

SPATIALISATION MULTI-ÉCHELLES DE L'ÉQUIVALENT EN EAU DE LA NEIGE BASEE SUR SES STRUCTURES SPATIALES À L'EST DU CANADA

Guillaume N.Y. Sena¹, Karem Chokmani¹, Erwan Gloaguen¹ et Monique Bernier¹

¹ Institut national de la recherche scientifique (INRS), Centre Eau Terre Environnement, Québec (Québec), Canada

Courriel : noumonvi_yawu.sena@ete.inrs.ca



1. Contexte

Dans l'est du Canada, les conditions de la neige (couvert nival épais) et le couvert végétal très diversifié (toundra, taïga, forêt boréale, zone agricole) constituent un grand défi dans la spatialisation des paramètres physiques de la neige (densité, profondeur, équivalent en eau de la neige (EEN)). Les méthodes de spatialisation nécessitent d'être améliorées pour estimer les propriétés de la neige et en mesurer sa variabilité spatiale. Cette variabilité spatiale du couvert nival (en occurrence (EEN)) a été analysée en délimitant les structures spatiales, générées par les processus sous-jacents à l'échelle régionale (10 km) et locale (300 m) par l'approche fonctionnelle. Ces processus sous-jacents sont contrôlés par les facteurs physiographiques à l'échelle considérée. Le maximum annuel moyen des stations nivométriques et les facteurs physiographiques ont permis d'avoir des méta-variables physiographiques à l'aide de la statistique multivariée (Analyse Canonique de Corrélation) (Sena, N.G. 2015).

2. Objectifs

L'objectif principal de cette étude est de développer une méthode de spatialisation multi-échelles qui prend en compte les structures délimitées de l'analyse de la variabilité spatiale de l'EEN par Sena (2015). Il s'agit :

- de spatialiser l'EEN sur la base des méta-variables physiographiques des structures délimitées à l'échelle régionale (10 km);
- de spatialiser l'EEN à l'échelle locale (300 m) en se basant sur les résidus de l'estimation régionale de l'EEN et des méta-variables physiographiques locales.

3. Matériels

3.1 Délimitation des structures spatiales

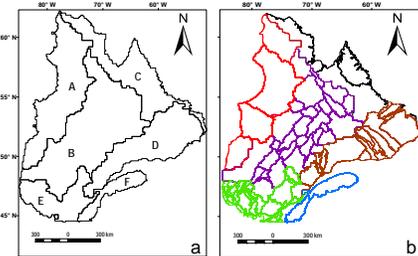


Fig.1: Zones et unités géographiques aux structures spatiales homogènes en termes de l'EEN obtenues par la méthode fonctionnelle à l'échelle régionale (a) (10 km) et à l'échelle locale (b) (300 m) (Sena, N.G. 2015)

3.2 Données nivales

- Maximum annuel moyen de l'EEN de 367 stations nivométriques de 10 ans et plus retenues comprennent 193 du MDDELCC, 19 de RioTinto, 76 stations d'Hydro-Québec et 79 données historiques fournies par Environnement Canada.
- Méta-variables physiographiques (U_1, U_2, U_3, U_4) à l'échelle régionale (10 km)
- Méta-variables physiographiques ($U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6$) à l'échelle locale (300 m)

4. Méthodes

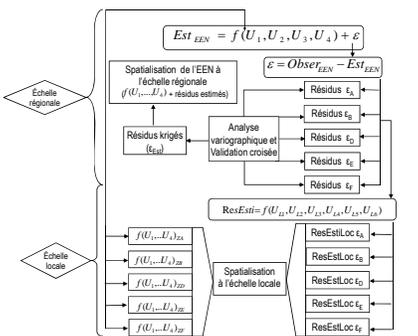


Fig.2: Approche méthodologique de spatialisation multi-échelles de l'EEN selon les méta-variables physiographiques des structures spatiales délimitées à l'échelle régionale (10 km) et locale (300 m).

