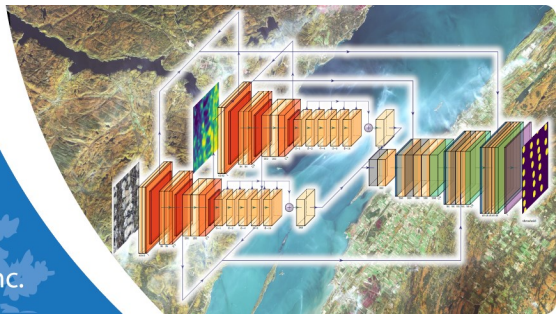
L'APPRENTISSAGE PROFOND AU SERVICE DE LA TÉLÉDÉTECTION

CERFO

Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc.



Tél. : (418) 659-4225 | Courriel : info@cerfo.qc.ca | www.cerfo.qc.ca

Le **CERFO**, le **Centre d'enseignement et de recherche en foresterie**, est un centre de transfert de technologie affilié au Cégep de Sainte-Foy. Il offre les services suivants depuis 1984 : **• Analyses et recherche appliquée • Soutien et accompagnement technique • Formation sur mesure.**

La télédétection est un secteur en croissance rapide au CERFO. Propulsé par la création d'un laboratoire en 2013 grâce à une subvention de la Fondation canadienne pour l'innovation, le CERFO se positionne comme un **partenaire incontournable** des nouvelles technologies dans les différentes sphères de la foresterie et de l'environnement, notamment appuyé ***par l'intelligence artificielle, et en particulier l'apprentissage profond.***

Ces nouvelles méthodes permettent maintenant d'obtenir des résultats de **meilleures précisions et facilitent la reproductibilité** tout en nécessitant moins de données et de manipulations. Par exemple, dans le cas d'une classification de l'occupation du territoire, **le gain peut atteindre 15 % de précision** par rapport aux méthodes traditionnelles de télédétection basées par pixel ou objet. Les sections suivantes présentent divers projets réalisés au CERFO par thématique : **segmentation automatique du territoire, détection automatique d'objets, optimisation d'indices spectraux, traitement d'images et classification en temps réel d'opérations forestières**.

QU'EST-CE QUE L'APPRENTISSAGE PROFOND ?

La reconnaissance d'images, par exemple des lignes de route détectées par des capteurs installés sur des voitures, se faisait à ses débuts par des algorithmes simples (p.ex. transformée de Hough). **L'apprentissage profond** permet maintenant de faire ce type de détection de manière plus précise et sur des problèmes beaucoup plus complexes, comme la reconnaissance d'essences forestières sur des images aériennes. Cette branche de l'**apprentissage automatique** fait partie de l'**intelligence artificielle** (IA) (figure 1). Les techniques utilisées par le CERFO proviennent des récents développements en **vision par ordinateur**, donc adaptés pour l'analyse d'images et de vidéos provenant de multiples plateformes d'acquisition (Ex. drone, avion, satellite, machinerie). Ces techniques font appel à des outils mathématiques tels que des couches de neurones et des convolutions (filtres spatiaux et spectraux).

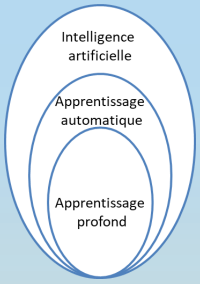


Figure 1. Schématisation IA

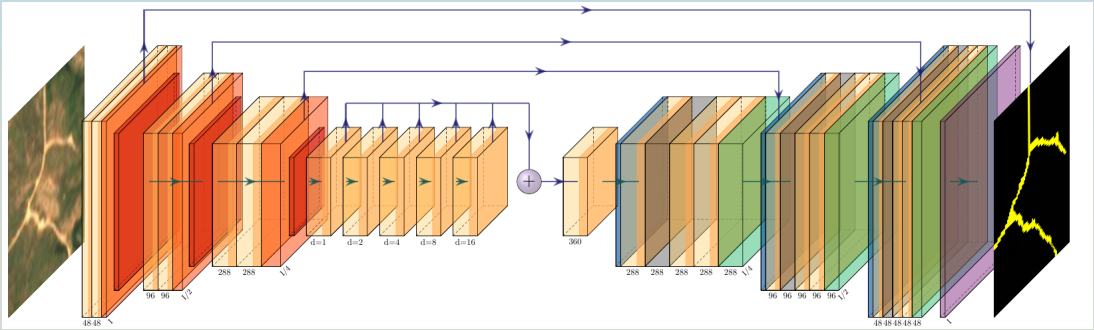


Figure 2. Exemple d'architecture d'un algorithme d'apprentissage profond pour la segmentation d'image. Chaque boite verticale correspond à un ensemble de convolutions et d'outils mathématiques.

