Avantage
Réservé aux membres et partenaires de FERIC
Vol. 8 N° 3 Janvier 2007

Contenu

Introduction.....1
Méthodologie.....2
Résultats 3
Mise en application 4
Remerciements..4
Références 4

Modèle numérique d'élévation LIDAR pour améliorer la cartographie des cours d'eau

Auteur
Emmanuel Tran
Division de l'Est

Résumé

Les cours d'eau sur les cartes publiques sont souvent incomplets et leur précision ne rencontre pas tous les besoins des gestionnaires forestiers. La prédiction de la localisation des cours d'eau (SNE) à partir d'un modèle numérique d'élévation (DEM) LiDAR permet de compléter les cours d'eau cartographiés et fournir plus d'information hydrographique. Ce rapport décrit le potentiel de deux programmes SNE différents avec un DEM dérivé de LiDAR.

Mots clés :

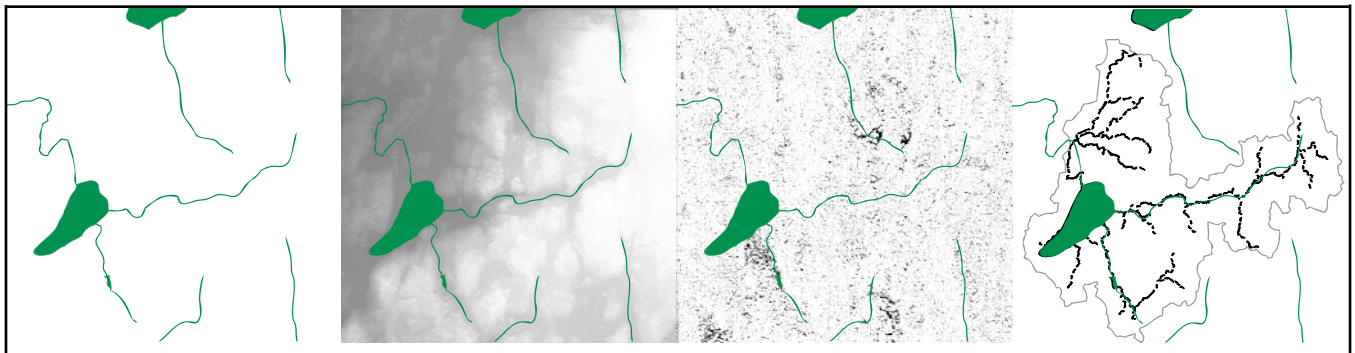
LiDAR, DEM, Cours d'eau, Modèles mathématiques, Hydrologie, Précision de mesure.

Introduction

Les décisions reliées à la localisation des cours d'eau sont souvent basées sur des cartes ne montrant que des réseaux partiels, ce qui rend nécessaire une validation sur le terrain pour confirmer la présence ou l'absence de cours d'eau. Une solution pourrait être de modéliser les cours d'eau à partir d'un modèle précis en 3D de la surface du terrain et en utilisant les algorithmes de prédiction de localisation des cours d'eau (SNE) fournis dans certains systèmes d'information géographique (SIG).

Un système de détection et télémétrie par laser (**L**ight **D**etection **A**nd **R**anging ou LiDAR) est utilisé pour balayer la surface du terrain et la végétation sous une trajectoire de vol pour fournir des données d'élévation précises. Les données LiDAR brutes peuvent être traitées pour créer, entre autres, un modèle numérique d'élévation (DEM) de la surface du terrain. Le SNE interprète ensuite les changements topographiques du DEM pour déterminer la localisation prévue des cours d'eau, des dépressions et des contours de bassins versants (figure 1).

Figure 1. Démonstration des améliorations potentielles de cartographie des cours d'eau avec LiDAR et SNE.



Cours d'eau et lacs (en vert) montrés sur les cartes de base provinciales.

Le DEM LiDAR (le gris foncé indique les élévations plus basses) est un modèle d'élévation précis.

Les algorithmes SNE indiquent les dépressions (en noir), qui sont des zones potentielles d'eau accumulée.

Les algorithmes SNE utilisent le DEM pour modéliser les contours du bassin versant (en gris) et les cours d'eau (en noir).

