DÉVELOPPEMENT D'UN ALGORITHME ADAPTATIF À L'OCCUPATION DU SOL ET LA TEMPÉRATURE DE L'AIR POUR LE SUIVI DU COUVERT NIVAL AU QUÉBEC-ET-LABRADOR

Sophie Roberge[1,2], Karem Chokmani[1,2] et Danielle De Sève[3]

[1] Institut National de la Recherche Scientifique (INRS), Centre Eau Terre Environnement, Québec (Québec), Canada, [2] Centre d'Études Nordiques

[3] Institut de Recherche d'Hydro-Québec (IREQ), Varennes (Québec), Canada

INRS UNIVERSITÉ DE RECHERCHE

CENTRE EAU TERRE ENVIRONNEMENT

1. Contexte

Le couvert nival joue un rôle clé dans le cycle hydrologique du Québec. Un algorithme satellitaire de suivi de l'étendue du couvert nival au Québec-et-Labrador à l'aide des données du capteur optique NOAA-AVHRR (visible et infrarouge thermique, 1 km) a été développé par l'équipe de télédétection de l'INRS (Chokmani *et al.*, 2013, Roberge, 2013). **L'objectif de la présente étude consiste à développer une nouvelle version de l'algorithme qui tient compte à la fois de l'occupation du sol et de la température de l'air.**

2. Algorithme AVHRR

Zone d'étude: Provinces de Québec et Labrador

Série historique (1988-2013) d'images quotidiennes du capteur optique NOAA AVHRR série KLM (1 km) prises durant:

- Période d'établissement (1 oct-31 déc)
- Période de fonte printanière (16 mars-31 mai)

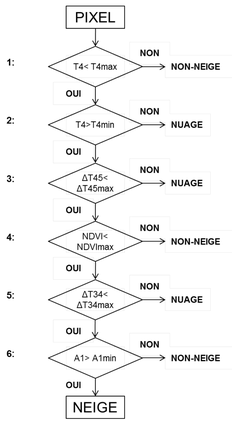


Figure 1. Procédure de classification de la neige

La procédure de cartographie de l'étendue spatiale du couvert nival est constituée de six seuils hiérarchiques, appliqués de façon séquentielle, pixel par pixel, pour la classification de la neige, de la non-neige et des nuages sur les images AVHRR série KLM (1 km) (Fig. 1).

Les seuils empiriques ont été calibrés sur une base régionale, aucune distinction basée sur l'occupation du sol n'a été faite.

Les paramètres de seuil varient en fonction de la date d'acquisition de l'image AVHRR (Fig. 2). Ce qui permet de tenir compte de l'évolution de l'état du couvert nival au cours de la saison hivernale.

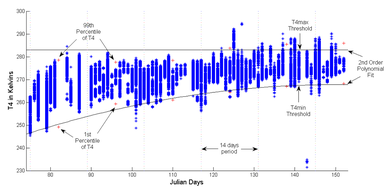


Figure 2. Seuil empirique évolutif dans le temps (jours juliens)

3. Résultats: Validation de l'algorithme

Validation avec les observations de neige au sol (Fig. 3)

Performance à l'échelle régionale
- 20 stations météorologiques d'Environnement Canada
- Hauteur de neige quotidienne (1988-2011)

Performance à l'échelle locale
- 7 stations GMON dans le bassin de la Saint-Maurice
- Équivalent en eau en temps quasi-réel (2007-2011)
- 19 stations SR50 dans le bassin de la Gatineau
- Équivalent en eau quotidien (2005-2009)

Validation avec l'imagerie Landsat-TM (30 m) (Fig. 3)
- 57 images (1988-2011)
- Conditions de ciel clair (<10% de couverture nuageuse)
- Transition de neige et de non-neige
- Correction atmosphérique et algorithme SNOWMAP

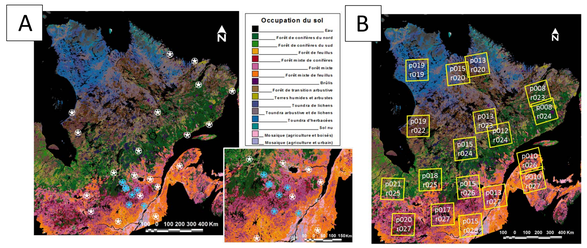


Figure 3. Localisation des stations météorologiques et GMON (A) et des images Landsat-5 (B) utilisées lors de la validation (Produit AVHRR de l'occupation du sol de 2005, Centre Canadien de Télédétection)

Tableau 1: Table de contingence et métriques de validation (Rittger et al., 2013, Fernandes et al., 2014)

		Référence	
		Neige	Non-neige
Produit	Neige	True positive (TP)	False positive (FP)
	Non-neige	False negative (FN)	True negative (TN)