Figure 2 : Exemple de cartographie de cours d'eau surfacique (en blanc à droite) dans l'agglomération de Québec à partir d'orthophotos (2 dates, à gauche et au centre) et de lidar aéroporté. Le résultat démontre que l'algorithme de segmentation est robuste à l'utilisation de plusieurs images de qualités variables et détecte l'eau présente même sous couvert forestier.

Segmentation automatique du territoire

Des modèles de segmentation sémantique (par pixel) basés sur des réseaux de neurones à convolutions (date unique ou multidate) ont été développés afin de cartographier le territoire de manière automatique. Cela permet de délimiter (segmenter) des classes prédéfinies (Ex. bâtiments, canopée, cours d'eau) qui sont visibles sur les données initiales et d'attribuer une classe à chaque pixel de la donnée produite. Ces modèles peuvent utiliser des données multisources (Ex. imagerie multispectral ou hyperspectral, produits dérivés du lidar) dans le but de produire des images entièrement classifiées (figures 2-3-4-5).

Figure 3 : Exemple de cartographie de la canopée dans la ville de Québec à partir d'une image WorldView-3. Haut : image WorldView-3 ; bas : canopée identifiée en vert.

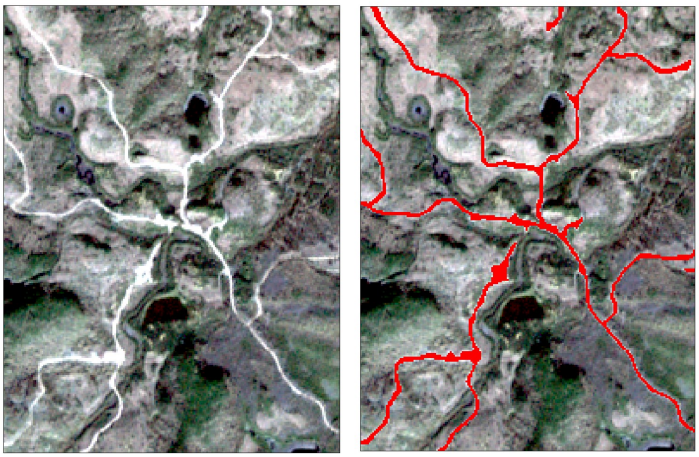


Figure 4 : Exemple de cartographie des chemins forestiers dans la région de la Côte-Nord à partir d'imagerie Sentinel-2 (rouge à droite : chemins détectés).

