

Sujet de thèse LEE 2024 - Modélisation hydrologique de l'impact de l'infiltration des eaux pluviales sur l'état hydrique du sol en contexte urbain - Adaptation de la modélisation en fonction des données descriptives, à l'échelle du quartier.

Pour adapter les villes aux changements globaux, les stratégies d'aménagement urbain favorisent le développement de la végétation en ville et la gestion de l'eau en ville s'appuie sur une stratégie de gestion intégrée, associant la maîtrise de l'imperméabilisation, la mise en oeuvre de dispositifs de gestion à la source des eaux pluviales, et la réutilisation d'autres types d'eau comme les eaux grises.

La gestion des eaux pluviales en ville est donc caractérisée par des évolutions majeures, qui donnent plus d'importance au rôle du sol vis à vis des rejets d'eau pluviale produits par la ville (Furumai, 2008), et à la préservation des ressources en eau souterraines par recharge des nappes, mais nécessitent de porter une attention particulière à la qualité de l'eau d'infiltration et aux propriétés des sols (capacité à infiltrer, niveau de contamination...).

Par ailleurs, le rôle du sol dans le fonctionnement hydrologique des bassins versants urbains a été montré dans des recherches passées, mais sa prise en compte se heurte encore à une description appropriée de la complexité des caractéristiques des sols urbains, fortement remaniés et lieu de nombreux ouvrages enterrés (Pophillat 2022). Pourtant, les opérationnels ont de fortes attentes vis à vis de la gestion intégrée de l'eau en ville, sur l'ensemble des compartiments en jeu (sous-sol, surface, couche limite urbaine), pour mieux orienter les stratégies d'aménagement et les choix qui doivent être faits vis à vis des eaux pluviales : infiltrer, évapotranspirer, rejeter vers les rivières? Dans le contexte d'une ville plus végétalisée mais fragilisée par le changement climatique, la gestion de la ressource en eau devient un sujet qui mobilise fortement les collectivités.

La modélisation hydrologique est une approche pertinente pour aider les opérationnels à faire les bons choix en terme d'aménagement et de gestion à la source, dès lors que les modèles permettent de représenter de façon appropriée les processus physiques impliqués dans le fonctionnement du compartiment aérien et souterrain. Les outils de modélisation spatialement distribués sont également très intéressants pour "aller vers" des applications plus opérationnelles permettant de tester des scénarios d'aménagement. Toutefois, la mise en oeuvre des modèles se heurte encore au niveau de paramétrisation requis pour bien représenter certains processus et flux d'eau, comme les échanges entre la nappe souterraine et les ouvrages enterrés, ainsi que les échanges entre la végétation et le sol. Ce niveau de paramétrisation est souvent guidé par la disponibilité des données permettant de décrire les compartiments concernés et l'enveloppe construite : géologie, caractéristiques des sols, présence de réseaux et de parkings enterrés, occupation du sol, caractéristiques des ouvrages d'infiltration (substrats, géotextiles....).

L'objectif de cette thèse est d'adapter la représentation des composantes des bassins versants urbains dans des modèles hydrologiques au niveau de description disponible dans les banques de données géographiques. En particulier, le travail proposé devrait permettre d'identifier des stratégies d'utilisation des modèles dans le cas d'une information descriptive limitée et de qualifier les limites de cette utilisation. Le cas de la représentation des caractéristiques des sols et des contextes hydrogéologiques sera étudié, en lien avec la description des caractéristiques des systèmes de gestion des eaux pluviales, en surface ou enterrés.

Méthodologie

- En premier lieu seront réalisés un état des lieux détaillé des données disponibles et une étude bibliographique visant à examiner les différentes utilisations de ces données en modélisation hydrologique des milieux urbanisés.

- Le modèle hydrologique envisagé est le modèle URBS (Rodriguez et al., 2008; Pophillat, 2022), qui permet d'intégrer une description détaillée du compartiment souterrain. Ce modèle permet de tester différentes options vis à vis de la description des caractéristiques du milieu urbain et également différentes options de simulation des processus, qui peuvent être ajustées en fonction du niveau de description. Différentes stratégies de description des milieux étudiés seront élaborées, à partir de

données géographiques de nature variable (données vecteur, données raster issues de la télédétection), et à partir de données relatives à la planification urbaine établies par les collectivités.

- Des jeux de données géographiques seront créés en vue de tester la mise en œuvre du modèle hydrologique pour les différentes stratégies de description des milieux urbains, et des simulations seront réalisées sur des bassins versants réels
- Des recommandations scientifiques et plus opérationnelles seront enfin établies afin d'orienter les utilisations futures des modèles hydrologiques pour une bonne prise en compte et représentation des solutions alternatives d'infiltration des eaux pluviales en zone urbaine

Etudes de cas

Au sein de l'observatoire de recherche ONEVU, l'IRSTV a mis en place à Nantes un suivi permanent des bilans d'eau sur un quartier qui regroupe des habitations individuelles et collectives, le bassin versant du Pin sec (30 ha), ainsi qu'un écoquartier sur lequel des ouvrages de gestion à la source sont suivis. Par ailleurs, le site de la ZAC du Moulon, en cours d'évolution au sein du plateau de Saclay, fait l'objet d'un suivi hydrogéologique et hydrologique depuis 10 ans par le CEREMA (Li, 2015; Pophillat 2022).

Potentielles retombées scientifiques et opérationnelles

Pour l'utilisation des modèles hydrologiques :

- Des recommandations pour adapter les pratiques de modélisation au contexte, aux objectifs, au niveau de connaissance disponible...
- Meilleure compréhension de l'incidence des simplifications nécessaires à l'application des modèles hydrologiques distribués à des échelles plus larges
- Possibilité de tendre vers des outils simplifiés, plus faciles à mettre en œuvre dans des contextes opérationnels

Plus largement :

- Mieux comprendre la capacité des modèles hydrologiques tels que URBS à décrire le cycle de l'eau urbain (et dans une certaine mesure le rôle des hétérogénéités sur le fonctionnement hydrologique)
- Mieux évaluer les autres bénéfices de la gestion intégrée des eaux pluviales tels que la maîtrise des flux de polluants ou le rafraîchissement urbain qui sont en partie conditionnés par les stocks et flux d'eau du sol

Contexte d'encadrement de la thèse

La thèse sera hébergée sur le campus de l'Univ Eiffel à Nantes et coencadrée par F Rodriguez (LEE, Univ Eiffel) et J Sage (TEAM, Cerema). Elle contribuera à l'animation scientifique entre GERS et TEAM.

Références bibliographiques

Li Y. (2015), Développement d'une modélisation hydrogéologique intégrée des petits bassins versants urbains : intérêt et applicabilité sur une zone du projet Paris-Saclay, Ecole Centrale de Nantes (SPIGA), Contrat CIFRE, EP Paris-Saclay, Directeur de thèse, coencadrement à 50% avec E Berthier.

Pophillat W. (2022), Conséquences d'une systématisation des pratiques d'infiltration à la parcelle des pluies courantes à l'échelle de petits bassins versants urbains et péri-urbains – Apports de la modélisation intégrée, Grenoble University, Co-Directeur de thèse, coencadrement à 20% with I Braud (IRSTEA) and J Sage (Cerema Ile de France)

Rodriguez, F., Andrieu, H., Morena, F., 2008. A distributed hydrological model for urbanized areas. Model development and application to urban catchments. Journal of Hydrology 351(3-4), 268–287.