Le LiDAR et les algorithmes SNE sont assez nouveaux pour l'industrie forestière confrontée à un besoin croissant d'intégrer une hydrographie fiable dans ses systèmes opérationnels d'aménagement. Un modèle d'écoulement complet et précis pourrait améliorer la micro-gestion des opérations forestières, par exemple, en permettant une planification efficace des mesures pour réduire la perturbation du sol et améliorer la performance des machines. L'objectif de la présente étude était de valider la précision et la capacité de prédiction de deux algorithmes SNE quant à la localisation de cours d'eau.

Méthodologie

Dans cette étude, le DEM LiDAR a modélisé la surface du terrain de la forêt Roméo Malette, gérée par Tembec Inc. près de Timmins, Ont. Le DEM était un groupe de données matricielles couvrant 10 000 ha. Chaque grille de la matrice mesurait 5 x 5 m et son élévation était fournie avec une précision estimée de 31 cm ± 29 cm (Reutebuch et al., 2003). Avec ce DEM, FERIC a produit des modèles vectoriels des cours d'eau en utilisant deux algorithmes SNE différents : Terrain Analysis System ou TAS (Lindsay, 2002), un gratuiciel et Terrain Analysis Using Digital Elevation Model ou TauDEM (Tarboton, 2005), une barre d'outils gratuite à ajouter à MapWindow ou à ArcGIS. À titre de validation, FERIC a comparé la précision et la capacité de leurs prédictions respectives avec les observations sur le terrain.

Dans le procédé SNE, une certaine calibration a été nécessaire pour obtenir des cours d'eau réalistes. Quelques ajustements au DEM ont été requis pour éviter que les constructions faites par l'homme (p. ex. routes et fossés) n'agissent comme barrières artificielles à l'écoulement de l'eau. Les paramètres SNE ont aussi été calibrés afin d'améliorer l'aspect général du réseau de cours d'eau.

Le procédé SNE demande un ordinateur puissant, une compréhension suffisante des paramètres du logiciel et une connaissance locale de la région pour obtenir un arrangement crédible d'écoulement. Par exemple, le procédé a pris deux jours avec un ordinateur de 1,6 Hz et 512 Mo de RAM pour le projet de 10 000 ha.

Pour documenter l'emplacement réel des cours d'eau, des équipes de terrain ont suivi des transects linéaires prédéfinis en utilisant un appareil GPS, enregistrant un point de localisation chaque fois que la présence d'eau était détectée. Chaque point était classé comme un cours d'eau permanent, intermittent ou un sol mal drainé.

En analysant la différence entre les cours d'eau prévus par les deux SNE et les points de présence réelle d'eau relevés, il a été possible de déterminer la précision et la capacité de prédiction des modèles. La précision des prédictions de cours d'eau a été vérifiée par l'équipe de terrain, qui a tenté de trouver au moins une trace d'eau à chaque emplacement prévu le long des transects. On comptait une erreur quand aucune trace d'eau n'était trouvée à moins de 40 m de l'emplacement prévu d'un cours d'eau. Pour quantifier la capacité de prédiction de cours d'eau, l'équipe de terrain a aussi noté tout site montrant la présence d'eau, incluant ceux qui n'étaient pas prévus. Les traces d'eau détectées à moins de 40 m des données hydrographiques extraites étaient comptées comme des succès, et celles qui étaient plus éloignées que 40 m comme des erreurs. À titre de référence, les mêmes critères ont aussi été appliqués aux cours d'eau fournis par les cartes de base de l'Ontario (OBM) pour la région.

Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC)

Visitez notre site! www.feric.ca

Division de l'Est et Siège social
580, boul. St-Jean
Pointe-Claire, QC, H9R 3J9
☎ (514) 694–1140
(514) 694–4351
admin@mtl.feric.ca

Division de l'Ouest
2601 East Mall
Vancouver, BC, V6T 1Z4
☎ (604) 228–1555
(604) 228–0999
admin@vcr.feric.ca

Poste-Publications #40008395 ISSN 1493-3713

Mise en garde
Ce rapport est publié uniquement à titre d'information à l'intention des membres de FERIC. Il ne doit pas être considéré comme une approbation par FERIC d'un produit ou d'un service à l'exclusion d'autres qui pourraient être adéquats.

This publication is also available in English.

© Copyright FERIC 2007. Imprimé au Canada sur du papier recyclé fabriqué par une compagnie membre de FERIC.

