



Treenet : un outil combinant l'intelligence artificielle et la photographie aérienne pour cartographier l'état de santé du couvert forestier

Vulgarisation : *Marie-Eve Roy*, ing.f., MBA

Par *Guillaume Drolet*, ing.f., M. Sc., *Jean-Daniel Sylvain*, géogr., M. Sc. et Nicolas Brown, B. Sc.

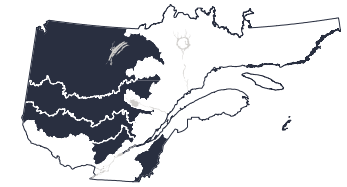
La mortalité des arbres est un processus important de la dynamique forestière. En raison de son caractère dif- fus et aléatoire, il est difficile de la caractériser par le biais de la carte écoforestière et des parcelles d'inventaire écodendrométrique. Cela engendre une incertitude dans les projections d'accroissement en volume des peuplements ou encore dans la capacité à évaluer l'effet des changements climatiques sur les forêts. Nous avons créé l'outil Treenet, qui permet de cartographier le type et l'état de santé du couvert forestier à partir de photographies aériennes numériques et d'une méthode de classification issue de l'intelligence artificielle. La précision et la fiabilité des résultats obtenus nous permettent d'entrevoir l'utilisation de ces deux technologies pour la production et la mise à jour des attributs de la carte écoforestière et pour l'étude des facteurs impliqués dans la mortalité des arbres.

Une approche basée sur l'intelligence artificielle expérimentée en Haute-Mauricie

Nous avons élaboré une approche de cartographie automatisée qui permet de générer un portrait spatialement continu à haute résolution spatiale¹ de deux attributs du couvert forestier : l'**état de santé** (vivant ou mort/fortement défolié) et le **type de couvert** (feuillu ou résineux). Notre aire d'étude est située en Haute-Mauricie, région disposant d'une importante base de données de photographies aériennes à haute résolution spatiale (20 cm) acquises en 2007. Cette région couvre 4 millions d'hectares répartis entre les domaines bioclimatiques de l'érablière à bouleau jaune (3 %), de la sapinière à bouleau jaune (35 %), de la sapinière à bouleau blanc (55 %) et de la pessière à mousses (7 %).

Conception et performance de l'outil Treenet

Nous avons implémenté et entraîné un **réseau de neurones à convolutions** (RNC) pour caractériser le type et l'état de santé du couvert forestier. Pour augmenter l'application opérationnelle de notre outil, nous avons ajouté cinq autres classes thématiques : eau, route, coupe, milieu humide et bâtiment. Les RNC utilisent l'information contenue dans de petites images (imageries) extraites des photographies aériennes pour contextualiser l'information à différents niveaux de représentation spatiale (figure 1a). Nous avons défini et appliqué une norme de photo-interprétation à l'échelle de l'arbre qui a permis de caractériser et de géoréférencer plus de 235 000 tiges de 7 m et plus de hauteur. Pour chaque tige, nous avons caractérisé le type d'essence (feuillue, résineuse) et l'état de santé en fonction du niveau de défoliation, soit vivant (< 50 %) ou mort (> = 50 %). Nous avons géoréférencé chaque tige à l'aide d'un point placé sur la cime (figure 1b). Les points permettant de caractériser les cinq autres classes thématiques ont été générés à partir de la carte écoforestière (figure 1c).



Territoires où les résultats s'appliquent.

Saviez-vous que?

Un **réseau de neurones à convolutions** est une approche d'apprentissage automatisée qui permet de détecter la présence de motifs simples à différentes échelles d'une image et de déterminer progressivement le contenu de celle-ci en utilisant des patrons d'association et de recou- pement qui permettent de réduire l'erreur de classification.

