



## **Impact de l'urbanisation et du changement climatique sur l'hydrologie de différents bassins versants : étude combinée observations-modélisation**

Adresse courriel du contact scientifique : [Ludovic.oudin@sorbonne-universite.fr](mailto:Ludovic.oudin@sorbonne-universite.fr)

### **Description du projet de thèse :**

La part de la population mondiale vivant en zones urbaines ne cesse de croître et pourrait atteindre 60 à 80% à la fin du siècle. Ceci confère aux zones urbanisées une vulnérabilité accrue face aux crues. L'exposition au risque inondation de ces populations est aussi liée aux modifications des états de surface qui favorisent le ruissellement et augmente la vitesse des écoulements.

A l'échelle des bassins versants, l'imperméabilisation des sols en milieu urbain empêche la pénétration de l'eau dans le sol et peut conduire à des débits de crues plus importants. Cette augmentation relative est bien documentée et atteint généralement 1% pour 1% d'augmentation d'imperméabilisation de la surface du bassin (Oudin et al., 2018), mais ce taux est très variable selon les cas d'étude. L'urbanisation peut conduire également à une augmentation des précipitations résultant de l'augmentation de la fréquence ou de l'intensité d'épisodes convectifs liés à l'augmentation des températures de surface en ville, une déstabilisation de la couche limite, l'augmentation des aérosols liée à la pollution atmosphérique urbaine, une convergence du vent par effet d'îlot de chaleur urbain, etc. De récentes études empiriques indiquent des augmentations de précipitations de l'ordre de 10 à 20% au-dessus et en aval des villes par rapport aux vents dominants (Le Roy et al., 2020; Liu and Niyogi, 2019; Shepherd, 2005), mais la complexité du terrain autour des villes peut fortement moduler l'effet de la ville elle-même.

Un 1er objectif de la thèse sera d'analyser les observations de plusieurs bassins versants de différentes tailles, sous différentes influences climatiques, avec des zones urbanisées de tailles et morphologies variables et de proposer des diagnostics permettant d'estimer l'effet de l'imperméabilisation des sols sur les débits et l'effet des centres urbains sur les précipitations et l'évaporation.

Un 2ème objectif sera de définir une configuration du modèle climatique régional RegIPSL qui permette de reproduire de manière relativement satisfaisante les effets diagnostiqués, puis de réaliser des simulations climatiques couplées afin :

- i) de mieux comprendre les effets urbains mis en jeu impactant l'hydrologie des bassins ;
- ii) de quantifier l'évolution hydrologique des bassins versants en fonction de différents scénarios d'urbanisation (par ex. étalement horizontal ou vertical) et de changement climatique.

En plus de sa contribution aux travaux sur le cycle de l'eau dans les 2 laboratoires de l'IPSL - METIS et le LATMOS -, le ou la candidat.e sera amené.e à collaborer avec l'équipe ORCHIDEE (modèle de surface de RegIPSL) pour contribuer au développement d'un schéma de ville, et avec le groupe de travail RegIPSL qui développe le modèle couplé régional à l'IPSL.

## **Hydrological impact of urbanization and climate change : analysis of different watersheds using observations and modelling**

*The proportion of the world's population living in urban areas is growing steadily and could reach 60 to 80% by the end of the century. This gives urbanized areas increased vulnerability to flooding. The exposure of these populations to the risk of flooding is also linked to changes in surface conditions which promote runoff and increase the speed of flow.*

*At the watershed scale, impervious soils in urban areas prevent water from penetrating into the soil and can lead to higher flood flows. This relative increase is well documented and generally reaches 1% for 1% increase in imperviousness of the watershed surface (Oudin et al., 2018), but this rate is highly variable depending on the case study. Urbanization can also lead to an increase in precipitation resulting from the increase in the frequency or intensity of convective episodes linked to the increase in surface temperatures in the city, a destabilization of the boundary layer, the increase aerosols linked to urban air pollution, a convergence of the wind by an urban heat island effect, etc. Recent empirical studies indicate increases in precipitation of the order of 10 to 20% over and downwind of large cities (Le Roy et al., 2020; Liu and Niyogi, 2019; Shepherd, 2005), but the complexity of the terrain around cities can strongly modulate the effect of the city itself.*

*A 1st objective of the thesis will be to analyze the observations of several watersheds of different areas, under diverse climatic influences, with urbanized areas of variable sizes and morphologies and to propose diagnostics allowing to estimate the combined effect of imperviousness on flows and the effect of urban centers on precipitation and evaporation.*

*A second objective will be to define a configuration of the regional climate model RegIPSL which makes it possible to reproduce in a relatively satisfactory manner the diagnosed effects, then to carry out coupled climate simulations in order to:*

*i) better understand the several impacts of urbanization on watersheds' hydrology*

*ii) quantify the hydrological evolution of watersheds according to different urbanization scenarios (e.g. horizontal or vertical sprawl) and climate change*

### **Compétences et connaissances requises :**

Des aptitudes en informatique sont requises (langage R ou python, fortran), ainsi que des connaissances sur les processus intervenant dans le cycle de l'eau et sur les processus de couche limite (formation en climatologie/météorologie ou hydrologie avec un module météo).

### **Prequisite skills and knowledge :**

*Computer skills are required (R language or python, FORTRAN), as well as knowledge of the processes involved in the water cycle and of boundary layer processes (master in climatology / meteorology or hydrology with training in meteorology).*