

Soutenance de thèse de Mohamed Saadi le 10 novembre 2020

Salle virtuelle <https://us02web.zoom.us/j/82049434100?pwd=Y25hSm9RdnQya05FYVNHVTR1N3hWQT09>

Représentation de l'urbanisation dans la modélisation hydrologique à l'échelle du bassin versant

Résumé : Afin de déterminer l'impact hydrologique de l'étalement urbain à venir, la modélisation hydrologique est très utile car elle permet de traduire les scénarios d'urbanisation en scénarios hydrologiques en tenant compte de la variabilité climatique. Malgré la diversité actuelle des modèles hydrologiques applicables sur les bassins urbanisés, ces modèles sont en général développés sur un nombre limité de bassins versants, ce qui pose la question de leur robustesse. L'objectif de cette thèse est de chercher une structure de modèle hydrologique capable de reproduire la relation pluie-débit pour un large échantillon de bassins versants urbanisés, situés en France et aux États-Unis, et caractérisés par différents niveaux d'étalement urbain. Pour ce faire, nous sommes partis d'une structure de modèle conceptuel (GR4H), fonctionnant au pas de temps horaire mais non dédiée aux bassins versants urbanisés. Pour arriver à nos objectifs, nous avons considéré quatre étapes : (1) la collecte et la préparation d'un large échantillon de données pour plus de 2000 bassins versants situés en France et aux États-Unis. L'analyse de la variabilité des coefficients de ruissellement de 852 bassins nord-américains a montré une dépendance non seulement au taux moyen d'imperméabilité totale (TIA), mais aussi aux conditions d'humidité du sol quel que soit le niveau d'étalement urbain du bassin versant ; (2) le test de la structure de départ sur les bassins fortement urbanisés. Cette étape a montré l'aptitude des paramètres du modèle GR4H à traduire les spécificités du comportement hydrologique en contexte urbanisé ; (3) la régionalisation des paramètres de la structure de départ GR4H pour les lier à la fraction du couvert urbain. Les relations de régression obtenues ont été performantes mais peu sensibles à la caractérisation du couvert urbain ; (4) la modification pas-à-pas de la structure de GR4H en rajoutant le ruissellement sur les surfaces imperméables, et en variant le partage entre écoulement rapide et écoulement lent en fonction de chaque bassin. L'évaluation de ces modifications sur 273 bassins versants urbanisés a indiqué une amélioration de la simulation des écoulements surtout lors des périodes sèches et des périodes de crue. Les paramètres rajoutés ont montré une forte dépendance au taux moyen d'imperméabilité totale. Les travaux de cette thèse montrent un exemple de démarche constructive de développement de modèle hydrologique, par laquelle nous avons réussi à améliorer la représentation de l'urbanisation au sein du modèle tout en obtenant de meilleurs résultats en comparant avec des séries observées. Un effort de régionalisation de la nouvelle structure en exploitant des mesures de fragmentation du paysage urbain permettra une étude d'impact de différents schémas d'urbanisation future sur la réponse hydrologique.

Mots-clés : urbanisation, modèle hydrologique global, régionalisation, coefficient de ruissellement, surface imperméable, bassin versant

Catchment-scale representation of urbanization in hydrological modeling

Abstract: In order to determine the hydrological impact of future urban development, hydrological modeling is very useful because it allows obtaining hydrological scenarios from urbanization scenarios by considering climate variability. Despite the current diversity of applicable hydrological models to urbanized catchments, those models were generally tested on few catchments, which raises the question of their robustness. The objective of this thesis is to look for a hydrological model structure that is able to reproduce the rainfall-runoff relationship for a large sample of urbanized catchments, located in France and the United States, and characterized by a wide variety of urban sprawl. To do so, we started from an hourly conceptual model structure (GR4H) which was not specifically developed nor tested on highly urbanized catchments. We followed four steps: (1) The collection and preparation of a large sample of data for more than 2000 catchments located in France and the United States. The analysis of the variability of event runoff ratio for 852 US catchments showed the dependence of catchment response not only on mean total impervious area (TIA), but also on antecedent soil moisture conditions regardless of the level of urban sprawl in the catchment; (2) The test of the starting model structure on highly urbanized catchments. This step showed the ability of GR4H parameters in reflecting the behavioral specificities of urbanized catchments; (3) The regionalization of GR4H parameters in order to relate them to the fraction of urban cover in the catchment. The obtained regression relationships performed well but showed weak sensitivity to change in the fraction of urban cover, which impeded their use for scenario prediction; (4) The step-by-step modification of the GR4H model structure by including excess rainfall on impervious surfaces, and by varying the partitioning between quick flow and slow flow depending on each catchment. The evaluation of these modifications on 273 urbanized catchments indicated an improvement in reproducing the observed flows in comparison to the original structure, especially during dry and flooding periods. The added parameters showed a strong dependence on the mean total impervious area. This thesis work illustrates a constructive modeling approach by which we have succeeded in both (1) improving the representation of urbanization within the model and (2) obtaining better simulation of catchment response. An effort of regionalizing the new model structure using measures of urban landscape fragmentation will allow to better estimate the impact of different urban planning schemes on the hydrological behavior at the catchment scale.

Keywords: Urbanization, lumped hydrological model, regionalization, runoff ratio, impervious surface, catchment