

"Understanding and modelling of hydrological processes in small peri-urban catchments using an object-oriented and modular distributed approach. Application to the Chaudanne and Mercier sub-catchments (Yzeron catchment, France)"

Soutenance de thèse de Sonja Jankowsky le 15 décembre 2011 à 10h00 au Cemagref de Lyon en salle Ardèche. La présentation sera en anglais.

Résumé français:

Compréhension et modélisation des processus hydrologiques dans un petit bassin versant périurbain à l'aide d'une approche spatialisée orientée objet et modulaire. Application aux sous-bassins de la Chaudanne et du Mercier (bassin de l'Yzeron, France).

La densification actuelle de l'urbanisation conduit à un changement d'occupation du sol et du réseau de drainage en zone péri-urbaine. L'écoulement est concentré dans des fossés ou des réseaux d'assainissement et ainsi accéléré. Ces phénomènes peuvent avoir des conséquences importantes pour les nappes et les cours d'eau, comme par exemple l'aggravation des crues et des sécheresses et l'altération de la qualité chimique et/ou biologique du milieu. Sous la pression réglementaire (Directive Cadre Européenne sur l'Eau) et la demande sociale, les gestionnaires sont donc confrontés à des choix complexes en terme d'aménagement. Ainsi, il est nécessaire de mettre au point des méthodes et des modèles capables de quantifier l'impact de l'augmentation de l'urbanisation sur la vulnérabilité des hydro-syst

èmes péri-urbains. Dans ce travail, nous formulons l'hypothèse qu'une modélisation hydrologique spatialisée continue, prenant explicitement en compte les objets des paysages périurbains (parcelles urbaines, agricoles, forestières, haies,..) et les éléments déterminant les chemins de l'eau (topographie, mais aussi réseaux d'assainissement ou de routes) peut aider à comprendre et hiérarchiser le rôle des différents objets du paysage sur la réponse hydrologique. Pour ce faire, le modèle distribué PUMMA (Peri-Urban Model for landscape Management) adapté aux bassins versants péri-urbains, a été développé dans le cadre de cette thèse. Il consiste en une intégration du modèle existant URBS, décrivant des processus hydrologiques urbains à l'échelle d'une parcelle cadastrale, dans l

a plate-forme de modélisation LIQUID, qui contient déjà des modules représentant des processus hydrologiques en zone rurale. PUMMA a également été complété par de nouveaux modules simulant les déversoirs d'orage, les bassins de rétention et le transfert du ruissellement de surface. Le modèle suit une approche orientée objet dans laquelle le paysage est divisé en mailles irrégulières, correspondant aux parcelles cadastrales en zone urbaine et aux unités de réponse hydrologiques (HRUs) en zone rurale. Afin de pouvoir appliquer le modèle à l'échelle d'un bassin versant, des méthodes automatiques pour la préparation des données géographiques ont été mises au point. De plus, une méthode a été développée pour déterminer les contours de bassins versants

péri-urbains, en distinguant les surfaces contributives de temps sec et humide. Le modèle a été appliqué au bassin versant de la Chaudanne, un sous-bassin de l'Yzeron, situé en zone péri-urbaine lyonnaise pour deux années en conditions contrastées (sèche et humide). Les paramètres du modèle ont été spécifiés à partir des observations disponibles et des données de la littérature. Les résultats montrent un comportement du modèle réaliste et une aptitude à représenter les comportements différents en période sèche et humide, en lien avec des degrés de saturation des sols différents, même si les pics de débits d'été sont en général surestimés. Différents tests de sensibilité sur certains processus/paramètres montrent l'importance des processus urbains sur la réponse hydrologique du bassin, c

omme en particulier la génération de ruissellement de surface par les surfaces imperméables et naturelles urbaines, le drainage de l'eau du sol par les réseaux d'assainissement et les connexions entre les îlots urbains et le réseau hydrographique naturel et artificiel. L'épaisseur des sols et la conductivité hydraulique à saturation latérale jouent aussi un rôle important sur la dynamique du débit de base. Nous montrons aussi le potentiel du modèle pour tester différents scénarii d'aménagement ou de gestion des eaux pluviales.

Mots clés:

Bassin versant péri-urbain, Modélisation hydrologique distribuée, Yzeron, LIQUID, Réseau d'assainissement, Fossés, Pré-processing, approche orientée objet

English Abstract:

Urban expansion mainly affects peri-urban areas. These areas are subject to rapid modifications such as an increase of impervious areas or concentration of runoff in sewer systems. These changes have an impact on local hydrology and can induce floods, pollution or decrease of groundwater resource. Modelling tools allowing a quantification of the sensitivity of peri-urban catchments to urbanization are therefore useful in this context. The hypothesis underlying this PhD is that a continuous distributed hydrological model, taking explicitly into account the spatial organization of the landscape (urban, agricultural, forest areas, hedges,..) and the water pathways, as determined by topography but also roads and sewer networks, can help to understand and hierarchize the role of various landscape elements on the hydrological response of small hydrosystems. We therefore designed the Peri-Urban Model for landscape MAnagement (PUMMA) simulating the rainfall-runoff processes both in urban and in rural areas. For this, the urban model URBS was integrated into the LIQUID modelling framework already containing modules describing hydrological processes in rural areas. Additionally, three process modules were developed describing sewer overflow devices, overland flow as well as retention basins and lakes. PUMMA follows an object-oriented approach. The landscape is discretized into cadastral parcels in urban areas and irregular hydrological response units in rural areas. In order to apply PUMMA to the catchment scale, automatic methods were developed for the pre-processing of the geographical data. Furthermore, a method for the delineation of suburban catchments including the separation into dry and wet weather contributing areas was developed. The model was then applied to the Chaudanne catchment, a sub-basin of the Yzeron, located in the peri-urban area of Lyon, France. The model was run continuously for two contrasting years (dry and humid) using parameters

values taken from observations and the literature. Although summer peak discharge is often overestimated, the results show that, the model is able to simulate realistically the observed discharges and in particular different responses under dry and wet conditions, controlled by the soil saturation. Sensitivity tests to various processes/parameters showed the importance of the urban influenced processes on the hydrological response, in particular surface runoff generation on impervious and natural urban surfaces, infiltration into the sewer system and the connexion of urban areas to the natural hydrographic network. Soil depth and lateral saturated hydraulic conductivity were also found influential on the base flow dynamics. We finally showed the model potential for the evaluation of various rain water management scenarios.

Keywords:

Suburban catchment, peri-urban, Distributed hydrological modelling, Yzeron, LIQUID, Sewer system, Ditches, Pre-processing, object oriented approach