



La télédétection au service des études sur les eaux souterraines

Shusen Wang, Richard Fernandes, Rasim Latifovic, Francois Charbonneau, Jianliang Huang, Francis Canisius, Matthew Maloley, Darren Pouliot, Sylvain Leblanc, Jixin Wang et Stéphane Chalifoux, Ressources naturelles Canada, Centre canadien de télédétection

Les eaux souterraines fournissent de l'eau potable à environ un tiers de tous les Canadiens et cette proportion atteint les 80 p. 100 au sein de la population rurale. La protection de l'approvisionnement en eau propre constitue donc une priorité nationale. Ce projet porte sur la nécessité, pour le gouvernement, de mieux comprendre la dynamique et la vulnérabilité des ressources en eau souterraine des principaux aquifères régionaux en élaborant des outils de modélisation fondés sur la télédétection et des produits de données pour les principaux aquifères régionaux.

Objectifs

Le principal objectif de ce projet consiste à soutenir le [Programme géoscientifique des eaux souterraines](#) du Secteur des sciences de la Terre (SST), qui a pour but de cartographier les ressources en eau souterraine, d'évaluer les principaux aquifères régionaux au Canada et de gérer et de diffuser l'information sur les eaux souterraines. Plus précisément, le projet est axé sur :

- la caractérisation des aquifères, ce qui comprend la cartographie des paramètres biophysiques en surface, la cartographie des paramètres hydrauliques et de l'humidité du sol, ainsi que la cartographie de la porosité efficace des aquifères;
- la dynamique des eaux souterraines et les interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines, notamment la cartographie et l'évaluation de la recharge des nappes souterraines, le bilan hydrique et la quantification des variations saisonnières, ainsi que les répercussions des changements climatiques et les réactions des écosystèmes à ceux-ci;
- l'élaboration et l'étalonnage/validation de modèles visant à évaluer la dynamique des eaux dans les aquifères à l'aide de données de télédétection.

Méthodes

Nos méthodes sont axées sur l'élaboration d'outils utilisant la télédétection pour cartographier les paramètres de surface de la végétation et du sol reliés à l'hydrologie, et de modèles permettant de simuler les interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface dans des conditions environnementales changeantes. Des mesures gravimétriques au sol et des données gravimétriques des satellites GRACE sont également utilisées pour détecter les changements dans l'emmagasinement total d'eau. Le modèle [Ecological Assimilation of Land and Climate Observations](#) (EALCO), élaboré au Centre canadien de télédétection (CCT), assimile les produits de télédétection susmentionnés afin d'évaluer la dynamique des eaux souterraines dans les aquifères.

Résultats

Les membres de l'équipe et les partenaires du projet poursuivent la recherche et le développement sur des méthodes et des prototypes de produits dans les trois domaines suivants.

- Détection et validation des paramètres de surface. Un large éventail de capteurs à bord de satellites sont utilisés pour détecter les paramètres hydrologiques de la végétation et du sol à différentes échelles, notamment les capteurs Landsat TM, AVHRR, MODIS, VEGETATION, ENVISAT-ASAR et MERIS, RADARSAT-1 et 2. Les paramètres détectés relatifs à la végétation comprennent la [couverture terrestre](#), l'utilisation des terres et l'indice foliaire (LAI). La figure 1 représente l'indice foliaire dérivé des observations de MERIS au-dessus du sud de l'Ontario¹. Les paramètres extraits relatifs au sol concernent notamment la [texture du sol](#), la perméabilité et le contenu en eau du sol, et proviennent à la fois des capteurs satellitaires optiques et radar. La figure 2 représente un exemple d'un produit illustrant l'humidité du sol estimée d'après des données à quadruple et à double polarisation acquises par RADARSAT-2 au-dessus de Châteauguay, au Québec. Les validations et le contrôle de la qualité des produits sont effectués lors d'une visite sur le terrain pour chacun des aquifères. Ces paramètres contribuent à la modélisation de l'eau et à l'évaluation des aquifères.
- Quantification des changements dans l'emmagasinement total d'eau au moyen de mesures gravimétriques au sol et par satellite. Les changements dans l'emmagasinement total d'eau sont étudiés à l'échelle locale au moyen de levés microgravimétriques utilisant des gravimètres à mesure absolue ou relative au-dessus d'aquifères choisis. Les changements dans l'emmagasinement total d'eau à l'échelle nationale sont analysés d'après des mesures obtenues au moyen des satellites GRACE. La figure 3 illustre les changements dans l'emmagasinement

total d'eau en Amérique du Nord pour l'année 2007. Ces études contribuent à l'analyse des réserves souterraines puisqu'elles sont intégrées à des études du contenu en eau du sol qui ont recours à la fois aux observations sur le terrain et à des simulations à l'aide de modèles.

