

ETUDE D'UN SCHEMA DE DESAGREGATION DE L'HUMIDITE DU SOL DE L'ECHELLE DU BASSIN VERSANT A L'ECHELLE LOCALE

Pellenq J.^{1*}, Kerr Y.¹, Saulnier G.-M.², Boulet G.¹, Kalma J.³, Chehbouni A.¹.

¹ *Centre d'Etudes Spatiales de la BIOSphère, Toulouse, France*

² *Laboratoire d'études des Transferts en Hydrologie et Environnement, Grenoble, France*

³ *Department of Civil, Surveying and Environmental Engineering, University of Newcastle, Newcastle, Australie*

INTRODUCTION

Dans le cadre des applications du couplage Hydrologie Météorologie, un modèle TSVA (SVATsimple, Boulet et al. , 2000) a été couplé au modèle hydrologique TOPMODEL (Beven et Kirkby, 1979) .

Les objectifs de ce couplage sont :

- 1) *améliorer la modélisation du cycle de l'eau à l'échelle du bassin versant*, en prenant en compte de façon explicite les échanges verticaux entre la surface et l'atmosphère et les flux hydriques latéraux dus à la topographie ;
- 2) *proposer une partition ruissellement/drainage plus réaliste que dans les modèles TSVA simples* ;
- 3) *proposer un schéma de désagrégation du contenu en eau du sol* allant de l'échelle du bassin à l'échelle locale.

Ce dernier point rentre dans la problématique du changement d'échelle. En particulier :

- l'utilisation conjointe d'informations acquises à différentes échelles nécessite la mise en œuvre de procédures d'agrégation et de désagrégation (comme par exemple l'utilisation de mesures ponctuelles d'humidité du sol et de données acquises par SMOS (Soil-Moisture-and-Ocean-Salinity Program <http://www.cesbio.ups-tlse.fr/indexsmos.html>) à une résolution de 50x50 km);
- la détermination de paramètres régionaux dans une modélisation du cycle de l'eau à grande échelle nécessite la mise en œuvre d'un procédure d'agrégation. Cette agrégation permet de prendre en compte les mécanismes et les hétérogénéités locales (topographie, végétation...) qui influencent les flux à grande échelle;
- l'interprétation et l'utilisation de données issues de télédétection dans la modélisation à une échelle plus fine nécessite une désagrégation qui permette de retrouver la répartition spatiale des données.

Le modèle proposé est basé sur les indices topographiques de TOPMODEL (Beven et Kirkby, 1979). Ce formalisme permet (i) de décrire les écoulements latéraux dus à la topographie (intervenant dans le bilan hydrique à l'échelle du bassin versant) et (ii) d'estimer les champs locaux d'humidité à partir du contenu en eau moyen sur le domaine, et de la profondeur de sol.

Cette méthode a été validée sur le petit bassin versant de Nerrigundah en Australie (Pellenq et al. , soumis) dans le cadre d'une collaboration avec le Department of Civil, Surveying and Environmental Engineering de l'Université de Newcastle, Australie.

SITE DE VALIDATION

Le bassin versant de Nerrigundah est situé dans le New South Wales, Australie. C'est un petit bassin (6 ha) caractérisé par un relief peu marqué (27 m) et une pente moyenne de 11%. Le climat y est tempéré avec un cumul des précipitations annuelles de 1000mm et une évapotranspiration potentielle de 1600mm. Le sol est constitué d'une première couche limoneuse peu profonde (30 à 90 cm) surplombant un horizon moins perméable de profondeur 55 à 290 cm.

* e_mail : Jennifer.Pellenq@cesbio.cnes.fr

Le site a été instrumenté d'octobre 1996 à fin octobre 1998. Le jeu de données comporte en particulier : les forçages atmosphériques au pas de temps de la demi-heure, les débits au pas de temps horaire, des mesures de profil d'humidité du sol tous les 15 jours en 13 points répartis sur le bassin et des cartes d'humidité dans la couche de surface à une haute résolution spatiale (20m) pour 12 dates différentes. Un MNT (modèle Numérique de Terrain) à 20m ainsi que les caractéristiques spatiales du sol (conductivité hydraulique, profondeur du sol) en 19 points de mesure sont également disponibles. Le protocole expérimental et les données sont décrites par Walker *et al.* (2001).

