

Téledétection aéroportée pour la cartographie d'un modèle hybride de lessivage en sols agricoles

Jérôme Goulet-Fortin¹, François Anctil¹, Léon-Étienne Parent²

¹Chaire de recherche EDS en prévisions et actions hydrologiques, Département de génie civil et de génie des eaux, Université Laval

²Département de sols et de génie agroalimentaire, Université Laval

Introduction

- * Problèmes de contamination de la nappe phréatique par les nitrates
- * Cas particulier de la pomme de terre (sols sableux + doses élevées de fertilisants + système racinaire peu profond)
- * Au Québec, taux de recouvrement des engrais azotés estimé à environ 50% pour la pomme de terre (Cambouris, 2007)

Introduction

- * La modélisation pourrait favoriser une application plus raisonnée des engrais azotés
- * Problème: les modèles déterministes classiques demandent trop de variables pédologiques en entrée pour pouvoir être utilisés à l'échelle intra-champ (Schaffer, 1995)
- * Solution envisagée: développer des modèles empiriques ou semi-empiriques moins gourmands en terme de données d'entrée

Introduction

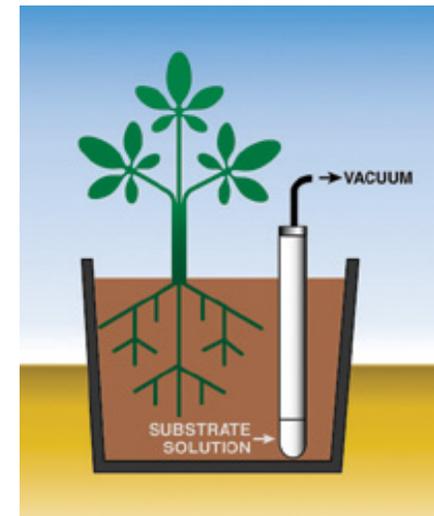
- * Importance de la dimension spatiale pour l'application des engrais à taux variables (agriculture de précision)
- * Un modèle opérationnel devrait donc intégrer de l'information spatiale (ex: LAI)

Matériel et méthode

- * Objectif général du projet: développer et cartographier un modèle pour l'estimation de l'azote disponible et des risques de lessivage à l'échelle intra-champ dans le but de guider la fertilisation azotée
- * Modèle hybride = modèle qui combine techniques issues du "machine learning" avec d'autres approches (ex: modèle physique)

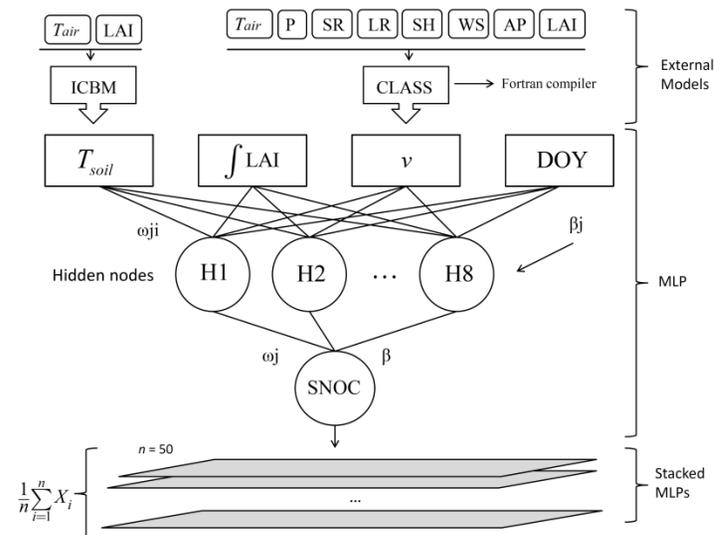
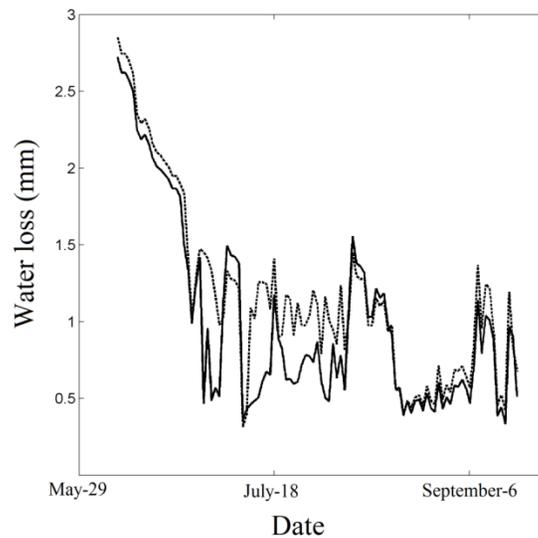
Matériel et méthode

- * Modèles de nitrates calibrés à partir de données recueillies au champ (teneur du sol et de la solution du sol en NO_3)