- Élaboration de modèles et d'algorithmes pour l'évaluation des eaux souterraines par l'intégration des produits de télédétection susmentionnés et d'autres données complémentaires. Le modèle EALCO élaboré au CCT intègre les produits d'observation de la Terre (OT) susmentionnés afin de simuler le cycle de l'eau et d'évaluer la recharge des aquifères (voir la figure 4). Le modèle EALCO comprend le couplage dynamique des cycles du rayonnement de surface, de l'énergie, de l'eau, du carbone et de l'azote. Sa représentation mécaniste des processus physiques, physiologiques et biogéochimiques en surface permet aux utilisateurs d'examiner les nombreuses répercussions et réactions qu'ont le climat et la gestion des écosystèmes sur les interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines.

On poursuit la recherche en vue d'améliorer la capacité du modèle à intégrer de nouveaux produits de télédétection et d'étalonner/valider le modèle au moyen de paramètres d'aquifères locaux^{2,3,4}, améliorant ainsi la précision des estimations sur la recharge des nappes souterraines à l'échelle régionale. Le modèle EALCO simule les interactions entre les eaux de surface et les eaux souterraines pour soutenir les évaluations sur la disponibilité en eau, le débit d'exploitation durable et la vulnérabilité des aquifères régionaux, selon des scénarios de changements projetés du climat et de l'utilisation des terres. Actuellement, les travaux de modélisation sont axés sur la Moraine de Waterloo, dans le sud de l'Ontario.

Pour de plus amples renseignements sur les produits de données et les modèles disponibles, communiquer avec [Shusen Wang](#).

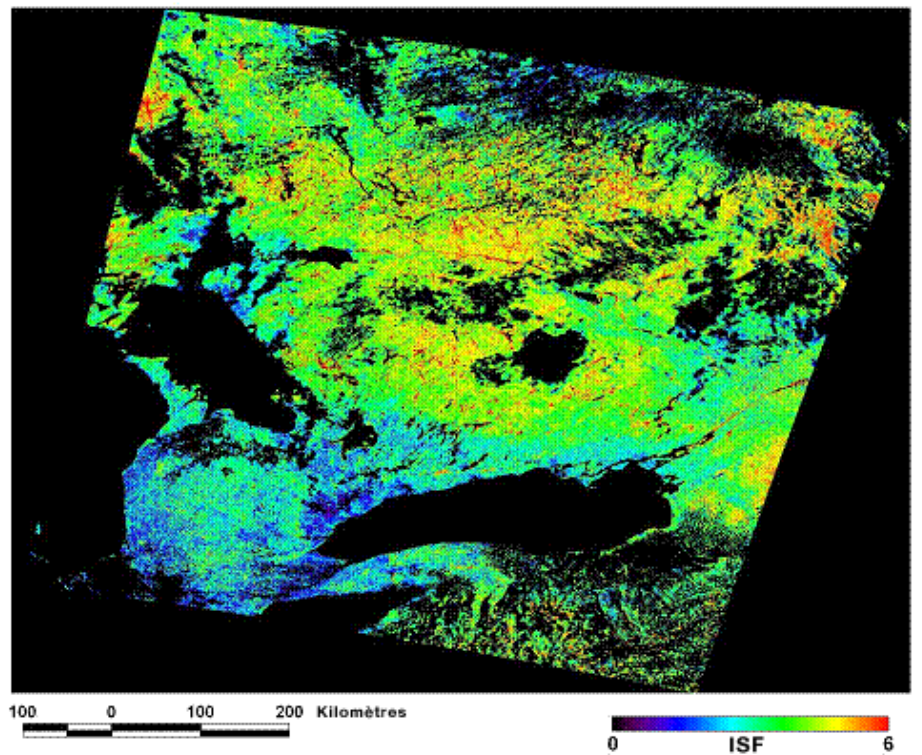


Figure 1. Indice foliaire extrait des observations MERIS au-dessus du sud de l'Ontario, le 3 juillet 2006

¹ Canisius, F., Fernandes, R. et Chen, J., 2010. Comparison and evaluation of MERIS FR LAI products over mixed land use regions; Remote Sensing of Environment, doi :10.1016/j.rse.2009.12.010.

² Wang, S., 2008. Simulation of evapotranspiration and its response to plant water and CO₂ transfer dynamics; Journal of Hydrometeorology, vol. 9, p. 426-443, doi : 10.1175/2007JHM918.1.

³ Wang, S., Yang, Y., Trishchenko, A.P., Barr, A.G., Black, T.A. et McCaughey, H., 2009. Modelling the response of canopy stomatal conductance to humidity; Journal of Hydrometeorology, vol. 10, p. 521-532, doi : 10.1175/2008JHM1050.1.

