

Thèse de Giangola-Murzyn Agathe : Modélisation et paramétrisation hydrologique de la ville, résilience aux inondations

Résumé

L'évolution constante des villes passe par l'urbanisation des zones encore disponibles induisant des effets sur les bilans hydriques de celles-ci. De plus, le changement climatique susceptible d'exacerber les extrêmes (dont les inondations) influence lui aussi ces bilans. La ville est donc un objet hydrologique spécifique qu'il faut replacer dans son contexte évolutif, ce qui élargit considérablement la gamme d'échelles spatio-temporelles à prendre en compte pour son analyse et sa simulation.

L'Union Européenne considère que la gestion du risque d'inondation doit remplacer la défense classique contre celle-ci. Cette nouvelle approche est plus holistique : elle prend en compte toutes les composantes du risque et cherche à réduire la vulnérabilité des récepteurs (habitants, bâtiments et infrastructures). Elle débouche sur la question de la résilience des systèmes urbains où les technologies correspondantes doivent être intégrées en des systèmes résilients aux inondations. Il est donc indispensable de développer des outils permettant l'évaluation de la performance de ces derniers, et ce à différentes échelles.

Ces préoccupations ont défini l'axe de développement de Multi-Hydro : faire interagir des modèles déjà éprouvés représentant une composante du cycle de l'eau, permettre d'effectuer ainsi des progrès substantiels dans la modélisation de l'eau en ville avec une facilité d'utilisation. Multi-Hydro est ainsi basé sur des équations physiques supportées par des modèles distribués couplés. Grâce à un outil SIG dédié, MH-AssimTool, les informations géographiques et physiques nécessaires à la modélisation sont facilement assimilées pour chaque zone et résolution. En effet, une attention particulière a été portée sur les observables ayant le moins de dépendance en échelle. L'emploi d'outils d'analyses multi-échelles permet de représenter leurs variabilités et de définir des paramétrisations robustes du fonctionnement hydrologique à différentes échelles. L'ensemble de ces développements a été utilisé pour aborder la question de la résilience face aux inondations à différentes échelles d'un système urbain, dans le cadre de différents projets européens (SMARTeST, Rain-Gain, BlueGreenDream) ou nationaux (Ville Numérique), à l'aide d'une approche systémique sur des scénarios pour plusieurs cas d'études :

- un petit bassin versant de Villecresnes (Val-de-Marne, France) qui a servi à l'évaluation des impacts de chaque modification apportée au modèle au cours de son développement.
- la partie Est de la commune de Saint-Maur-des-Fossés (Val-de-Marne, France) qui a subi un audit de l'état du réseau d'assainissement (cartographie précise des canalisations et campagnes de mesures) et dont les résultats préliminaires ont permis de poser la problématique de la modélisation des rivières.
- un quartier d'Heywood (grande banlieue de Manchester, Royaume Uni), qui a subi plusieurs inondations durant la dernière décennie et demande une modélisation assez fine pour permettre l'évaluation de l'impact de quatre scénarios de protection.

- le bassin versant de la Loup (Seine-Saint-Denis, France), dont l'exutoire est occupé par un bassin de stockage des eaux de pluie, a été modélisé pour quatre événements d'intensités et de durées variables et a permis de débiter la validation du modèle.
- la zone de Spaanse Polder (Rotterdam, Pays Bas), pose la problématique de la modélisation des zones très planes aux systèmes de drainage complexes (pompes, exutoires multiples). Cette zone permet de guider les développements futurs de Multi-Hydro.

Dans le contexte de l'amélioration de la résilience des villes face aux inondations, Multi-Hydro se place comme étant un outil qui offre la possibilité de simuler des scénarios permettant l'évaluation des impacts à l'échelle globale de modifications à plus petites échelles. Grâce à sa facilité de mise en place que lui confère MH-AssimTool, ainsi que sa structure modulaire et sa liberté de licence, Multi-Hydro est en train de devenir un outil d'aide à la décision.

Mots clés : modélisation hydrologique, approche multi-modèles, changement d'échelle, transportabilité, événements extrêmes, résilience

Abstract

The constant evolution of cities can be seen as the urbanisation of the still available areas. This introduces complex effects with respect to the balance of water. In addition, the highly variable nature of the climate and weather can easily exacerbate the extremes (including floods) thus influencing the water balance.

The European Union considers that the management of flood risk is an appropriate strategy to replace conventional defence strategies against floods. This new strategy is a more holistic approach : it takes into account all the components at risk and seeks to reduce the vulnerability of receptors (people, buildings and infrastructures).

Thus, resilience measures not only consist of individual technical solutions but they need to be integrated to a 'safety chain', which requires the development of resilience systems and tools. It is therefore essential to develop tools for assessing the performance of the latter, and at different scales.

These concerns have helped define the development of Multi-Hydro : interacting models already proven to represent different components of the water cycle to allow substantial progress in the modelling of urban water combined with ease of use.

Multi-Hydro is based on physical equations supported by distributed and coupled models. With a dedicated GIS MH-AssimTool, the geographical and physical information required for modelling are easily assimilated for each zone and at each resolution. Indeed, special attention was paid to the observables with the least scale dependence. Tools for multi-scale analysis are used to represent their variability at smaller scales than their own scales, thus allowing a more robust definition of hydrological parameterisations at different scales.

All of these developments have been used to address the issues involved in flooding resilience at different urban system levels, within the framework of the Euro-

pean (Smartest, RainGain and BlueGreenDream) and national (Ville Numérique) projects, using a systemic approach on the scenarios of several case studies :

- A small watershed Villecresnes (Val-de-Marne, France), used to assess the impacts of each change made in the model during its development.
- The eastern part of the municipality of Saint-Maur-des-Fossés (Val-de-Marne, France), has undergone a state audit of the drainage network (precise mapping of pipes and measurement campaigns). The preliminary results helped raise the issue of modelling rivers.
- A district at Heywood (suburbs of Manchester, UK), has suffered several floods over the last decade and requires more detailed modelling in order to allow for the assessment of impact of four protection scenarios.
- The catchment area of the Loup (Seine-Saint-Denis, France), whose outlet is connected to a runoff water storage tank, was modelled over four events of varying durations and intensities and helped start the validation of the model.
- The Spaanse Polder area (Rotterdam , Netherlands), poses the problem of modelling very flat terrain with a complex drainage system (pumps and multiple outlets). This area will help to guide the future development of Multi-Hydro.

In the context of improving the resilience of cities to flooding, Multi-Hydro is therefore placed as a tool that provides the ability to simulate scenarios for impact assessment at the basin scale of changes to smaller scales. Due to its ease of implementation at various scales conferred by MH-AssimTool and its modular structure and its free access property, Multi-Hydro is becoming a support decision tool.

Key words : hydrological modeling, multi-model approach, scaling, transportability, extreme events, resilience