



# CARTOGRAPHIE DES ESSENCES FORESTIÈRES À L'ARBRE PRÈS

*L'identification des essences forestières est une des bases de l'aménagement forestier. Au Québec, les professionnels forestiers l'effectuent habituellement par photo-interprétation à l'échelle du peuplement forestier. Même si les méthodes de photo-interprétation se sont améliorées avec le temps et permettent maintenant d'identifier les essences par classe de 10 %, il n'en demeure pas moins que la composition en essences des peuplements présente parfois des imprécisions qui peuvent affecter la planification forestière.*

PAR MATHIEU VARIN, M.SC., CERFO

L'utilisation d'images de très haute résolution spatiale présente le potentiel de surmonter éventuellement ce problème, tout en permettant des gains dans la rapidité d'exécution. Le laboratoire de télédétection forestière du CERFO a récemment réalisé un projet de recherche dont l'objectif principal était de développer et de tester plusieurs méthodologies permettant de cartographier 11 essences forestières québécoises à l'arbre près, c'est-à-dire en délimitant le contour de la cime de chaque arbre.

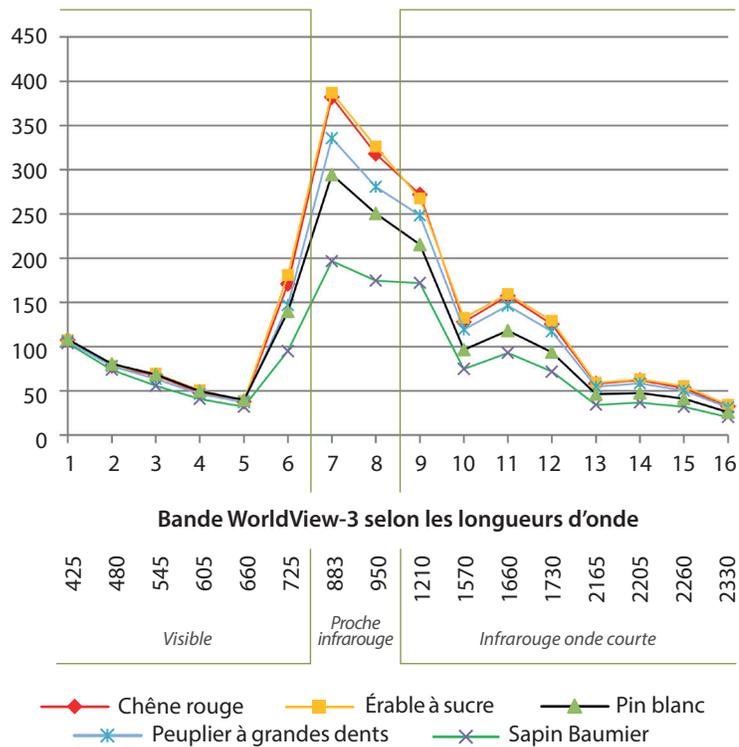
Ce projet de recherche s'est déroulé en Outaouais, sur le territoire de la pourvoirie Kenauk, où l'on recense plus de 25 essences différentes. Parmi celles-ci, 11 ont été retenues : cinq essences feuillues (l'érable à sucre, le bouleau jaune, le chêne rouge, le peuplier à grandes dents et le hêtre à grandes feuilles) et six essences résineuses (le sapin baumier, l'épinette blanche, le pin blanc, le pin rouge, la pruche et le thuya occidental).

La cartographie à l'arbre près repose sur l'utilisation conjointe de deux sources de données de haute résolution, en plus de données terrain :

- 1 L'imagerie satellitaire WorldView-3 nous fournit des images à une résolution spatiale de 30 cm selon 16 bandes spectrales, c'est-à-dire selon différentes longueurs d'onde. Une grande diversité de bandes spectrales procure l'avantage de pouvoir identifier des signatures spectrales uniques pour les différentes essences testées.
- 2 Les relevés LiDAR utilisées sont des données géospatiales sous forme de nuages de point à densité élevée (10 points/m<sup>2</sup>) permettant de caractériser la hauteur et la structure des arbres.

Une bibliothèque de signatures spectrales pures a tout d'abord été développée, afin d'être en mesure d'associer un jeu spécifique de données spectrales à une essence précise. La signature spectrale d'une surface correspond à la nature du rayonnement solaire qui s'y réfléchit, en fonction des caractéristiques propres de la surface. Cette bibliothèque a été obtenue en mettant en relation les valeurs spectrales de groupes de pixels pour lesquels la qualification de l'essence était connue grâce à des données terrain. Comme le montre la figure 1, ce sont les bandes situées dans le spectre du proche infrarouge qui présentent le plus de distinction entre les essences.