Nous avons entraîné le modèle avec 70 % des imageries et conservé les autres imageries (30 %) pour mesurer la performance du modèle sur des données indépendantes, c'est-à-dire qui n'ont pas été utilisées par le modèle durant l'entraînement. La précision globale du modèle sur des données indépendantes est de 90 %, avec des précisions par classe qui varient de 78 % à 100 %. La difficulté à faire une prédiction juste augmente avec la complexité et la variabilité de la surface à classifier. Par exemple, il est facile pour le modèle de prédire correctement un plan d'eau, qui est spatialement homogène et relativement peu variable d'un plan d'eau à l'autre. En comparaison, il est plus difficile de prédire correctement une tige d'essence résineuse en peuplement mixte, puisque l'hétérogénéité spatiale est élevée à l'intérieur du peuplement et que la variabilité dans la composition et la structure des peuplements mixtes de la région d'étude est également très grande. L'outil a ensuite été utilisé sur plus de 6 500 photographies aériennes pour générer un portrait spatialement continu à haute résolution spatiale (1 m) de l'état de santé et du type de couvert sur un territoire forestier couvrant 560 000 ha en Haute-Mauricie (figure 2).

¹ La **résolution spatiale** correspond à la taille au sol des pixels d'une image (p. ex. : 1 m, 10 m, 100 m).

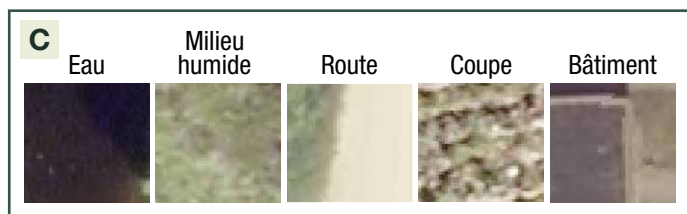
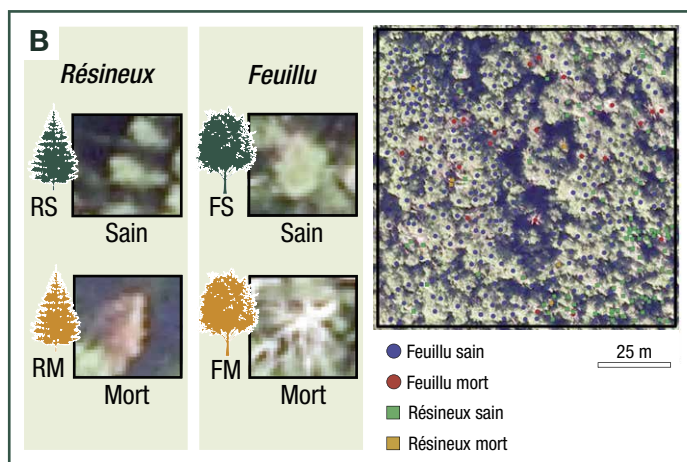
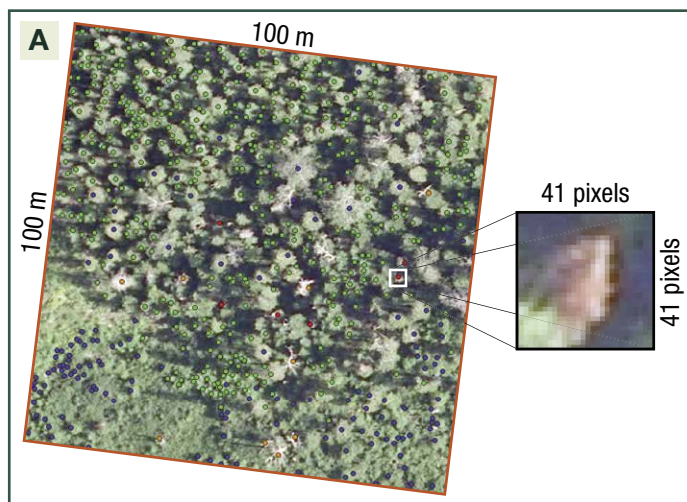


Figure 1. Exemples illustrant : a) une imagerie extraite à partir d'une photographie aérienne; b) des imagerie pour chaque type d'essence (feuillue, résineuse) et état de santé en fonction du niveau de défoliation, soit vivant (< 50 %) ou mort (> = 50%) ainsi que le résultat de la caractérisation sur une photographie de 100 m x 100 m et c) des imagerie pour chacune des classes thématiques.