Matériel et méthode

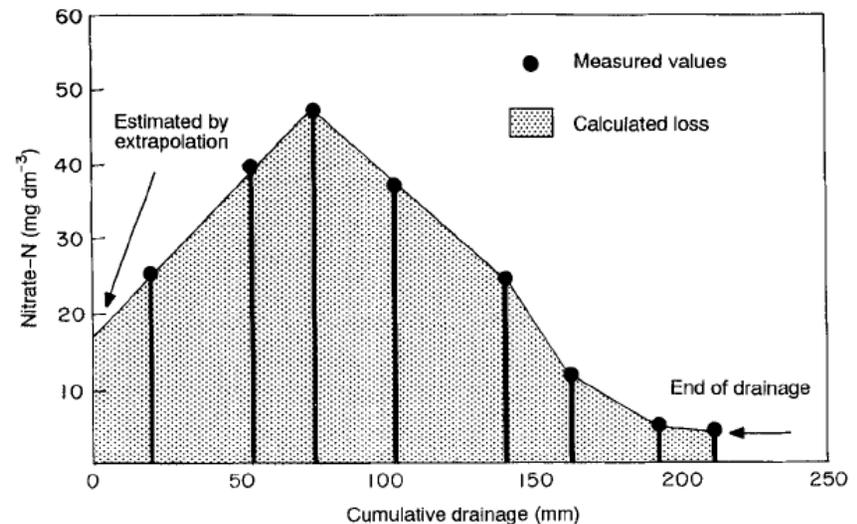
- * La solution hybride implique ici l'adjonction du modèle de surface CLASS au RN pour l'estimation du drainage



Matériel et méthode

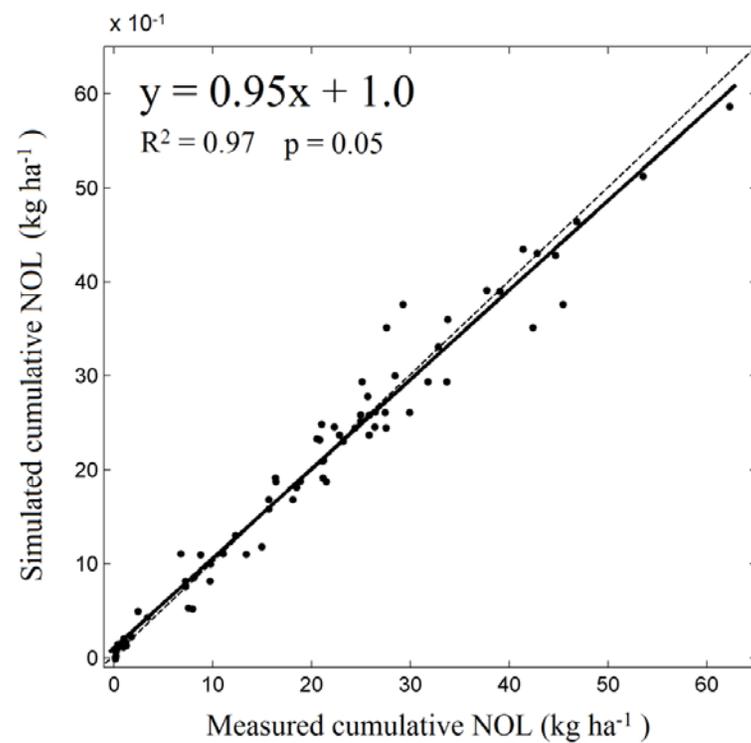
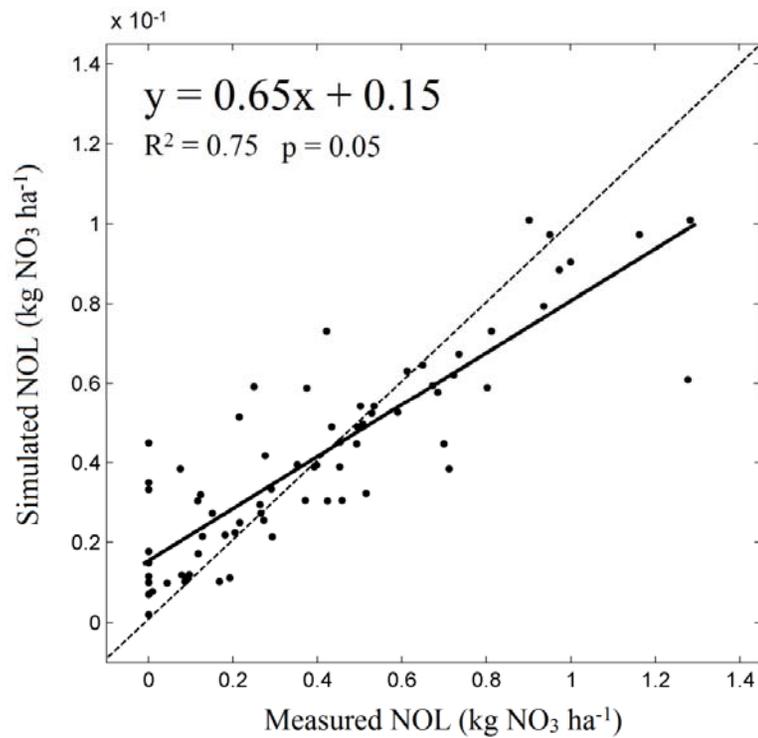
- * Le modèle CLASS permet également d'estimer les charges de nitrates lessivées à partir des concentrations mesurées dans les lysimètres

$$\int_{c_1}^{c_2} \text{NOL}(t) dt \approx \frac{0.5(c_1 + c_2)v}{100}$$



Matériel et méthode

Performance du modèle



Matériel et méthode

- * Notre modèle contient donc des données d'entrée à référence spatiale
- * Mesure du LAI au sol (LAI-mètre)
- * Peut-on interchanger cette mesure au sol par des mesures spectrales aéroportées?