Résultats

Le tableau 1 indique que les réseaux TAS et TauDEM étaient plus étendus et montraient un plus grand nombre de cours d'eau que le réseau OBM. Les cours d'eau ensuite classés comme permanents à la validation sur le terrain étaient souvent comparables en longueur et en emplacement pour les trois modèles, mais TAS et TauDEM présentaient une plus grande abondance de branches en amont. Les cours d'eau du réseau OBM se limitaient à ceux qui sont visibles à un photo-interprète, et n'incluaient pas ceux sous couvert. TauDEM pour MapWindow n'offre pas la même flexibilité d'ajustement des paramètres que TAS, et semblait donc prévoir un nombre excessif de branches en amont dans les conditions de l'essai.

D'après la figure 2, tous les cours d'eau montrés sur les cartes OBM sont assez précis, même lorsqu'ils sont classés comme intermittents. En général, la précision des prédictions des cours d'eau prévue par TAS et TauDEM est semblable à celle des cartes OBM, bien qu'un peu moindre, mais pour un nombre bien plus élevé de cours d'eau dans les trois catégories.

La figure 3 montre que les cours d'eau donnés sur les cartes OBM révélaient à peine une fraction de ceux rapportés par les équipes de terrain. TAS et TauDEM ont prévu des cours d'eau détaillés, qui d'après les observations sur le terrain sont plus complets que ceux des cartes de base. Une préoccupation reliée au plus faible degré d'ajustement des paramètres disponibles dans TauDEM est le nombre énorme de cours d'eau simulés. La prédiction élevée en résultant pourrait en partie être interprétée comme le reflet d'une précision inférieure.

Tableau 1. Prédictions des cours d'eau basées sur OBM, TAS et TauDEM (pour une superficie de 10 000 ha)

	OBM	TAS	TauDEM
Nombre de cours d'eau prédits	85	706	9397
Longueur totale des cours d'eau prédits (km)	107	414	1088
Longueur des cours d'eau prédits à l'intérieur de la région de validation observée (km)	10	57	173

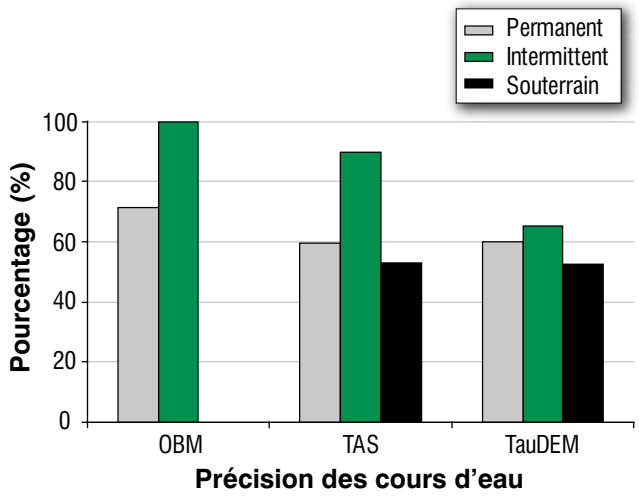


Figure 2. Précision des prédictions des cours d'eau présentées par les cartes de base, TAS et TauDEM.

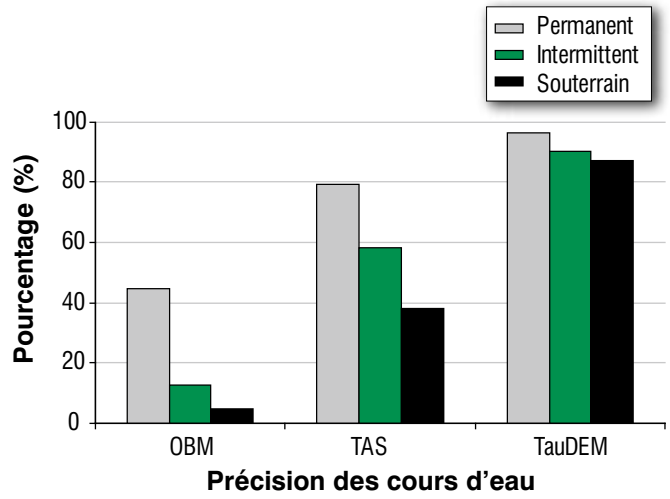


Figure 3. Capacités de prédiction des cours d'eau présentées par les cartes de base, TAS et TauDEM.