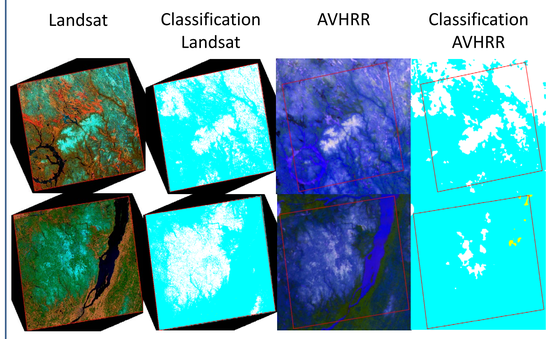
Precision = TP / TP + FP

Recall = TP / TP + FN

Accuracy = TP + TN / TP + FP + FN + TN

Tableau 2: Métriques de validation calculées pour les réseaux d'observation de neige et les images Landsat en période de fonte printanière

Données	Période	Seuil	Recall	Precision	Accuracy
Stations METEO	1988-2011	> 3 cm	0,9608	0,8512	0,9765
Stations GMON	2007-2011	> 10 mm EEN	0,8552	0,9692	0,9734
Stations SR50	2005-2009	> 10 mm EEN	0,8414	0,8614	0,9788
Landsat	1988-2011	> 50% de SFN	0,7568	0,9250	0,8532
		Moyenne	0,6047	0,8008	0,8475
		Écart-type	0,3238	0,2446	0,1270



p012r024
19980509

Recall = 0,8233
Precision = 0,9067
Accuracy = 0,9112

p013r027
19990503

Recall = 0,1062
Precision = 0,9975
Accuracy = 0,7119

Figure 4. Cartes de neige Landsat vs AVHRR

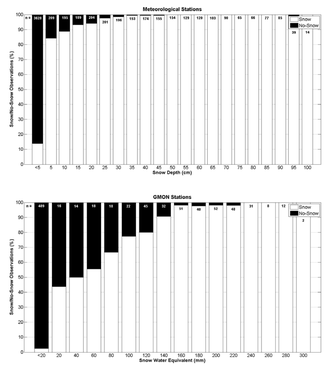


Figure 5. Détectabilité de la neige en fonction de la hauteur de neige et/ou de l'équivalent en eau

Algorithme AVHRR = sous-estimation de la neige

4. Travaux en cours

Intégration de nouvelles données

Occupation du sol
- AVHRR, 1985-2005, 31 classes, pas de temps: 5 ans
- MODIS, 2000-2011, 25 classes, pas de temps: 1 an

Température de l'air (Fig. 6)
- North American Regional Reanalysis (NARR), 32 km

ANOVA: Analyse de l'effet des facteurs spatiaux (occupation du sol) et temporels (température de l'air et autres variables dérivées) sur les paramètres radiométriques de la neige

Analyse des clusters -> choix du nombre de groupes à implanter, selon le seuil (Fig. 7)

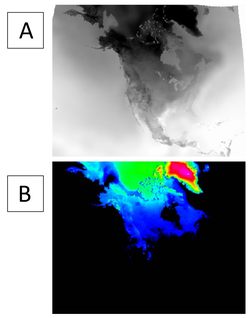


Figure 6. Température de l'air extraite d'un fichier NetCDF (A) et variable intermédiaire de degré jour de gel cumulé (B) du 2005-11-14

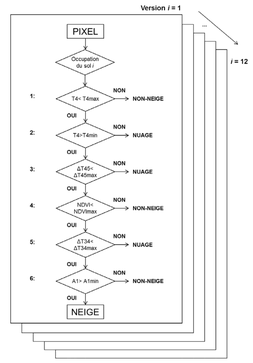


Figure 7. Redéfinition des valeurs de seuil de l'algorithme AVHRR en fonction des grandes classes de l'occupation du sol

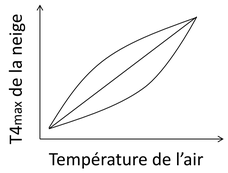


Figure 8. Redéfinition des paramètres de seuil selon la température de l'air

Références

Chokmani, K., Bernier, M., Royer, A. (2013) – A merging algorithm for regional snow mapping over Eastern Canada from AVHRR and SSM/I data – Remote Sensing, 5, 11, 5463-5487.

Roberge, S. (2013) – Développement d'un algorithme satellitaire à seuils évolutifs pour le suivi de l'étendue spatiale du couvert nival adapté aux conditions régionales du Québec et du Labrador et son adaptation à l'estimation d'ensemble – Mémoire de maîtrise, Institut National de la Recherche Scientifique – Cente Eau Terre Environnement, 105 p.

Rittger, K., Painter, T.H., Dozier, J. (2013) – Assessment of methods for mapping snow cover from MODIS – Advances in Water Resources, 51, 367-380.

Fernandes, R., Metsämäki, S., Bippus, G., Nagler, T. (2014) – Snow Extent Validation Protocol Deliverable D4 – SnowPEX – The Satellite Snow Product Intercomparison and Evaluation Experiment, 55 p.

16e Congrès de l'Association Québécoise de Télédétection (AQT)| Québec, QC, Canada| 28-30 octobre 2015