Matériel et méthode

* Comparaison de modèle empiriques et physiques pour l'estimation du LAI pour le maïs et la pomme de terre:

- 1) Régressions linéaires avec NDVI et bandes spectrales
- 2) Modèle exponentiel (Pierce et al., 1993) – localement optimisé
- 3) Modèle à base physique (Sellers, 1996) – localement optimisé
- 4) Modèles par RN

Matériel et méthode

- * Modèle exponentiel (Pierce et al., 1993)

$$\text{LAI} = \left(\frac{\text{NDVI}}{\alpha} \right)^2$$

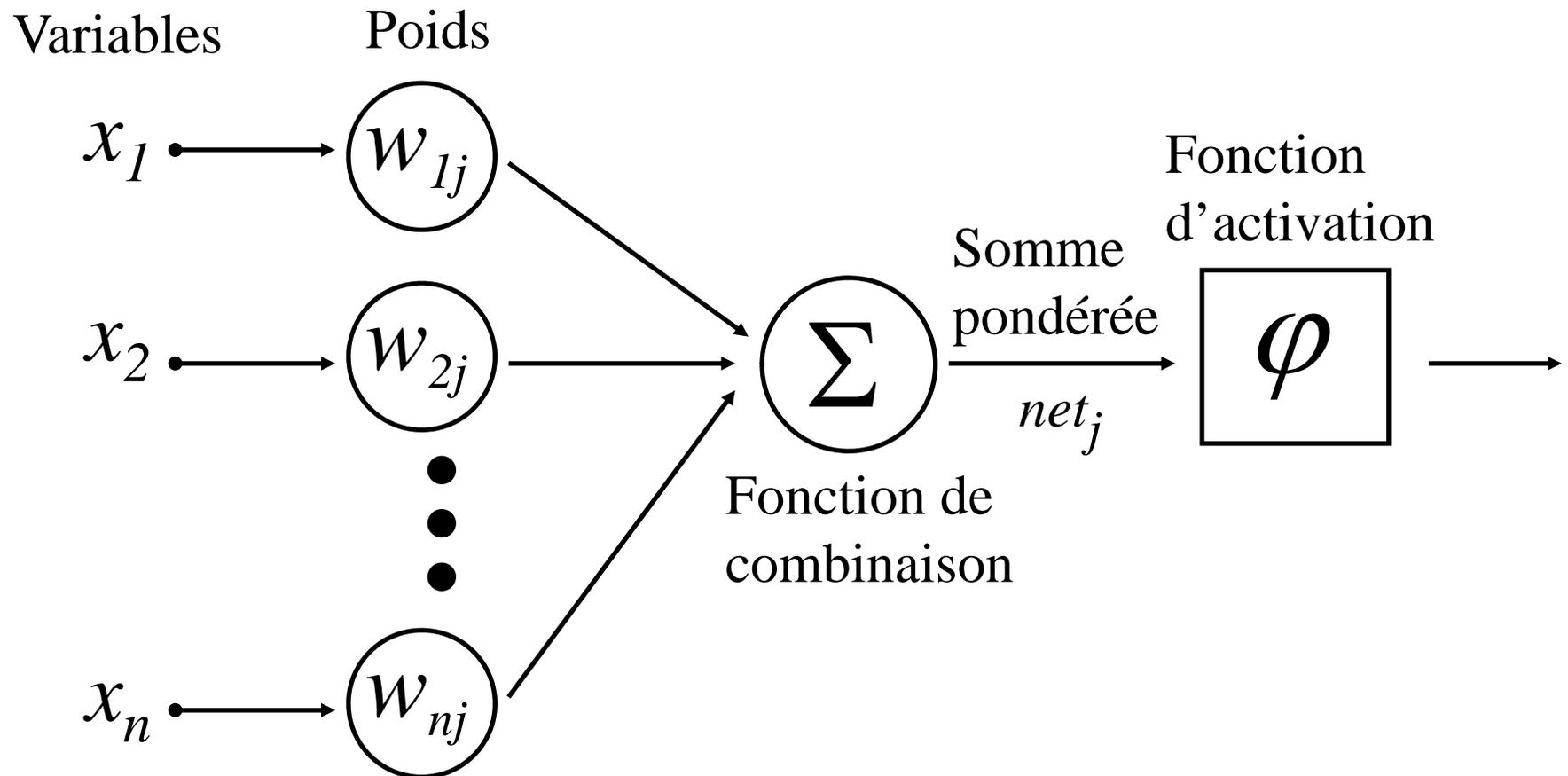
- * Modèle à base physique (Sellers, 1996)

$$\frac{\partial R_{\text{net}}}{\partial \text{LAI}} \propto \frac{\partial \text{FPAR}}{\partial \text{LAI}}$$

- * Modèles par RN

$$\text{LAI}(x, \omega, \beta) = G_2 \left(\sum_j \left[\omega_j G_1 \left(\sum_{\tilde{y}} \omega_{\tilde{y}} x_i + \beta_j \right) + \beta \right] \right)$$