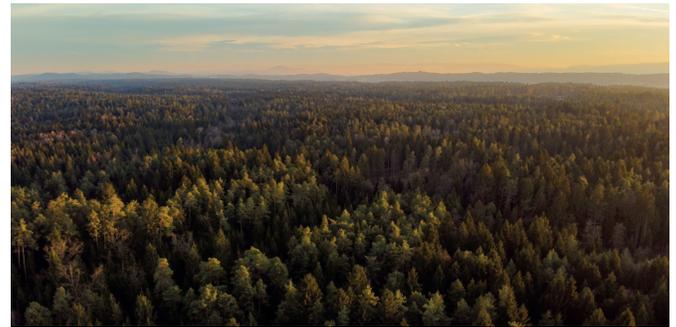
Figure 1. Signatures spectrales pour certaines essences de l'étude utilisant les 16 bandes de WorldView-3



Cinq modèles mathématiques prédictifs distincts utilisant l'intelligence artificielle (techniques d'apprentissage automatique) ont été ensuite testés, afin de déterminer lesquels prédisent avec la plus grande précision la nature des essences forestières. Ces modèles intègrent plus de 240 variables différentes, dérivées de l'imagerie WorldView-3.

Pour chaque modèle, deux approches distinctes ont été comparées :

- 1 Une approche globale où les 11 essences ont été considérées au même niveau ;
- 2 Une approche hiérarchique où le type d'essences (feuillu versus résineux) a tout d'abord été déterminé, puis l'essence forestière au sein de chaque classe de type.



# Votre forêt : notre expertise

Un aménagement de **qualité** pour une **meilleure** productivité



Aménagement forestier  
coopératif de Wolfe  
Ham-Nord  
Tél. : 819 344-2232  
www.afcw.ca



Groupement forestier  
du Haut-Yamaska  
Cowansville  
Tél. : 450 263-7120  
www.gfhy.ca



Groupement forestier  
coopératif St-François  
Windsor  
Tél. : 819 845-3266  
www.gfsf.ca



Aménagement forestier  
coopératif des Appalaches  
La Patrie  
Tél. : 819 888-2790  
www.afca.coop

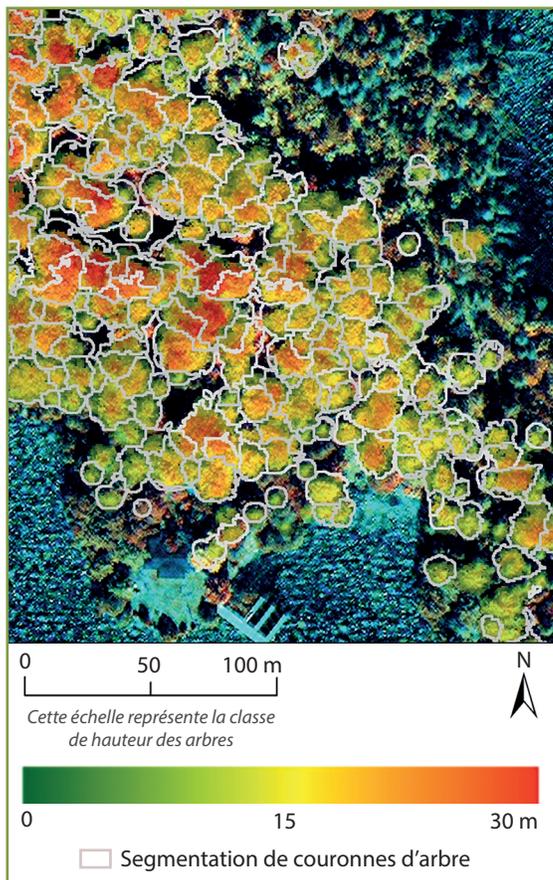


Aménagement forestier  
et agricole des Sommets inc.  
Coaticook  
Tél. : 819 849-7048  
www.afasommets.qc.ca



Une segmentation des couronnes des arbres a été réalisée en parallèle, sur la base des données LiDAR et de WorldView-3. La figure 2 illustre bien le contour blanc des cimes des arbres issu de l'étape de segmentation. Un masque d'une hauteur de 17 m a été appliqué au contour des cimes.

