

INVERSION DU MODELE DE CULTURE STICS POUR ESTIMER LES PARAMETRES DU SOL ET AMELIORER LA PREDICTION DE VARIABLES AGRO-ENVIRONNEMENTALES

Hubert Varella, Martine Guérif et Samuel Buis.

UMR 1114 Emmah INRA UAPV, Site Agroparc, 84914 Avignon cedex 09

*Auteur correspondant : il hvvarella@avignon.inra.fr

Introduction

Les modèles de cultures sont des outils très utiles pour prédire le comportement des cultures dans leur environnement et sont largement utilisés dans des travaux agro-environnementaux (Houles et al., 2004). Ces modèles complexes requièrent généralement un grand nombre de paramètres et leur application est difficile sans une bonne connaissance des valeurs de ces paramètres, d'autant plus lorsque ces valeurs varient spatialement comme pour les paramètres du sol (Irmak et al., 2001). Les paramètres du sol peuvent être estimés en chaque point de l'espace par une analyse de sol mais cela est très coûteux et requiert un travail expérimental lourd. Cependant, les observations du couvert végétal fournies par la télédétection (indice foliaire LAI et le contenu en azote de la plante QN) et par les cartes de rendements peuvent permettre l'estimation spatialisée des paramètres du sol par inversion d'un modèle de culture. L'utilisation des méthodes d'estimation Bayésiennes, incluant de l'information a priori sur les paramètres, est un moyen d'estimer ces paramètres (Guérif et al., 2006). La question est cependant complexe, en raison du grand nombre de paramètres à estimer.

Dans cette étude, nous avons étudié l'apport des méthodes d'analyse de sensibilité à la question du choix des paramètres à estimer, en particulier pour quantifier la quantité d'information contenue dans les jeux d'observations, et son lien avec la qualité d'estimation des paramètres. Dans un deuxième temps, nous avons étudié le lien entre qualité d'estimation des paramètres et qualité de prédiction des variables agro-environnementales d'intérêt.

Lien entre sensibilité et qualité d'estimation des paramètres

La qualité des résultats d'estimation dépend de la sensibilité globale des sorties observables du modèle aux paramètres (Saltelli et al., 2000). Nous avons illustré pour le modèle STICS la relation entre la qualité d'estimation de 7 paramètres du sol (liés à l'état hydrique et à la teneur en azote du sol) et des critères basés sur les résultats de l'analyse de sensibilité globale (critère GMS pour chaque paramètre et TGMS pour l'ensemble des paramètres) (Varella et al., 2010). La qualité d'estimation est définie comme l'amélioration de l'estimation des paramètres relativement à ce que l'on connaît a priori sur les paramètres. On utilise une méthode Bayésienne de type Importance Sampling. Dans cette étude d'estimation, on considère des jeux d'observations synthétiques de blé (LAI, LAI+QN, LAI+QN+rendement) dans diverses configurations agro-pédoclimatiques (4 climats différents, 2 types de profondeur de sol et 2 précédents culturaux). Les résultats montrent qu'il existe une bonne relation entre les critères : plus les critères basés sur la sensibilité sont grands, plus la qualité d'estimation des paramètres (en terme d'erreur relative rapportée à l'erreur constituée par la moyenne de l'information a priori RE) est bonne (Fig. 1). Il est alors possible de classer les paramètres entre eux en fonction de leur qualité d'estimation et les configurations entre elles en fonction de leur capacité à estimer l'ensemble des paramètres. Par exemple, la condition initiale en eau du sol est le paramètre ayant la plus forte valeur de GMS, ce qui permet d'avoir la meilleure qualité d'estimation pour ce paramètre. Le paramètre d'épaisseur de sol admet une valeur de GMS plus grande pour un type de profondeur de sol faible (l'avancée du front racinaire est limitée), ce qui permet dans ce cas d'avoir une meilleure qualité d'estimation de ce paramètre. On montre également que les configurations d'observations admettant un climat sec sont celles qui ont un critère TGMS le plus fort (les propriétés du sol s'exprime plus dans ce cas) et que ce sont celles qui permettent d'estimer au mieux l'ensemble des paramètres du sol. Cette étude a permis de diagnostiquer les jeux d'observations efficaces pour estimer les paramètres. La maximisation des critères basés sur la sensibilité globale (GMS et TGMS) pourrait permettre de constituer un jeu d'observations optimal pour estimer au mieux les paramètres du sol.

