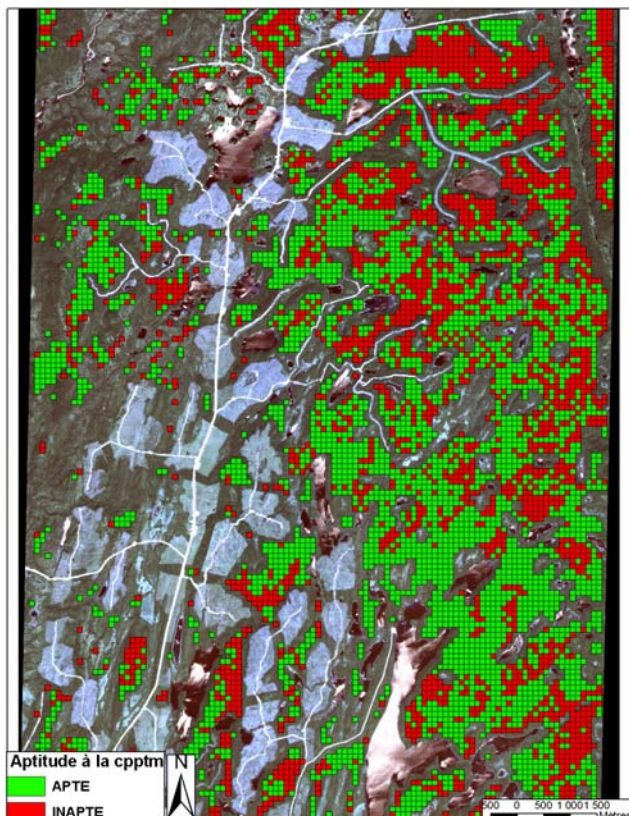


Figure 2 : Aptitude à la CPPTM : Image Nord

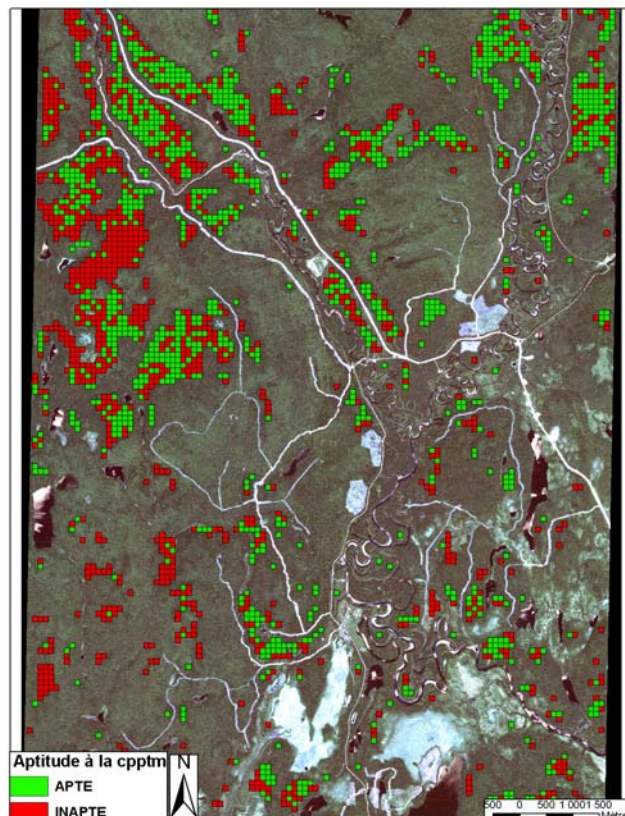


Figure 3 : Aptitude à la CPPTM : Image Sud

## Conclusion

L'analyse des strates écoforestières nous a permis d'identifier des zones à fort potentiel et ainsi produire des cartes aidant à la planification forestière. Il semble y avoir une grande variabilité de l'aptitude à la CPPTM sur l'ensemble de la région 02. Cependant, on note la présence d'un gradient Nord-Sud (↓) et Est-Ouest (↓) dans l'aptitude à la CPPTM.

Les analyses démontrent que l'évaluation de l'aptitude à la CPPTM à l'aide de l'imagerie satellitaire à haute résolution spatiale de type Quickbird est réalisable dans les peuplements de type SS-SE-ES. Pour les peuplements purs d'épinette noire, il existe une différence notable entre l'aptitude prédite et celle évaluée sur le terrain. Puisque la qualité de la prédiction dépend de la capacité à bien discriminer les cimes individuelles des arbres, la difficulté à segmenter les petites cimes et les îlots d'arbres ajoute de la variation dans les modèles.

Les deux méthodes utilisées dans le présent document représentent des outils aidant à réduire l'inventaire d'intervention en ciblant les meilleures zones où il est possible de réaliser un traitement de coupe avec protection des petites tiges marchandes. Peu importe la méthode utilisée afin d'évaluer l'aptitude des strates écoforestières à la CPPTM, il est important d'avoir recours à l'inventaire d'intervention afin de vérifier que les zones ciblées par les deux méthodes sont effectivement aptes.