Matériel et méthodes



Matériel et méthode

- * Données de calibration-validation pour le maïs = 5 champs en 2011 et 2012, avec 3 dates d'acquisition et 8 points de calage par champ
- * Données de calibration-validation pour la pomme de terre = 97 points dans un champ sélectionné en 2013 pour la grande variabilité de ses conditions de sol, avec 1 seule date d'acquisition

Matériel et méthode



Matériel et méthode

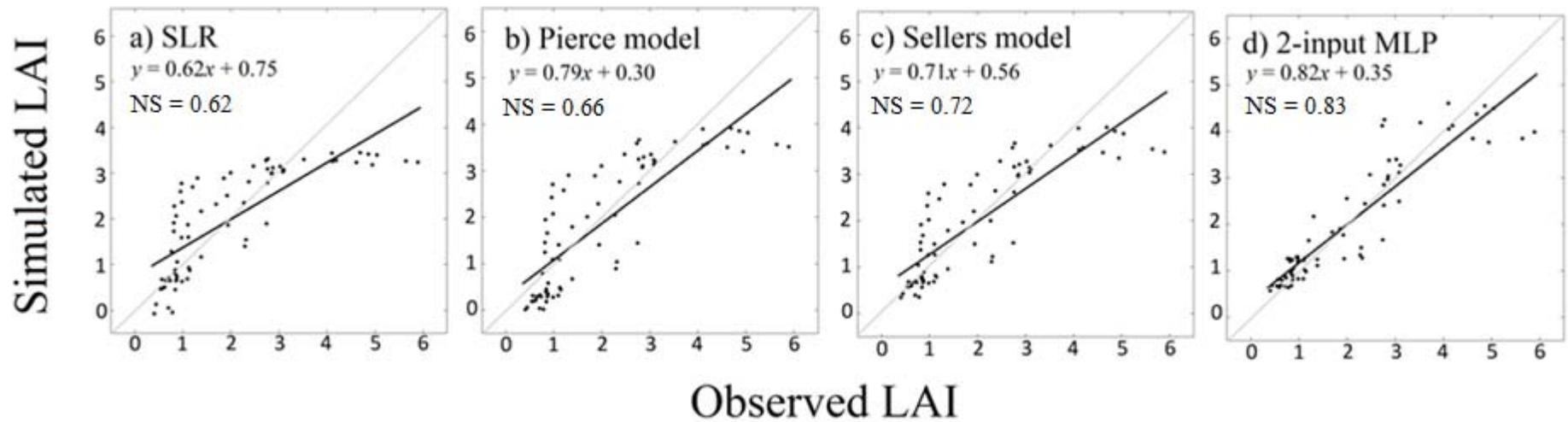
- * Photos aériennes acquises avec une caméra multispectrale MS-4100 (R_{NIR} (800nm/~60nm), R_{RED} (670nm/~40nm), et R_{GREEN} (550nm/~40nm))
- * Résolution spatiale d'environ 200 x 200 cm
- * Calibration radiométrique par la méthode du Temporally Invariable cluster (TIC)