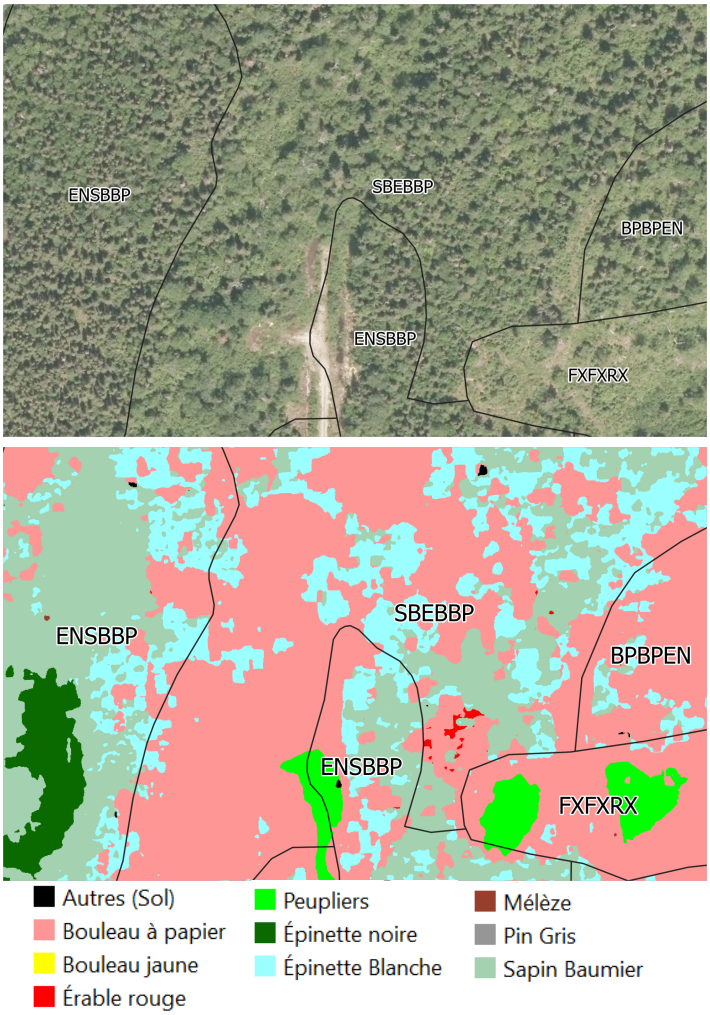


Figure 5 : Exemple de cartographie d'essences forestières dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue à partir d'orthophotos et du lidar aéroporté. Haut : image aérienne ; bas : image classifiée ; contours et étiquettes en noir : appellation cartographique de la carte écoforestière.

Détection automatique d'objets

Deux types de méthodes de vision par ordinateur sont utilisés : 1- détection d'objets par emprise géométrique minimale (*bounding box)* et 2- segmentation sémantique basée sur des réseaux de neurones à convolutions combinée à des algorithmes de traitement d'images. Ces méthodes permettent d'identifier des objets d'intérêt et de les dénombrer (figures 6-7).

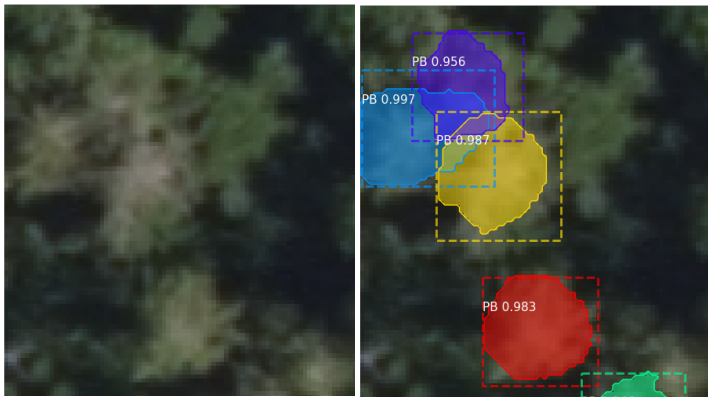


Figure 6. Exemple de détection à l'arbre près et dénombrement de pins blancs (PB) avec leur diamètre de cime dans la région de l'Outaouais à partir d'orthophotos (méthode 1). Les chiffres indiquent la probabilité de présence du PB dans chaque emprise géométrique. Une valeur proche de 0 indique une incertitude totale alors qu'une valeur proche de 1 indique une confiance très élevée. Pour arriver au même résultat, les méthodes traditionnelles auraient nécessité l'utilisation de l'imagerie multispectrale coûteuse.

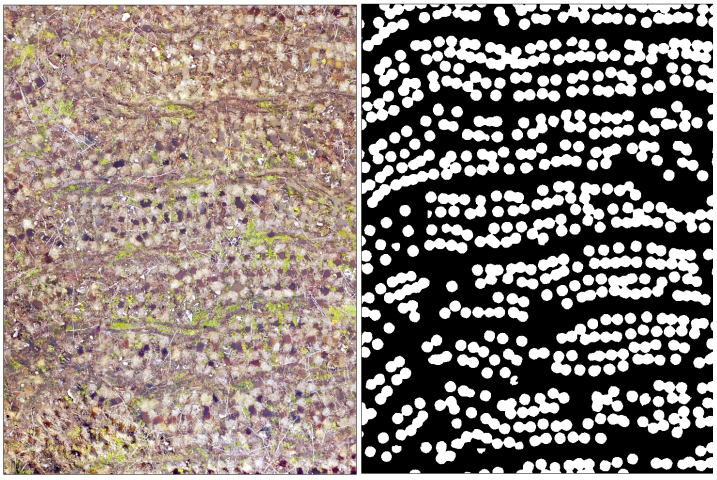


Figure 7. Exemple de détection et dénombrement de monticules dans la région de l'Estrie à partir d'orthophotos (méthode 2). Gauche : orthophoto par drone ; droite : monticules détectés en blanc.