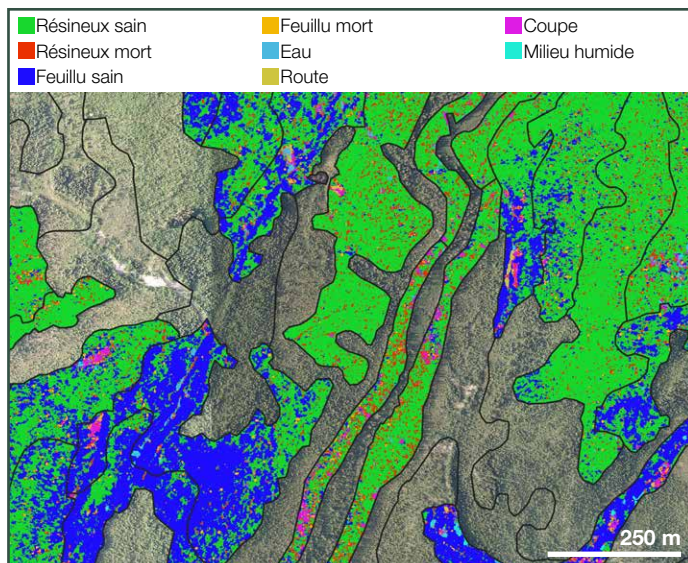


Figure 2. Prédiction du type d'essence et de l'état de santé, ainsi que des cinq classes thématiques sur une portion de la mosaïque d'orthophotographies aériennes du territoire de 560 000 ha.

Retombées opérationnelles

Notre outil permet de cartographier et de quantifier la distribution spatiale de l'état de santé et le type de couvert à une résolution spatiale inégalée à l'échelle d'une région. Dans un contexte de gestion forestière et d'adaptation aux changements climatiques, cette cartographie permettra d'étudier les facteurs impliqués dans le dépérissement et la mortalité des arbres. Par ailleurs, la résolution spatiale de notre cartographie est adaptée au caractère diffus et aléatoire de la mortalité, ce qui permet d'obtenir un portrait inédit de la défoliation et de la mortalité, autrement impossible à obtenir à l'aide des outils courants que sont la photo-interprétation et les relevés de terrain.

Perspectives

Des travaux en cours visent à augmenter la portée territoriale de notre outil à d'autres régions du Québec et à élaborer une version satellitaire dans le but de bonifier la fréquence des observations, qui est actuellement limitée par l'acquisition des photographies aériennes. La qualité et la fiabilité des résultats obtenus nous permettent également d'entrevoir de nouveaux développements qui permettront de soutenir la production et la mise à jour de la carte écoforestière, notamment pour la caractérisation des essences, de la densité et de la hauteur des peuplements.

Pour en savoir plus

Sylvain, J.-D., G. Drolet et N. Brown, 2018. *Mapping dead forest cover using a deep convolutional neural network and digital aerial photography*. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 156: 14-26.

Drolet, G., J.-D. Sylvain et N. Brown, 2018. *Outil de caractérisation du couvert forestier mort basé sur la photographie aérienne et l'apprentissage profond*. Présentation donnée dans le cadre de la conférence Modèle Québec. 1^{er} novembre 2018, Québec, QC. 31 p.

Simonyan, K. et A. Zisserman, 2015. *Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition*. Publié en tant que document de conférence à l'ICLR 2015. 10 avril 2015, San Diego, CA (États-Unis). 14 p.

Les hyperliens de ce document étaient fonctionnels au moment de son édition.

Pour plus de renseignements, veuillez communiquer avec :

Direction de la recherche forestière
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
2700, rue Einstein, Québec (Québec) G1P 3W8

Téléphone : 418 643-7994
Télécopieur : 418 643-2165

Courriel : recherche.forestiere@mffp.gouv.qc.ca
Site Web : <https://mffp.gouv.qc.ca/les-forets/connaissances/recherche-developpement/>

ISSN: 1715-0795

Forêts, Faune
et Parcs

Québec