Matériel et méthode

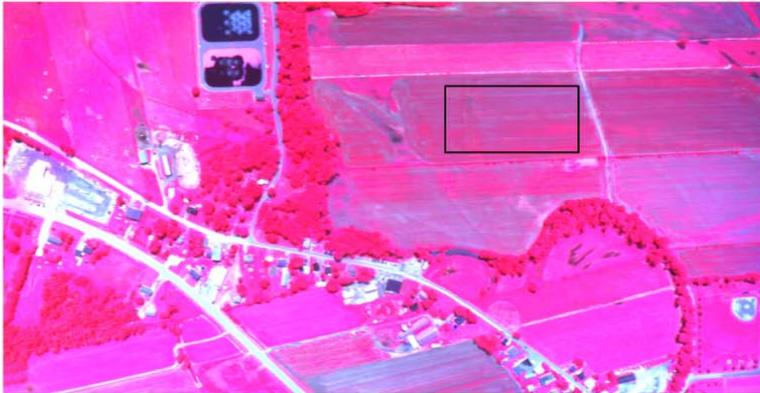


Résultats

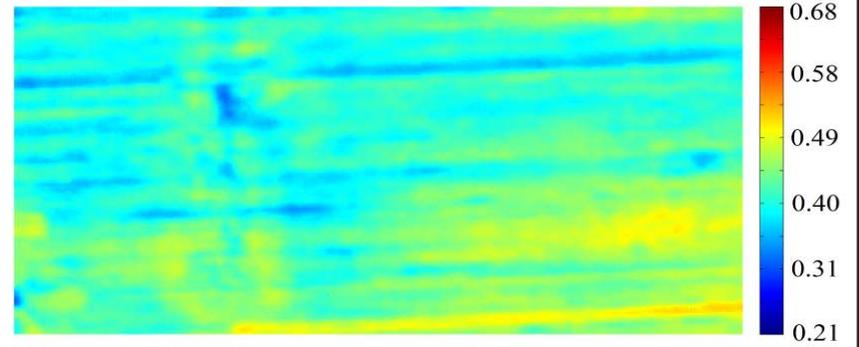
* Maïs



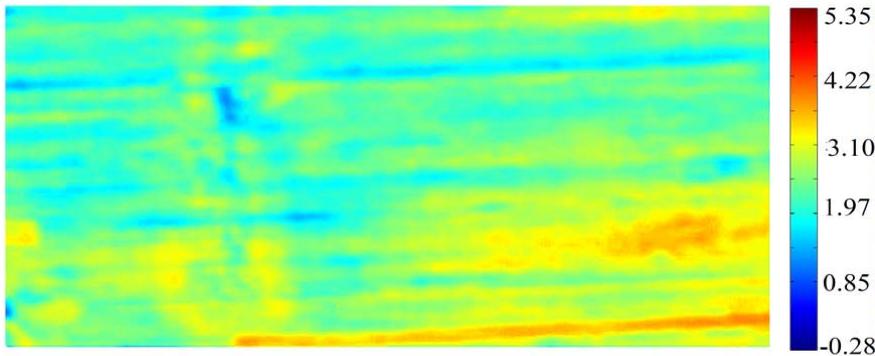
Localisation of the map



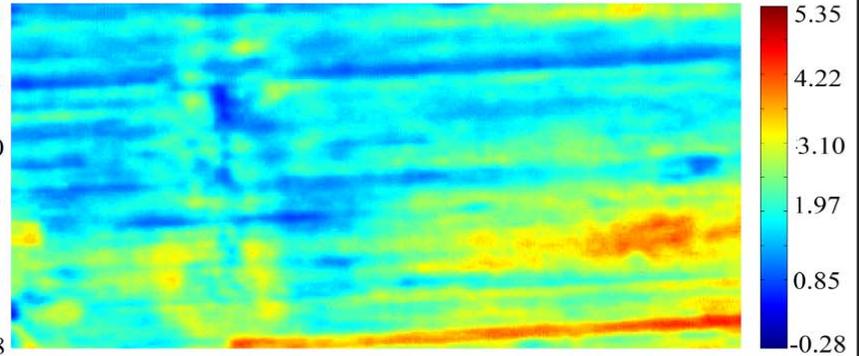
a) NDVI



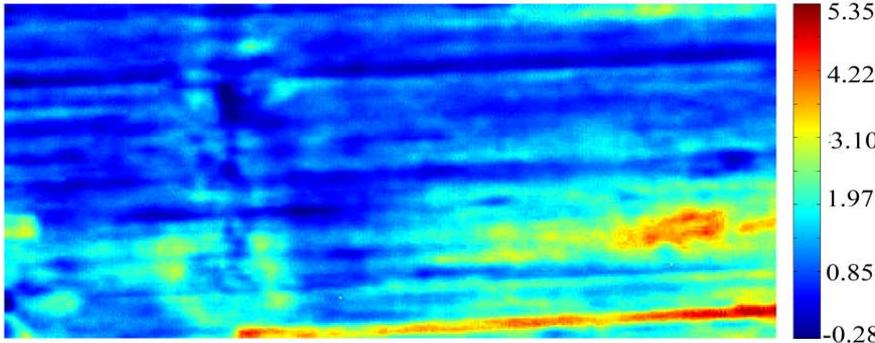
b) LAI obtained with the SLR



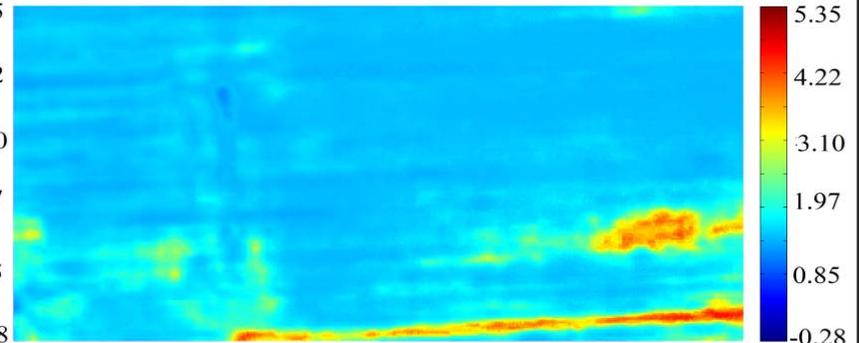
c) LAI obtained with the Pierce model



d) LAI obtained with the Sellers model



e) LAI obtained with the 2-input MLP



Résultats

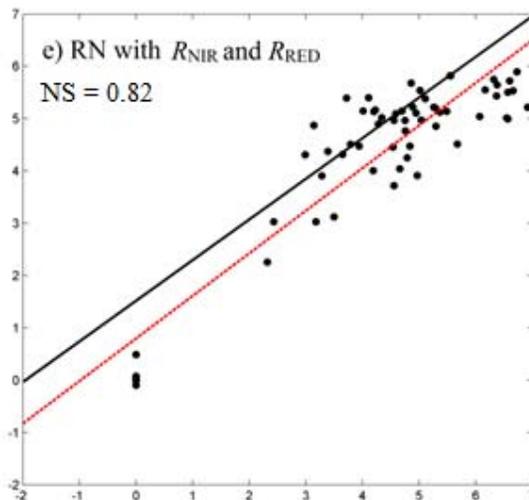