Optimisation d'indices spectraux

Une méthode automatique d'optimisation d'indices spectraux a été développée à partir d'une approche par descente de gradient. Cette méthode permet de concevoir de nouveaux indices pour bonifier les modèles de classification existants (figure 8).

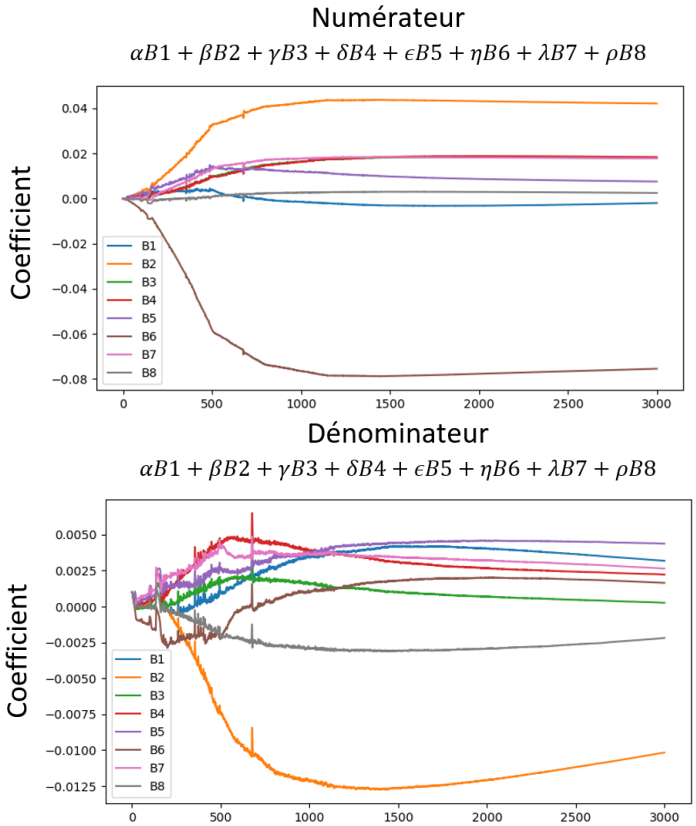


Figure 8. Indice spectral optimisé, en testant des millions de combinaisons, pour cartographier avec plus de précision l'espèce exotique envahissante du phragmite (roseau commun) à partir des 8 bandes (Bx) de WorldView-3. L'équation trouvée est la suivante : (-0.6*B1 + 13.1*B2 + 5.5*B3 + 5.7*B4 + 2.4*B5 - 23.4*B6 + 5.5*B7 + 0.78*B8) / (B1 - 3.2*B2 + 0.1*B3 + 0.7*B4 + 1.4*B5 - 0.5*B6 + 0.8*B7 - 0.7*B8).

En appliquant ce nouvel indice à la cartographie du phragmite, les sites avec et sans phragmite se distinguent efficacement, du fait d'une certaine séparabilité des distributions (figure 9). En effet, à partir de 0,22, la probabilité de présence du phragmite est supérieure à l'absence.

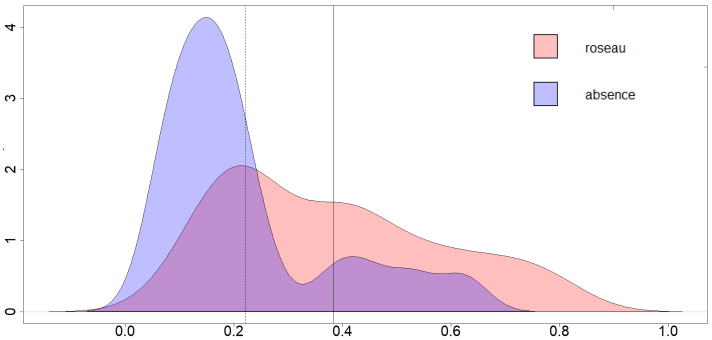


Figure 9. Distribution de secteurs avec et sans phragmite (roseau commun) en fonction du nouvel indice. L'axe des Y représente le nombre de pixels en milliers. L'axe des X représente la valeur de l'indice calculé.

Traitement d'images

Des méthodes basées sur les réseaux antagonistes génératifs (*GAN*) ont été développées pour corriger ou rehausser des images satellitaires. Ces techniques peuvent être utilisées comme alternative aux méthodes traditionnelles de traitement d'images, par exemple pour limiter les effets atmosphériques ou augmenter la résolution spatiale (figures 10-11).