5. Résultats

✓ Modèle à l'échelle régionale

$$EEN_{Est_{ER}} = 45.2U_1 + 8.4U_4 - 19.2U_2^2 + 11.8U_3^2 + 3U_3^3 + 2410.8$$

✓ Analyse variographique de la zone E

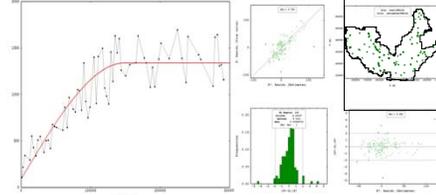


Fig.2: Variogramme des résidus et validation croisée selon le modèle sphérique de la zone B

✓ Validation croisée

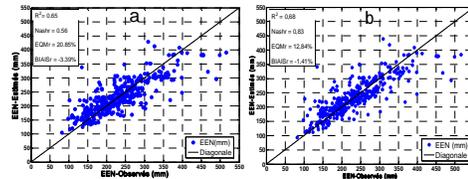


Fig.3: Valeurs observées de l'EEN versus les valeurs estimées du modèle (a) et les valeurs ajustées par les résidus (b) avec les indices de performance selon la validation croisée du modèle sur le territoire d'étude.

✓ Modèles à l'échelle locale

$$RESt_{ZA} = -19.1U_{1LZA} - 5.1$$

$$RESt_{ZB} = 9.4U_{2LZB} + 4.1$$

$$RESt_{ZD} = 17.6U_{1LZD} + 6.1U_{2LZD} - 14.2$$

$$RESt_{ZE} = -14.2U_{2LZE} - 7.1U_{3LZE} - 5.2U_{1LZE} + 0.7$$

$$RESt_{ZF} = -22.7U_{1LZF} + 5.1U_{2LZF} + 5.8U_{3LZF} - 1.8$$

✓ Validation croisée

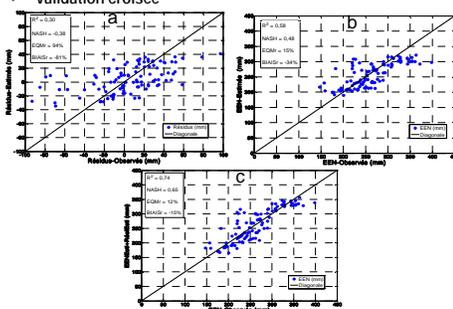


Fig.4: Valeurs observées de l'EEN versus l'estimation régionale (a) et ajustée (c) par les résidus estimés par le modèle zonal (a) avec les indices de performance des modèles à l'échelle locale dans la zone B.

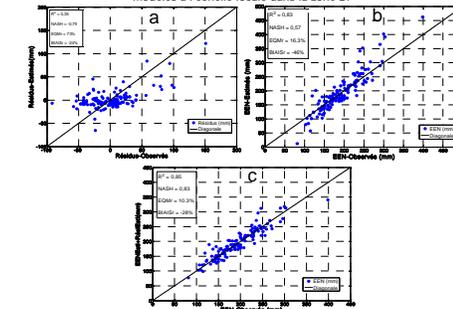


Fig.4: Valeurs observées de l'EEN versus l'estimation régionale (a) et ajustée (c) par les résidus estimés par le modèle zonal (a) avec les indices de performance des modèles à l'échelle locale dans la zone E.

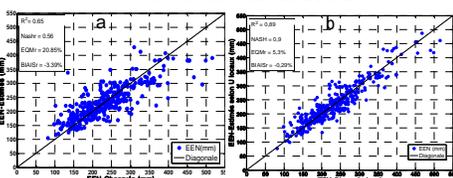


Fig.3: Valeurs observées de l'EEN versus les valeurs estimées du modèle (a) et les valeurs ajustées par tous les résidus locaux estimés (b) avec les indices de performance selon la validation croisée du modèle sur le territoire d'étude.