Mise en application

Un DEM LiDAR et son interprétation sont un investissement important (0,70 $/ha à environ 8 $/ha selon l'étendue de la région concernée par le projet et la densité de lecture LiDAR) pouvant fournir une mine d'information pour soutenir la micro-gestion des opérations forestières. L'estimation des volumes de bois, l'optimisation du tracé de routes et la prédiction des cours d'eau ne sont que quelques-unes des façons créatives d'utiliser un DEM LiDAR. Le rendement combiné généré par l'ensemble des utilisations doit être mis en balance avec l'investissement initial pour le LiDAR.

Une meilleure prédiction des cours d'eau et une interprétation compétente des résultats peut apporter plusieurs avantages :

- **Identification des régions sujettes à des risques opérationnels**. Des couches cartographiques montrant des possibilités de sols humides et de dépressions aident à identifier les zones sujettes à l'orniérage et aident à promouvoir des schémas de récolte adaptés aux limitations du site. La définition de tracés favorables des blocs de coupe, une orientation stratégique des sentiers de débardage et l'emplacement optimal des jetées augmenteront le taux d'utilisation et la productivité des machines tout en réduisant la perturbation du sol.
- **Optimisation des tracés de routes**. Les coûts de construction et les risques environnementaux augmentent à chaque traversée de cours d'eau. La connaissance détaillée de la localisation des cours d'eau peut améliorer le tracé des routes pour éviter les cours d'eau et les zones de risques opérationnels dans certaines occasions. De plus, une route construite avec une attention appropriée à l'intégrité des cours d'eau et à la stabilité du sol est susceptible d'avoir une plus longue durée de vie effective et des coûts d'entretien plus bas.

Des deux procédés SNE mis à l'essai, le TAS offre une plus grande flexibilité et comporte des filtres plus nombreux pour ajuster la longueur et le nombre de cours d'eau prévus, et fournira sans doute un modèle d'écoulement ressemblant plus étroitement à la réalité. Par contre, le procédé TauDEM peut être automatisé et requiert moins de transformations de format. Un modèle d'écoulement bien calibré révèle la répartition spatiale des cours d'eau et facilite la prise de décisions complexes de gestion forestière. Une surestimation du nombre de cours d'eau peut causer autant de maux de tête pour la planification qu'une sous-estimation. De plus, en l'absence de vérification sur le terrain, ces modèles n'indiquent pas la largeur de chaque cours d'eau ni sa classification comme permanent, intermittent ou souterrain. Néanmoins, un réseau de cours d'eau modélisé fournit une information qu'on ne pourrait obtenir sans d'importants travaux sur le terrain.

En général, les prédictions par les deux systèmes TAS et TauDEM ont été des indicateurs améliorés de localisation de cours d'eau, vu que plusieurs cours d'eau permanents et intermittents n'étaient montrés que par les algorithmes SNE. Cependant, les résultats SNE ne devraient pas être utilisés aveuglément, car ils ne sont pas parfaits. De plus, une bonne familiarisation avec le logiciel et une connaissance locale de la région considérée sont nécessaires pour calibrer, lire et interpréter les modèles. Par exemple, il a été constaté que le DEM était détaillé au point que les deux algorithmes prévoyaient des cours d'eau s'écoulant sur les sentiers de débardage. Le SNE est surtout attrayant pour les territoires forestiers où les nombreux cours d'eau et terrains marécageux rendent les opérations difficiles.

Remerciements

L'auteur remercie les deux propriétaires du DEM LiDAR, Tembec Inc. et M7 Visual Intelligence Systems Inc. qui ont prêté leurs données à FERIC. Il remercie aussi le Forest Research Partnership pour son appui durant les travaux sur le terrain.

Références

Reutebuch, S., R. J. McGaughey, H.-E. Andersen, et W. Carson. 2003. Accuracy of a high-resolution LIDAR-based terrain model under a conifer forest canopy. Canadian Journal of Remote Sensing 29(5): 1-9.

Lindsay, J., Terrain Analysis System (TAS). Vers. 2.7. 2002. Mai 2006, www.sed.manchester.ac.uk/geography/research/tas.

Tarboton, D., Terrain Analysis Using Digital Elevation Models (TauDEM). Vers. 3.1. 2005. Mai 2006, www.hydrology.neng.