

ADAPTATION DES SYSTÈMES CULTURAUX CANADIENS AUX VARIATIONS CLIMATIQUES : CONTRIBUTION DE STICS AU SUIVI DE LA BIOMASSE ET DES BESOINS EN EAU DU MAÏS GRAIN EN VU D'AMÉLIORER L'EFFICACITÉ D'UTILISATION DE L'AZOTE.

E. Pattey^{1*}, G. Jégo¹, G. Bourgeois², S. Admiral¹, N. Tremblay², J. Liu¹

¹ Santé de l'environnement, Direction générale de la recherche, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 960 ave. Carling, Ottawa, ON, Canada K1A 0C6

² Agriculture et Agroalimentaire Canada, 430 Bd. Gouin., Saint-Jean-sur-Richelieu, QC, Canada J3B 3E6

*Auteur correspondant : Elizabeth.Pattey@agr.gc.ca

Mise en contexte

La majeure partie de la production du maïs grain (*Zea mays* L.) au Canada est située dans l'est du pays, plus particulièrement dans les plaines à forêts mixtes où il n'y a quasiment pas de recours à l'irrigation. Cette écozone est sujette à des périodes de déficits pluviométriques et des stress thermiques occasionnels. Ces périodes de stress climatiques influencent non seulement la biomasse et les rendements mais aussi les besoins en azote. Elles contribuent à diminuer l'efficacité d'utilisation de l'azote des champs non irrigués.

Dans ce contexte, notre objectif à long terme est de d'effectuer une révision, si possible à la baisse, des recommandations régionales d'azote pour mieux prendre en compte les contraintes pédo-climatiques de cette production. Cet objectif s'aligne avec la volonté de réduire l'impact environnemental (GES, lessivage des nitrates, ammoniac, etc.) de l'agriculture à l'échelle de la ferme et des bassins versants. À moyen terme, nous voulons 1) adapter aux conditions environnementales canadiennes un modèle agro-environnemental de croissance des cultures tel que STICS (Brisson et al., 1998), qui simule la dynamique du carbone, de l'eau et de l'azote, 2) vérifier qu'il réponde adéquatement aux variations climatiques saisonnières et 3) l'interfacer avec les bases de données pédo-climatiques disponibles afin d'établir des prédictions spatialisées du rendement, de la biomasse, des besoins en eau et en azote du maïs, à l'échelle régionale (Liu et al., 2010). Cette étape, en cours de développement, consiste à spatialiser les prédictions de biomasse et de rendement en assimilant les données d'indices foliaires (green LAI ; Haboudane et al., 2004) extraites de la télédétection optique (tel que SPOT ou Landsat) pour estimer des paramètres d'itinéraire technique inconnus mais critiques à la performance des prédictions (Prévot et al., 2003), comme la date de semis ou la densité de plants. Les autres intrants associés aux propriétés du sol sont disponibles dans les bases de données d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à l'échelle des polygones du pédo-paysage (Cansis) et les données climatiques quotidiennes le sont sur une grille de 10 x 10 km (DGSA).

Nous présentons les résultats d'une évaluation de la performance des prédictions dynamiques d'évapotranspiration (ET) et de biomasse de STICS à l'aide de mesures micrométéorologiques de flux acquises dans la région d'Ottawa au cours de la période s'étalonnant de 1995 à 2006.

Méthodologie

Dans un premier temps, nous avons calibré/défini deux cultivars, appelés variétés dans STICS, de maïs adaptés à la partie nord et sud de l'écozone, suivant la procédure présentée par Jégo et al. (ce colloque). Nous avons évalué, avec un jeu de données de 40 sites-années, que la performance de STICS, ainsi paramétré, à prédire la biomasse au cours de la saison de croissance et le rendement, était très satisfaisante. Cette évaluation a permis de tester que la biomasse intra-saisonnière prédite répondait bien aux variations climatiques saisonnières.

Cependant, l'influence des variations climatiques sur la production des cultures agricoles peut, en théorie, se détecter par les changements quotidiens d'accumulation de biomasse et d'ET durant la saison de croissance. Afin d'évaluer la résolution temporelle de cette réponse des prédictions de STICS aux aléas climatiques, nous avons préparée des jeux de données quotidiennes et décennales. Les deux méthodes de calculs de l'ET disponibles dans STICS ont été évaluées (l'approche par coefficient cultural et l'approche résistive). Les paramètres du sol ont été estimés à partir d'analyses de texture et de profils d'humidité du sol réalisés par TDR (« time domain reflectometry »). À partir de mesures des flux effectués dans la région d'Ottawa par la technique des fluctuations turbulentes (« eddy covariance ») nous avons calculé l'ET et l'accumulation de biomasse journalière et décennale du maïs des saisons de croissance de 1995, 1996, 1998, 2000, 2002 et 2006, selon l'approche présentée par Pattey et al. (2001). Un bilan hydrique a aussi été établi pour estimer l'évapotranspiration à partir des mesures TDR de l'humidité volumique dans le profil du sol.

Résultats et Discussion

Sur les six années étudiées, trois (1995, 1998, 2002) ont eu des périodes de stress hydriques durant le remplissage des grains. L'année 2000 était fraîche et pluvieuse alors 1996 a eu une très bonne accumulation d'unité thermique et une bonne distribution des pluies, 2006 a été marqué par un printemps pluvieux. Nous avons donc séparé l'analyse selon qu'il avait un stress hydrique significatif ou non.