⁴ Fernandes, R.A., Korolevich, V., et Wang, S., 2007. Trends in land evapotranspiration over Canada for the period 1960-2000 based on in situ climate observations and a land surface model; Journal of Hydrometeorology, vol. 8, n° 5, p. 1016-1030.

La figure 2 illustre l'humidité du sol estimée d'après des données à quadruple et à double polarisation acquises par RADARSAT-2 au-dessus de Châteauguay, au Québec. L'approche est basée sur la solution convergente du modèle des équations intégrées, selon lequel on extrapole la solution pour une rugosité commune.

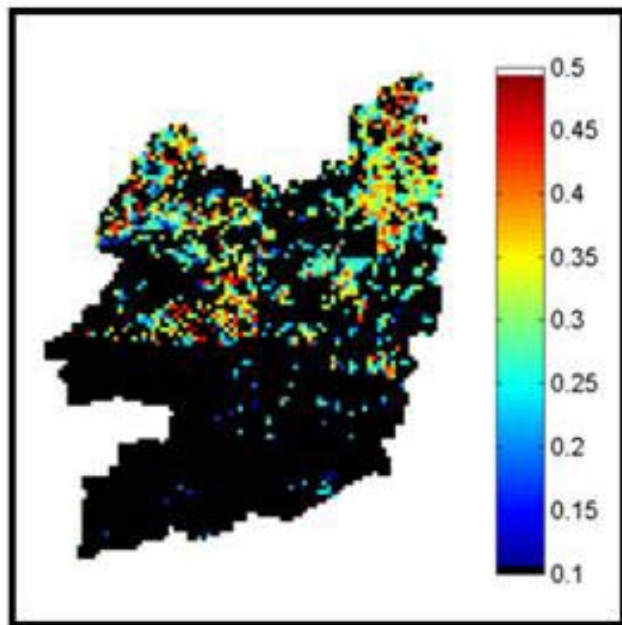


Figure 2. Humidité du sol estimée d'après des données à quadruple et à double polarisation acquises par RADARSAT-2

L'effet de la végétation sur les estimations de l'humidité du sol est évident en raison de la multidiffusion et de l'atténuation du signal diffusé. En appliquant les données polarimétriques et la technique de décomposition des signaux, il est possible de quantifier l'énergie rétrodiffusée générée par la couche de végétation.

En réduisant l'intensité totale rétrodiffusée par cette contribution volumétrique, on obtient de l'information qui est étroitement liée à la surface du sol. Avec cette méthode, il a été possible de produire des cartes de l'humidité absolue de la surface du sol pour chaque ensemble de données totalement polarimétriques (données à quadruple polarisation) acquises par RADARSAT-2.

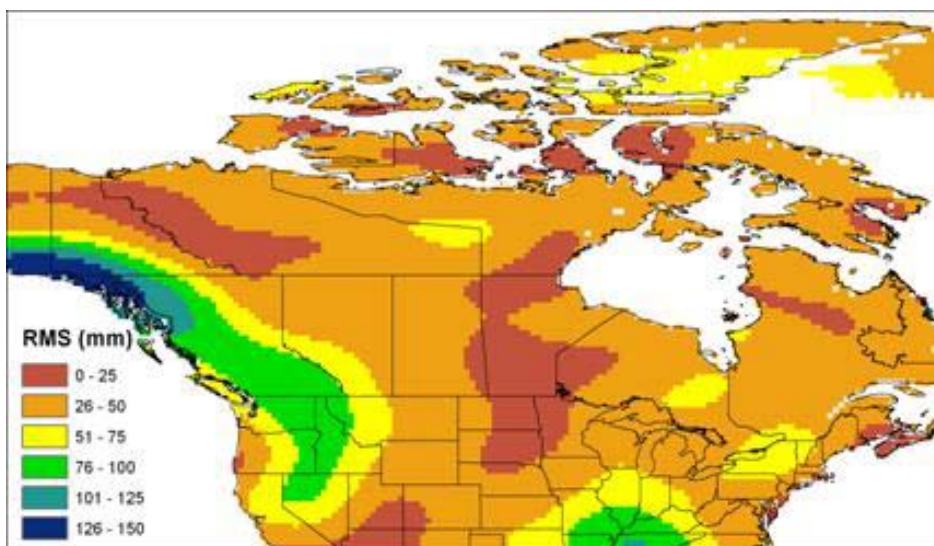


Figure 3. Carte de la moyenne quadratique du changement dans l'emmagasinement total d'eau exprimé par la hauteur de la colonne d'eau équivalente

La figure 3 est une carte de la moyenne quadratique du changement dans l'emmagasinement total d'eau exprimé par la hauteur de la colonne d'eau équivalente (en millimètres), d'après les valeurs moyennes annuelles sur le terrain dérivées des satellites GRACE pour la période de 12 mois de l'année 2007.