RESULTATS

1-Validation à l'échelle du bassin

Le modèle couplé a d'abord été validé à l'échelle du bassin en comparant les valeurs observées et simulées du contenu en eau moyen et des débits à l'exutoire. Les résultats montrent que le modèle est capable de prédire les débits et l'évolution du contenu en eau du sol à l'échelle du bassin de façon satisfaisante (cf. Figures 1 a)et b)).

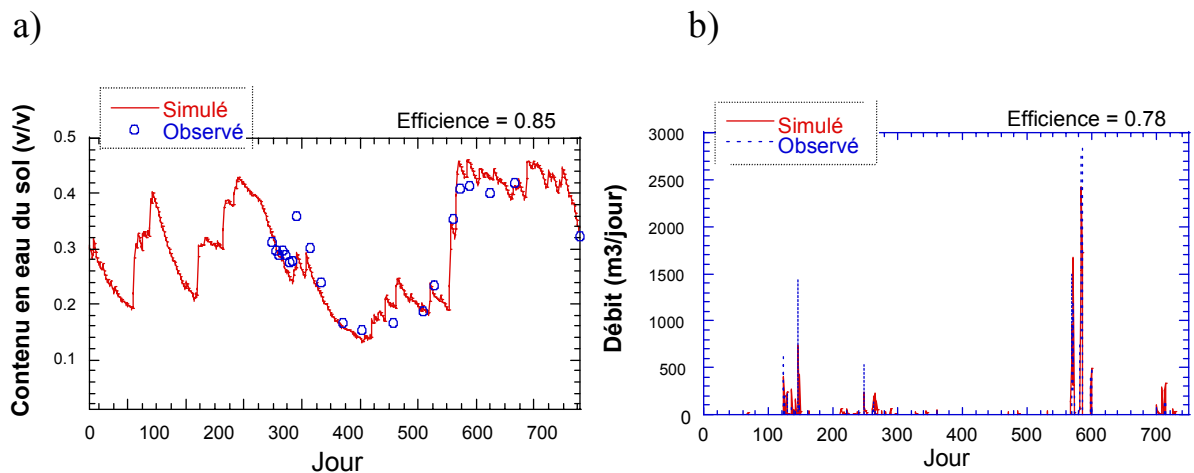


Figure 1 : a) Evolution du contenu en eau du sol moyen à l'échelle du bassin, simulé et observé à partir de 13 points de mesures répartis sur le bassin et b) débit simulé et observé pour une période de 706 jours allant de décembre 96 à octobre 98.

2- Spatialisation du contenu en eau moyen à l'échelle locale

Le schéma de spatialisation permet, connaissant l'état hydrique moyen, les indices topographiques (Beven et Kirkby, 1979) ainsi que les profondeurs de sol locales de retrouver un état hydrique local. A chaque instant, une valeur du contenu en eau du sol à l'échelle du bassin est associée à une carte spatialisée des humidités.

Pour les 12 dates disponibles, les cartes d'humidité mesurées dans la couche de surface ont été comparées aux cartes simulées d'humidité de surface. Pour construire les cartes simulées, deux méthodes ont été testées : d'abord la profondeur du sol a été supposée homogène (hypothèse de topographie dominante), puis la profondeur de sol et la topographie ont été supposées variables.

Les résultats (cf. Figure 2) montrent que l'information topographique seule ne permet pas de reconstituer les champs locaux d'humidité observés. En revanche, la prise en compte de la variabilité locale de la profondeur du sol améliore sensiblement la prédiction en termes de « domaines semblables » (Figure 2). Ces résultats s'expliquent par le fait que le bassin est relativement petit et que le relief est peu marqué. Il est très probable qu'à plus grande échelle et pour une topographie plus contrastée, le relief ait plus d'influence sur les champs d'humidités.