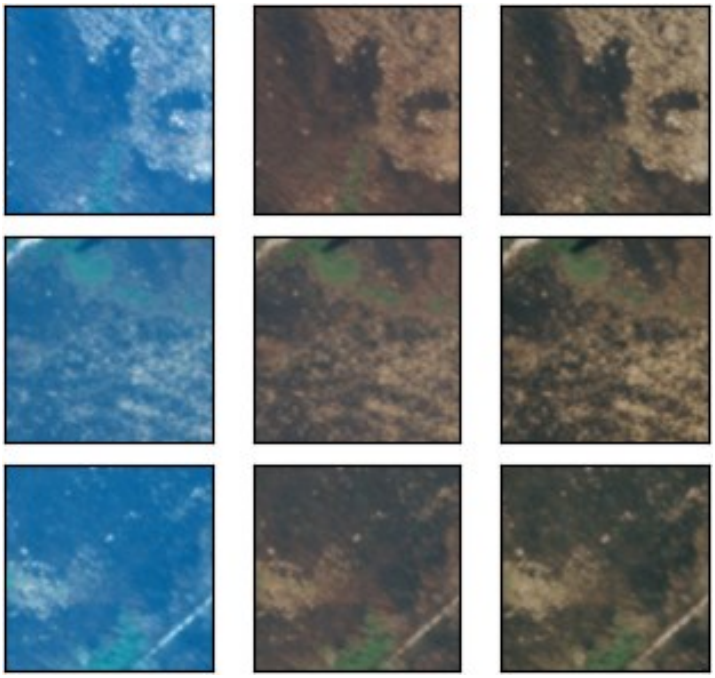


Figure 10. Trois exemples de rehaussement et corrections automatiques d'images SkySat dans la région du Lac-Saint-Jean. Gauche : images brutes 16 bits, centre : images corrigées manuellement 8 bits (photoshop), droite : image corrigée automatiquement 8 bits. La méthode permet de reproduire automatiquement un traitement réalisé manuellement qui a nécessité plusieurs heures de travail.

Classification en temps réel d'opérations forestières

Un modèle a été conçu afin d'analyser et de classifier des types d'opérations filmés à bord de machineries forestières. Ce modèle est basé sur des techniques d'apprentissage profond d'analyse temporelle. Les résultats obtenus permettent de caractériser en temps réel les types d'opérations (durée, nombre, etc.) sur un chantier (figure 12).

6	Activite	Heure
7	Abattage	00:00:00
8	Deplacement avec	00:00:05
9	Deplacement	00:00:17
10	Abattage	00:00:42
11	Deplacement avec	00:00:48
12	Deplacement	00:00:56
13	Arrangement des	00:01:15
14	Abattage	00:01:40
15	Deplacement avec	00:01:44
16	Deplacement	00:01:48
17	Faconnage	00:01:58
18	Deplacement	00:02:20
19	Abattage	00:02:34

Figure 12. Exemple d'opérations classifiées par un algorithme dans la région de la Gaspésie à partir d'une vidéo. Il s'agit d'un avantage non négligeable pour les études de productivité des abatteuses-groupeuses puisque contrairement aux abatteuses multifonctionnelles, ces machineries ne bénéficient généralement pas de la technologie de pointe embarquée, qui permet notamment de collecter plusieurs données de mesures.

SOURCES DE FINANCEMENT POSSIBLES

Le CERFO est admissible à plusieurs programmes de subvention qui peuvent couvrir entre 50 et 90 % des coûts d'un projet, par exemple :

- **Programme Innovation du MEI**
- **Programme d'aide à la recherche et au transfert PART du MEES**
- **Programme d'innovation dans les collèges –SEP, RDA et PRAT- du CRSNG**
- **Programme d'aide à la recherche industrielle PARI et visites interactives du CNRC**
- **Programme de bourse MITACS** pour les étudiants gradués

Figure 11. Super-résolution dans l'agglomération de Québec à partir de SPOT-7 et GeoEye-1. Gauche : SPOT-7 brute 1,5 m ; centre : GeoEye-1 0,6 m ; droite : SPOT-7 augmentée 0,6 m. Cette méthode permet d'augmenter d'un facteur supérieur à deux la résolution spatiale d'une image abordable (SPOT-7) au niveau de celle d'une image plus dispendieuse telle que GeoEye-1, de manière automatique.