La dynamique des prédictions d'ET journalières de STICS était très bonne pour les années sans stress de 1996, 2000 et 2006 (Fig. 1). En revanche, les prédictions d'ET de STICS étaient surestimées de 12 à 34% durant les années sèches, aussi bien au niveau décadaire que journalier. L'approche résistive a fourni de biens meilleurs résultats que celle des coefficients culturaux qui surestimait fortement les prédictions d'ET (Fig. 2). Le bilan hydrique n'a pu être établi que sur deux années sèches et deux années humides. Il tendait aussi à surestimer l'ET mesurée par la méthode des flux turbulents.

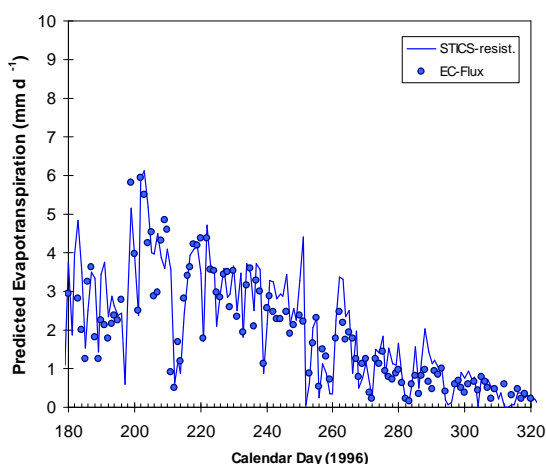


Figure 1: Comparaison entre l'ET mesurée par la méthode des flux et prédite par STICS en 1996

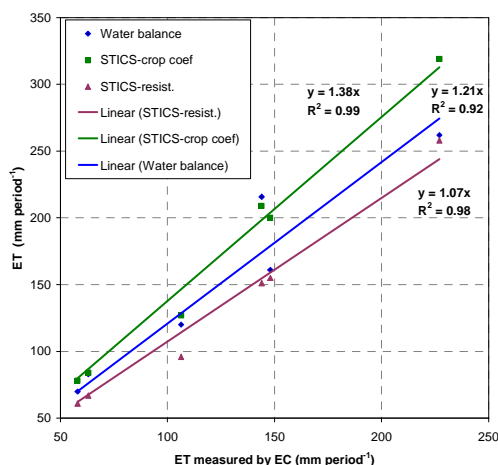


Figure 2: Comparaison entre l'ET mesurée et prédite par STICS sur des périodes des saisons 1996, 1998 2002 et 2006.

La comparaison de la biomasse intra-saisonnière a montré que biomasse totale dérivée des flux est plus proche des prédictions de la biomasse aérienne que de celles de la biomasse totale. Il semble que la biomasse racinaire prédite est surestimée par rapport à ce qui est rapporté dans la littérature (rapport biomasse racinaire sur biomasse aérienne autour de 20% (Eggball et Maranville, 1993), plutôt que de 30 à 40% prédite par STICS). Certains paramètres qui contrôlent la croissance racinaire, tel que *croirac* qui contrôlent la croissance du front racinaire ou *draclong* qui contrôle l'évolution de la densité racinaire, pourraient nécessiter une calibration afin de mieux prédire la biomasse totale. La base de données que nous avons constituée va nous permettre de mieux cerner les zones d'incertitudes.

Références bibliographiques

- Brisson N., Mary B., Ripoche D., Jeuffroy M.H., Ruget F., Gate P., Devienne-Barret F., Antonioletti R., Durr C., Nicoullaud B., Richard G., Beaudoin N., Recous S., Tayot X., Plenet D., Cellier P., Machet J.M., Meynard J.M. et Delécolle R. 1998. STICS: a generic model for the simulation of crops and their water and nitrogen balance. I. Theory and parametrization applied to wheat and corn. *Agronomie*, 18 : 311-346.
- Eggball, B. and Maranville, J.W., 1993. Root development and nitrogen influx of corn genotypes grown under combined drought and nitrogen stresses. *Agron. J.*, 85: 147-152.
- Haboudane, D., Miller J. R., Pattey, E., Zarco-Tejada, P.J. and Strachan, I.B., 2004. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: modeling and validation in the context of precision agriculture. *Rem. Sens. Environ.* 90(3): 337-352.
- Liu, J., Pattey, E., Miller J.R., McNairn, H. Smith, A., Hu, B., 2010. Mapping variability of above-ground dry biomass and yield of corn using multi-temporal hyperspectral and multispectral remote sensing data. *Rem. Sens. Environ.*: accepted.
- Pattey, E., Strachan, I.B., Boisvert, J.B., Desjardins, R.L. and McLaughlin, N.B., 2001. Detecting effects of nitrogen rate and weather on corn growth using micrometeorological and hyperspectral reflectance measurements. *Agric. For. Meteorol.*, 108: 85-99.
- Prévot L., Chauki H., Troufleau D., Weiss M., Baret F., Brisson N. 2003. Assimilating optical and radar data into the STICS crop model for wheat. *Agronomie*, 23(4) : 297-303.