5. Résultats (suite)

5.1 Cartographie selon la délimitation des structures spatiales

✓ Échelle régionale

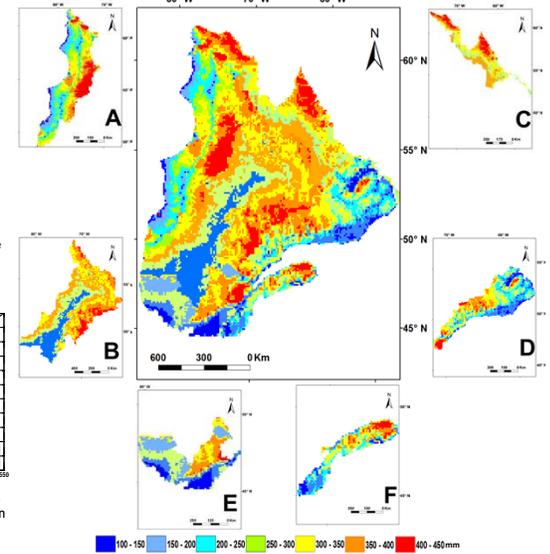


Fig.5: Spatialisation du maximum annuel moyen de l'EEN par regroupement des structures spatiales homogènes délimitées par l'approche fonctionnelle à l'échelle régionale

✓ Échelle locale

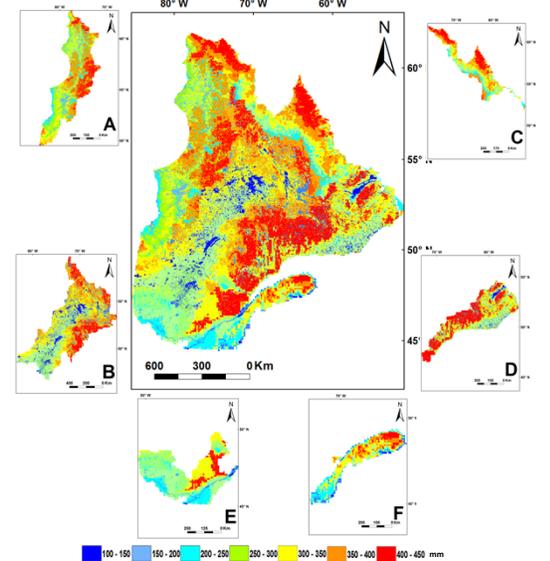


Fig.6: Spatialisation du maximum annuel moyen de l'EEN par regroupement des structures spatiales homogènes délimitées par l'approche fonctionnelle à l'échelle locale

6. Conclusion et discussions

À l'échelle régionale (10 km), le modèle de régression explique 68% de la variance. Seuls les résidus de la zone E présentant une structure spatiale ont permis d'ajuster l'estimation régionale. À l'échelle locale (300 m), les modèles de régression des résidus en fonctions des méta-variables physiographiques locales des différentes zones ont amélioré les variances. Globalement, l'ajustement de l'estimation régionale de l'EEN par les résidus locaux estimés explique une variance de 89% et améliore la variance régionale de 21% avec une valeur de Nash de 0.9. Ceci démontre que la variabilité de l'EEN est expliquée par les déterminants régionaux mais environ 21% de la variance sont conditionnées par les déterminants locaux. À l'échelle régionale, la cartographie de l'EEN confirme les rôles des principaux facteurs physiographiques régionaux dans l'accumulation de la neige. Les zones en altitude (les monts et les piémonts) présentent des valeurs élevées de l'EEN. À l'échelle locale, la cartographie de l'EEN démontre les rôles des facteurs physiographiques (courbure concave des versants, pente, adret, etc.) dans l'accumulation de la neige. L'apport conceptuel de l'étude est la prise en compte des structures spatiales délimitées dans l'estimation optimale de l'EEN à l'échelle considérée (régionale et locale). L'apport thématique proposé est la nouvelle façon de comprendre la variabilité spatiale de l'EEN en proposant des cartes de l'EEN prenant en compte des limites des structures de la variabilité spatiale à l'échelle régionale (10 km) et à l'échelle locale (300 m). Par ailleurs, l'autre apport thématique est la quantification de la part de la variabilité locale (89%) par rapport à celui de la variabilité régionale (68%) de l'EEN.

7. Remerciements

Les auteurs de cette étude remercient Hydro-Québec, Rio Tinto, MDDELCC et Uranus pour nous avoir fourni les données des stations nivométriques.