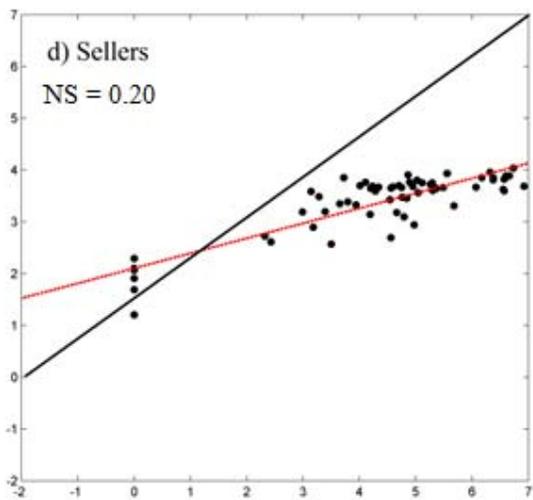
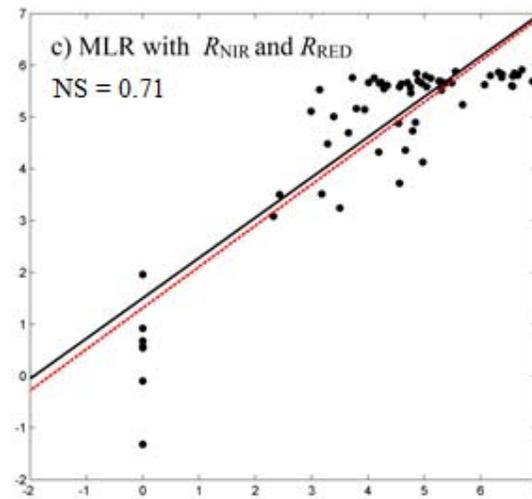
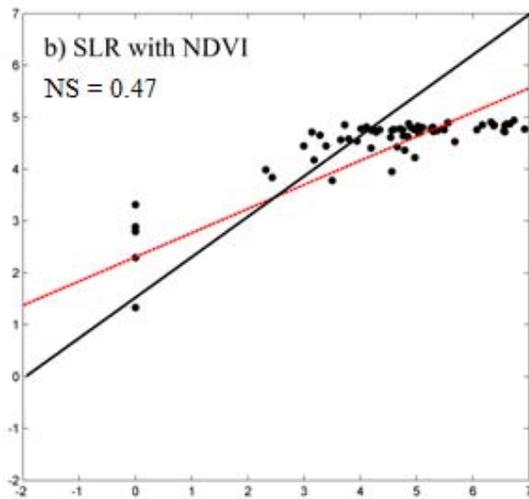
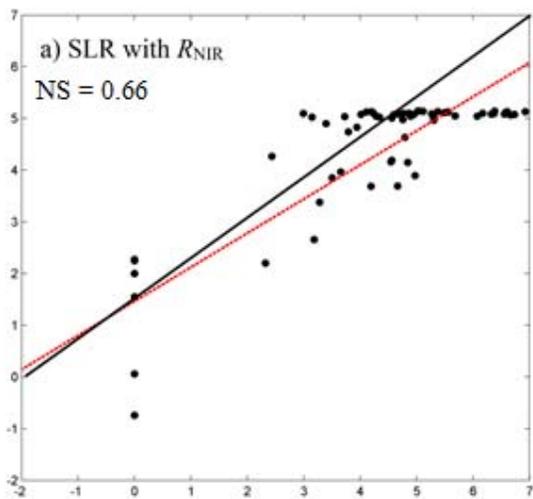
Fortin, J.G., Anctil, F., Parent, L.E., 2013. Comparison of physically-based and empirical models to estimate corn (*Zea mays* L) LAI from multispectral data in eastern Canada. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 39: 1-11.

Résultats

*Pomme de terre



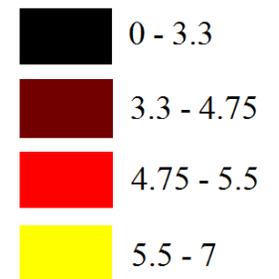
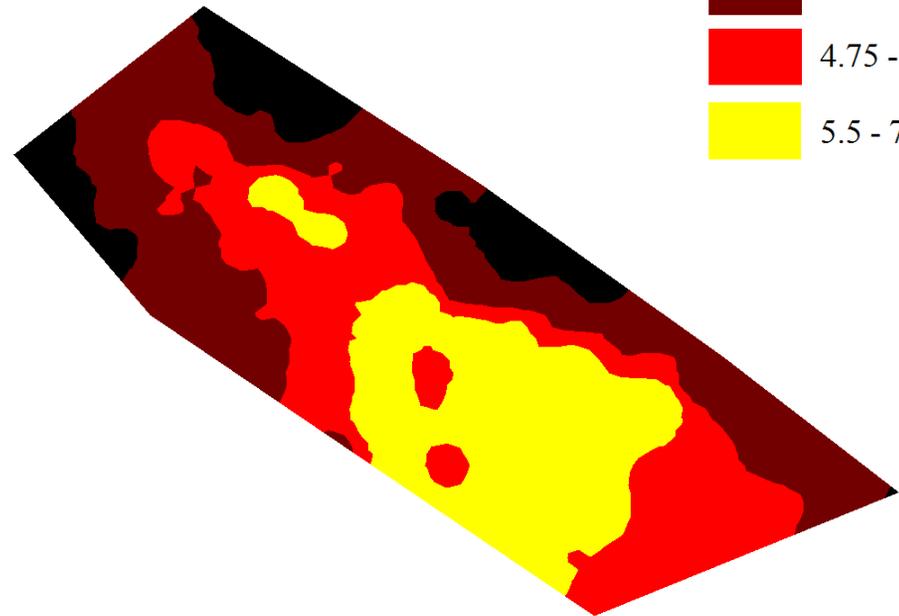
Simulated LAI