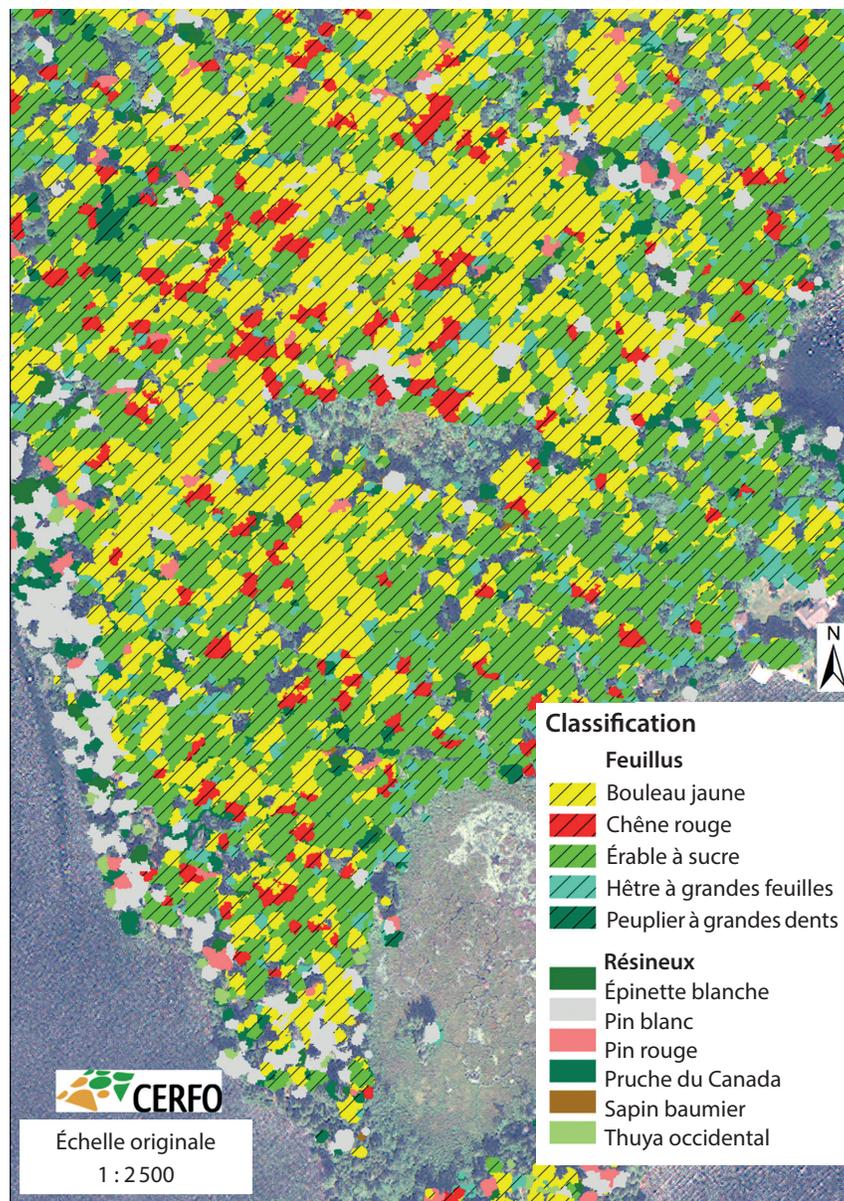
Figure 2. Segmentation de la cime des arbres basée sur les données LiDAR et WorldView-3



Par la suite, les modèles prédictifs les plus performants ont été appliqués aux couronnes d'arbres issues de la segmentation, dans le but de produire une classification des essences à l'arbre près (figure 3).

Ces classifications ont finalement fait l'objet d'une validation, permettant de mesurer le degré de concordance entre les objets classifiés automatiquement et leur présence réelle sur le terrain. Le modèle mathématique Random Forest est celui qui a montré les meilleurs résultats de prédiction (figure 3). L'approche hiérarchique à deux niveaux permet une précision du modèle très élevée pour la prédiction des essences constituant la classe résineuse (94 %). Dans le cas des essences constituant la classe feuillue, la précision est moindre (70 %). Pour certaines essences feuillues, l'approche globale procure d'ailleurs de légers meilleurs résultats.

Figure 3. Classification des essences à l'arbre près



## CONCLUSION

L'utilisation conjointe des données LiDAR et de l'imagerie satellitaire de très haute résolution spatiale dans des modèles prédictifs reposant sur l'intelligence artificielle présente donc un potentiel vraiment intéressant pour cartographier à l'arbre près, avec une précision très élevée, les principales essences résineuses de la forêt québécoise. Dans le cas des essences feuillues, avec une précision de 70 %, les modèles développés apportent des réponses relativement satisfaisantes, mais ils mériteraient néanmoins d'être améliorés, notamment par l'utilisation de techniques plus avancées en intelligence artificielle, telles que l'apprentissage profond, ou encore l'utilisation de séries d'images temporelles. Le CERFO collabore d'ailleurs actuellement avec le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs sur un projet de caractérisation des essences forestières à l'arbre près utilisant l'apprentissage profond. Ces cartographies des essences forestières à l'arbre près pourront éventuellement fournir dans le futur des données de pourcentage de dimension de cime par espèce ou de densité de peuplement et ainsi permettre d'estimer les volumes.