Si les grands domaines sont à peu près bien reproduits, la comparaison point à point reste médiocre avec un coefficient de détermination de 0.15 pour l'ensemble des 238 points sur 12 jours. La faible corrélation entre les valeurs observées et prédites est à attribuer d'une part au modèle, qui ne prend en compte que deux sources de variabilité et qui n'est qu'une approximation de la réalité et d'autre part au fait que les variables comparées ne sont pas à la même échelle. Les observations sont dérivées de mesures ponctuelles et ne sont représentatives que d'une très petite zone. Les simulations sont, par nature, représentatives de l'échelle de la maille du MNT (ici 20 m). Il n'est donc pas réaliste de comparer des mesures terrain bruitées par les micro hétérogénéités avec des simulations prenant en compte des caractéristiques de plus large échelle.

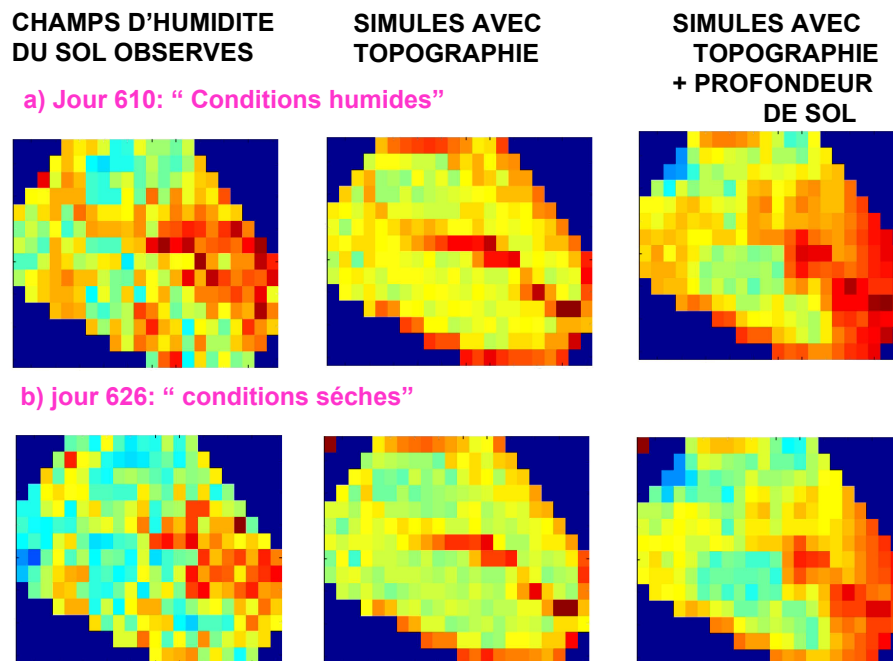


Figure 2 : Champs d'humidité du sol spatialisés observés (gauche), simulés en désagrégeant la valeur moyenne sur le bassin en utilisant uniquement l'information topographique (centre, en utilisant la topographie et les variations de la profondeur du sol (droite) pour deux dates différentes.

3- Détermination de l'échelle représentative de désagrégation

A quelle échelle d'agrégation peut-on comparer des valeurs issues d'observations ponctuelles (moyennées sur un certain domaine) avec des valeurs simulées (représentatives du même domaine) ?

Cette question a été étudiée en comparant point par point pour 238 valeurs sur 12 jours de campagne la corrélation et l'erreur quadratique moyenne entre les observations et les simulations pour différentes échelles de moyennage. En chaque point, l'humidité locale est calculée en faisant la moyenne sur ses 3, puis 5 puis 9, etc... premiers voisins de façon à lisser le « bruit blanc » local et déterminer un contenu en eau moyen à une échelle intermédiaire entre le point et l'échelle du bassin. Les résultats sont présentés dans la Figure 3. Ils montrent qu'en dessous de 25 pixels (représentant le nombre de pixels du voisinage sur lequel la valeur locale est moyennée) soit 100m*100m, la corrélation dépend fortement de l'échelle considérée, en revanche, au-dessus de cette limite, l'augmentation de la corrélation est moins franche et semble atteindre un palier au-delà duquel l'échelle à laquelle les valeurs sont comparées ne joue plus un très grand rôle.