Observed LAI

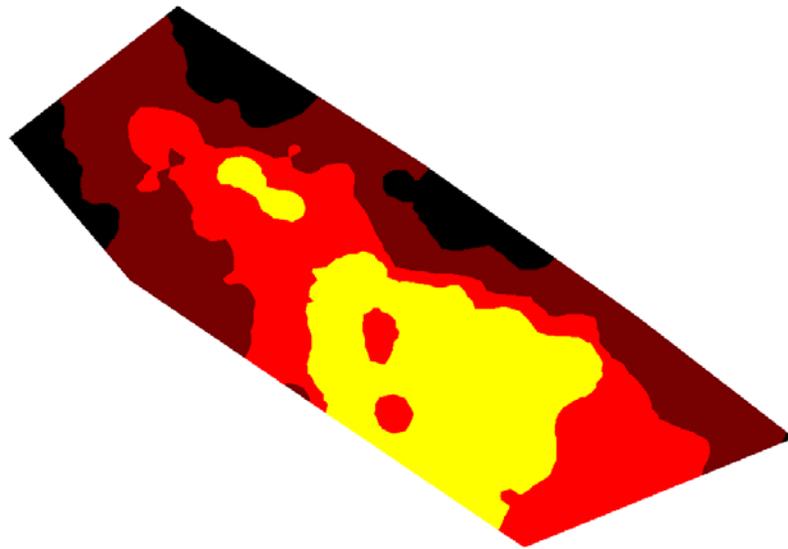
Résultats

* Interpolation avec 4 classes de LAI

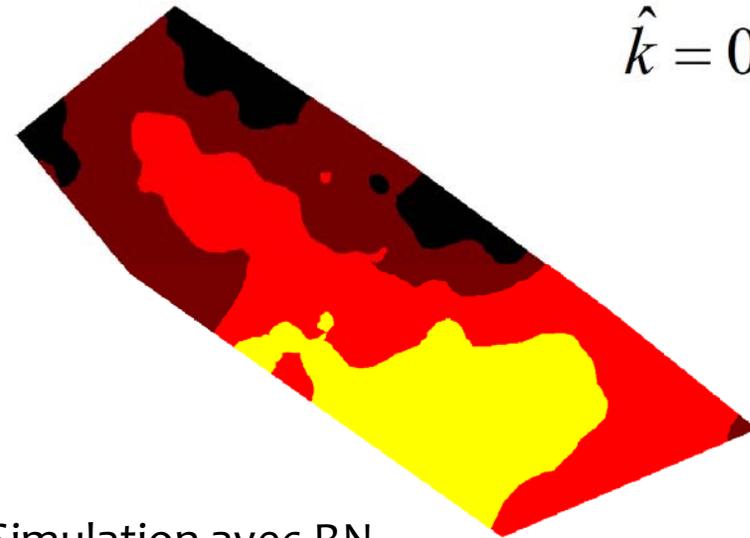


Résultats

* Interpolation avec 4 classes de LAI



Observation

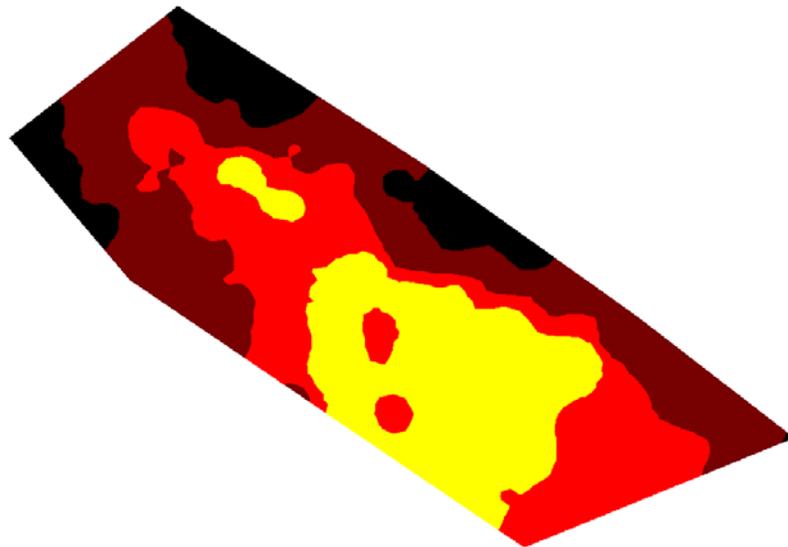


Simulation avec RN

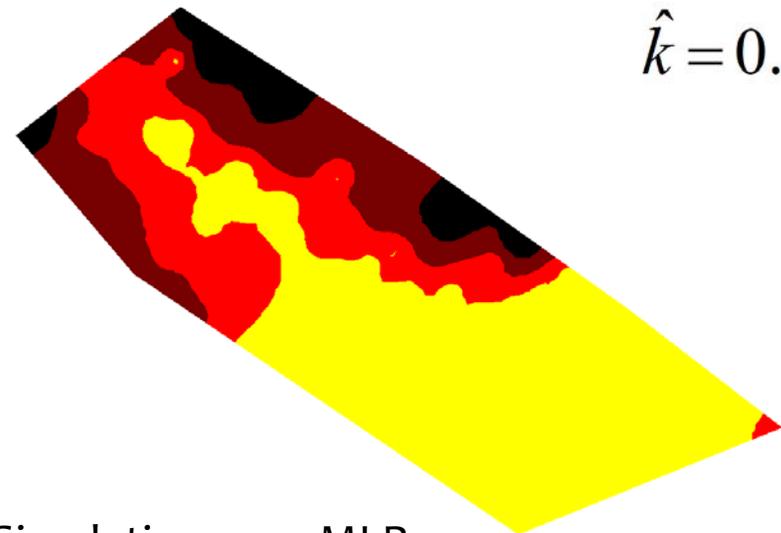
$$\hat{k} = 0.64$$

Résultats

* Interpolation avec 4 classes de LAI



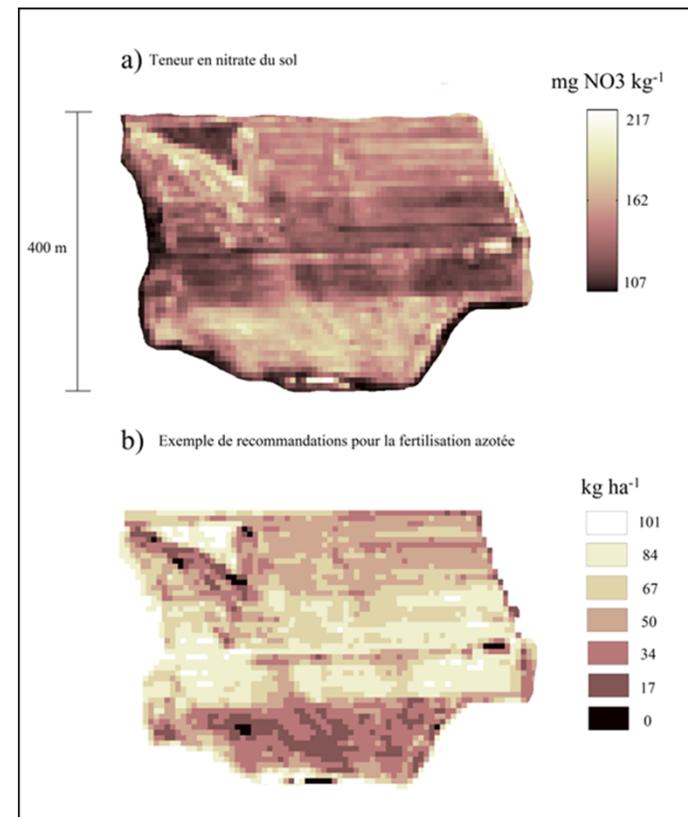
Observation



Simulation avec MLR

Résultats

- * Exemple d'utilisation des cartes de simulation du LAI comme entrée dans le modèle hybride de nitrate
- * Couplage du résultat des simulations avec une grille de fertilisation en post-levée



Conclusion

- * La simulation et la cartographie du lessivage des nitrates et de la teneur en nitrate du sol à des coûts non prohibitifs pourrait être réalisable à l'échelle opérationnelle
- * Pour y arriver, il est impératif d'utiliser de l'information spatiale obtenue par télédétection
- * Processus de validation de la méthode complète en cours

Merci!

Cambouris, A.N., Zebarth, B.J., Nolin, M.C., Laverdière, M.R., 2007. Response to added nitrogen of a continuous potato sequence as related to sand thickness over clay. *Canadian Journal of Plant Science* 87(4), 829-839.