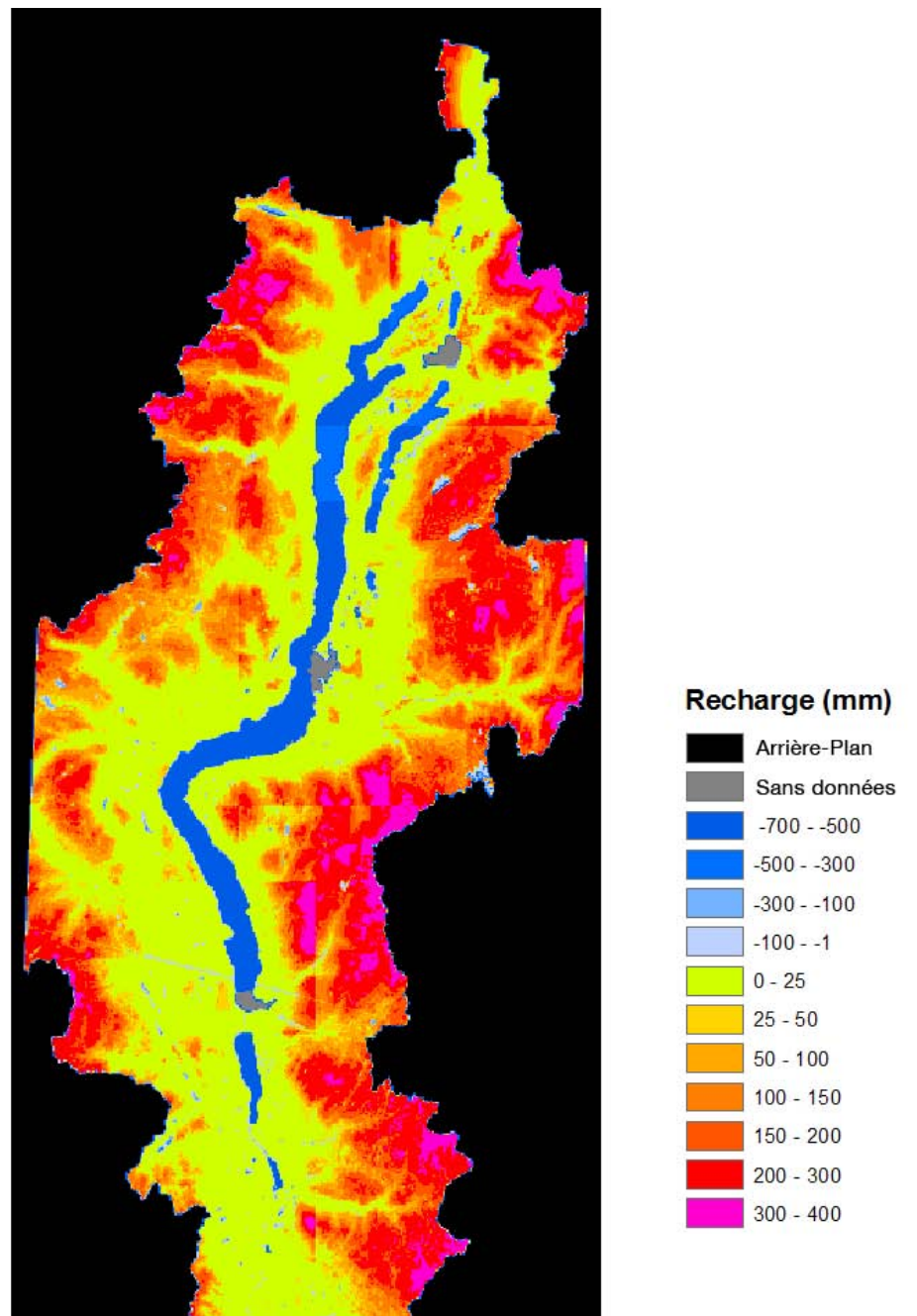


Figure 4. Recharge diffuse annuelle simulée dans le bassin de l'Okanagan au moyen du modèle EALCO

Dans la figure 4, il convient de noter que l'effet de l'évapotranspiration relié aux eaux souterraines est exclu de cette simulation.

Remerciements

Ce projet a été réalisé avec la collaboration d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, de la Commission géologique de l'Ontario, de la Grand River Conservation Authority et de l'Université de Waterloo. Soulignons également l'appui financier du Programme d'initiatives gouvernementales en observation de la Terre (IGOT) de l'Agence spatiale canadienne.

Références

Canisius, F., Fernandes, R. et Chen, J., 2010. Comparison and evaluation of MERIS FR LAI products over mixed land use regions; Remote Sensing of Environment, doi:10.1016/j.rse.2009.12.010.