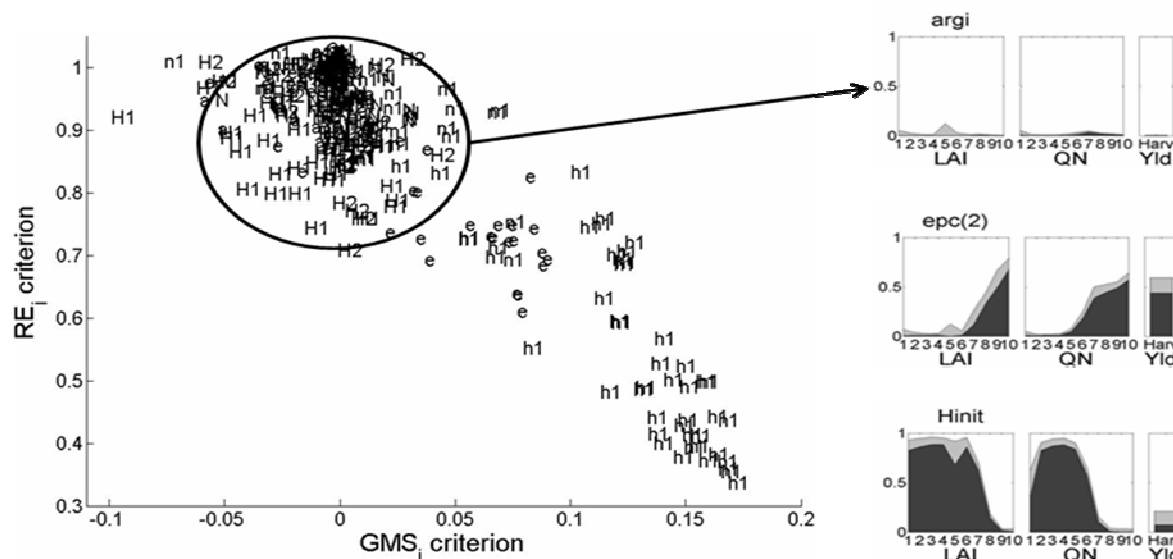


Figure 1. Relation entre GMS et RE pour les paramètres du sol et lien avec l'analyse de sensibilité illustré pour 3 paramètres (effet principal en noir, effet total en gris)

Impact de la qualité d'estimation des paramètres sur la prédiction des variables agro-environnementales

On a montré ensuite comment l'estimation des paramètres du sol à partir d'observations du couvert végétal permet d'améliorer la prédiction de variables agro-environnementales (qualité et quantité du rendement, reliquat d'azote à la récolte). Pour l'estimation, on a considéré d'une part des jeux d'observations synthétiques de blé et de betterave (la betterave est plus soumise au stress hydrique que le blé) dans diverses configurations agro-pédoclimatiques (4 climats différents et 2 types de profondeur de sol) et d'autre part des observations réelles sur le bassin versant de Bruyères (Beaudoin et al., 2005). Pour la prédiction, effectuée sur des années indépendantes, on a considéré d'une part des jeux d'observations synthétiques de blé et de betterave dans diverses configurations agro-pédoclimatiques (10 climats, 2 types de profondeur de sol et 4 itinéraires techniques) et d'autre part des observations réelles sur le bassin versant de Bruyères. Les résultats sur observations synthétiques montrent que les paramètres permanents liés à l'état hydrique du sol (épaisseur du sol et humidité à la capacité au champ) ont une meilleure qualité d'estimation lorsqu'ils sont estimés en climat sec et en faible profondeur de sol, et que la betterave est observée. On montre notamment que l'amélioration de la prédiction de la qualité et la qualité du rendement est maximale lorsque les paramètres du sol sont estimés dans ces conditions (alors que la prédiction du reliquat d'azote à la récolte est peu améliorée). Les résultats sur observations réelles ont notamment permis de confirmer l'efficacité des observations de betterave sur l'amélioration de la prédiction de la qualité et la qualité du rendement. Cette étude a permis de faire un large diagnostic des jeux d'observations efficaces pour améliorer la prédiction des variables agro-environnementales, à travers l'estimation des paramètres du sol.

Références bibliographiques

- Beaudoin, N., Saad, J.K., Van Laethem, C., Machet, J.M., Maucorps, J., Mary, B., 2005. Agriculture, Ecosystems & Environment 111 292-310.
- Brisson, N., Ruget, F., Gate, P., Lorgeou, J., Nicoullaud, B., Tayot, X., Plenet, D., Jeuffroy, M.H., Bouthier, A., Ripoche, D., Mary, B., Justes, E., 2002. Agronomie 22 69-92.
- Guérif, M., Houlès, V., Makowski, D., Lauvernet, C., 2006. In: Wallach, D., Makowski, D., Jones, J.W. (Eds.), Working with Dynamic Crop Models. Elsevier.
- Houlès, V., Mary, B., Guérif, M., Makowski, D., Justes, E., 2004. Agronomie 24 1-9.
- Irmak, A., Jones, J.W., Batchelor, W.D., Paz, J.O., 2001. Transactions of the ASAE 44 1343-1353.
- Saltelli, A., Tarantola, S., Campolongo, F., 2000. Statistical Science 15 377-395.
- Varela, H., Guérif, M., Buis, S., 2010. Environmental Modelling & Software 25 310-319.