Fortin, J.G., Anctil, F., Parent, L.E., 2013. Comparison of physically-based and empirical models to estimate corn (*Zea mays* L) LAI from multispectral data in eastern Canada. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 39: 1-11.

Fortin, J.G., Anctil, F., Parent, L.E., 2013. Exploratory hybrid neural networks to simulate nitrate leaching under potato crop system. *Soumis à Journal of Environmental Quality*, 14/03/13.

Pierce, L.L., Walker, J., Dowling, T.I., McVicar, T.R., Hatton, T.J., Running, S.W. and Coughlan, J.C. 1993. Ecohydrological changes in the Murray-Darling basin. III. A simulation of regional hydrological changes. *Journal of applied ecology*, Vol.30, No.2, pp. 283-294.

Shaffer, M.J., 1995. Fate and transport of nitrogen: what models can and cannot do? At http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/technical/nra/?&cid=nrcs143_014205. Accessed 15 January 2013.

Sellers, P.J., Los, S.O., Tucker, C.J., Justice, C.O., Dazlich, D.A., Collatz, G.J. and Randall, D.A. 1996. A revised land surface parameterization (SiB2) for atmospheric GCMs. Part II: The generation of global fields of terrestrial biophysical parameters from satellite data. *Journal of climate*, Vol. 9, No.4, pp. 706-737.