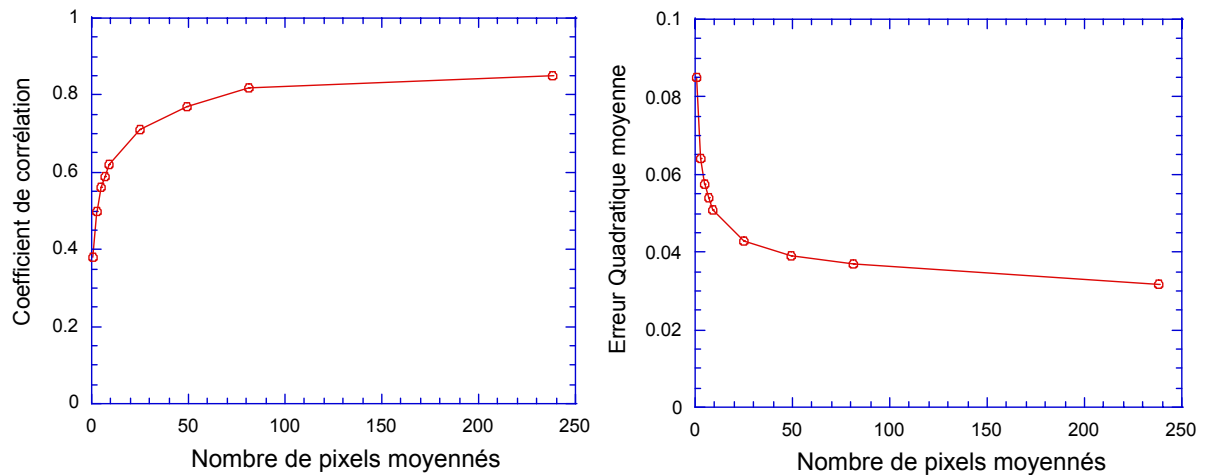


Figure 3 : coefficient de corrélation et erreur quadratique moyenne correspondant à la comparaison de valeurs du contenu en eau du sol local observées et simulées en 238 points du bassin pour 12 dates différentes en fonction de l'échelle de moyennage des valeurs.

CONCLUSION

Le modèle développé propose une meilleure prise en compte des échanges latéraux dans la modélisation des flux de surface et permet en outre de prendre en compte la variabilité spatiale de la topographie et de la profondeur de sol dans l'estimation du contenu en eau à l'échelle du bassin. L'utilisation du formalisme en indices de similarités permet de regrouper des classes de pixels hydrologiquement semblables et, combiné à une information sur la profondeur de sol, permet la spatialisation d'une information moyenne sur le contenu en eau du sol à l'échelle sous maille.

Cette approche a été validée sur le petit bassin versant de Nerrigundah (Australie) sur lequel un grand nombre de données spatialisées d'humidité du sol était disponible.

Les résultats en terme de prédiction du contenu en eau moyen et des débits en rivières sont satisfaisants pour toute la période de simulation. En revanche, la procédure de spatialisation utilisée ne permet pas de reproduire les champs observés dans le détail. Le problème vient de l'échelle de représentativité des données : les mesures sont à l'échelle ponctuelle alors que les estimations sont faites à l'échelle du pixel. Une étude statistique a montré que l'échelle de moyennage à partir de laquelle les deux types de données étaient compatibles se situe au-delà de 100m*100m.

REFERENCES

- Beven K. and Kirkby M., 1979, A physically-based variable contributing area model of basin hydrology, *Hydrological Sciences Bulletin*, 24, 43-69.
- Boulet, G., Chehbouni, A., Braud, I., Vauclin, M., Haverkamp, R., and Zammit, C., 2000, A simple water and energy balance model designed for spatialization and remote sensing data utilization, *Agric. Forest Meteorol. (SALSA Special Issue)*, 105, 117-132.
- Pellenq, J., Kalma J., Boulet G., Saulnier G.-M., Wooldridge S., Kerr Y., Boulet G., Chehbouni A., 2001. A disaggregation scheme for soil moisture based on topography and soil depth. *Journal of Hydrology*, submitted.
- Walker, J. P., Willgoose, G. R. and Kalma, J. D., 2001. The Nerrigundah Data Set: Soil Moisture Patterns, Soil Characteristics and Hydrological Flux Measurements. *Water Resources Research*, 37(11): 2653-2658.