

Sujet de thèse :

RÉPONSE HYDRO-CLIMATIQUE DE PARIS ET SA PETITE COURONNE AU CLIMAT FUTUR

Impacts de scénarios d'aménagement

Laboratoire d'accueil : CNRM, Météo France, Toulouse

Co-encadrants :

- [Aude Lemonsu](#) (chercheuse CNRS) et [Cécile de Munck](#) (chercheuse Météo France), Équipe Ville, Groupe de Météorologie à Moyenne Échelle, CNRM, Météo France, Toulouse
- [Katia Chancibault](#) (chercheuse IFSTTAR), Laboratoire Eau & Environnement, Département Géotechnique, Environnement, Risques naturels et Sciences de la Terre, IFSTTAR, Bouguenais

Contexte

La vulnérabilité des territoires urbains aux aléas climatiques n'est plus à démontrer : amplification des vagues de chaleur par les îlots de chaleur urbain (et des impacts sanitaires et énergétiques associés), augmentation et accélération des ruissellements de surface, saturation des réseaux, inondations, etc... L'artificialisation des surfaces en ville (et donc leur imperméabilisation) est à l'origine de ces vulnérabilités. Ce constat suggère l'intérêt de stratégies d'adaptation basées sur le ré-aménagement de ces surfaces par des solutions faisant appel à la nature, qui permettent théoriquement d'agir de façon concomitante sur les aspects micro-climatiques et hydrologiques. Mais plusieurs questions se posent aujourd'hui, notamment : (1) Quelle sera l'ampleur de ces vulnérabilités climatique et hydrologique ? (2) Quelles seront les stratégies de végétalisation qui permettront à l'échelle d'une aire urbaine de réduire ces vulnérabilités, à la fois en moyenne sur le long terme et à l'échelle d'évènements extrêmes ? (3) Est-ce que ces stratégies seront compatibles avec la future ressource en eau en été ?

Pour étudier les réponses hydro-climatiques d'une aire urbaine à des conditions climatiques variables (présentes ou futures) ou à des scénarios d'aménagement urbains, la modélisation numérique est l'outil le plus pertinent dès lors que le modèle utilisé est capable de prendre en compte les processus physiques essentiels interagissant au sein du territoire et de les simuler le plus fidèlement possible. Le modèle du CNRM dédié aux surfaces urbaines (TEB, Masson 2000) dispose depuis peu de paramétrisations physiques permettant de décrire la végétation urbaine de façon plus réaliste (Lemonsu et al. 2012, de Munck et al. 2013, Redon et al. 2017) et parallèlement de représenter de façon détaillée les échanges hydrologiques au sein de l'écosystème urbain (Chancibault et al. 2015, Stavropoulos-Laffaille et al. 2017).

Il est donc désormais possible d'étudier la réponse couplée hydro-climatique d'une aire urbaine à des stratégies d'aménagement basées sur la végétation. Afin de proposer des axes d'aménagement pertinents et durables pour répondre à l'adaptation des territoires, ces stratégies devront être évaluées pour des scénarios de climat futur.

Objectifs et plan de la thèse

L'objectif de la thèse vise à étudier, par la modélisation, les impacts hydro-climatiques de différentes stratégies d'aménagement basées sur la végétalisation, en temps présent et futur.

Du fait de la disponibilité, à la fois, de données urbaines (description des surfaces et du réseau hydrologique urbain) et d'observations météorologiques et hydrologiques, Paris et sa petite couronne s'impose comme cas d'étude. Ce choix est aussi motivé par l'importance des enjeux liés au changement climatique et à l'adaptation de ce territoire, qui toucheront une portion importante de la population.

Ce travail de recherche sera articulé en plusieurs phases:

(1) ÉTUDE DU BASSIN PARISIEN SUR LA PÉRIODE HISTORIQUE (1979-MAINTENANT)

Cette partie consistera à réaliser une simulation "de référence" sur une période historique (de 1979 à maintenant) et à l'échelle d'événements extrêmes remarquables (canicules, périodes humides). Il s'agira de :

- Définir une configuration de simulation pour fournir des conditions météorologiques à des échelles spatiales et temporelles adaptées aux études d'impacts en milieu urbain
- Identifier les indicateurs hydro-climatiques pertinents pour évaluer les impacts
- Tester et évaluer les paramétrisations de végétation et d'hydrologie récemment développées dans le modèle urbain TEB

(2) RÉPONSE DU BASSIN PARISIEN AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Dans un deuxième temps, la réponse du bassin parisien au changement climatique sera évaluée dans le cadre de modélisation établi en début de thèse.

Ce travail s'appuiera sur deux thèses en cours dans les deux établissements :

- Les simulations réalisées au CNRM par Benjamin Le Roy (Étude des méthodes de descente d'échelle dynamiques pour la production de projections climatiques à la résolution spatiale de 2,5 km avec le modèle AROME-Climat sur toute la France) pourront servir de point de départ pour la préparation de forçages climatiques futurs à haute résolution spatiale et temporelle pour Paris et sa petite couronne
- Les conclusions des travaux réalisés à l'IFSTTAR par Xenia Stavropoulos-Laffaille concernant l'évaluation d'une méthode statistique de désagrégation temporelle des projections climatiques régionales, à l'échelle de Nantes seront utilisées, si nécessaire, pour améliorer les champs pluvieux issus des projections climatiques.

(3) ADAPTATION PAR LA VÉGÉTALISATION URBAINE

Dans un troisième temps, un choix de scénarios pertinents en termes d'aménagement sera établi, en lien avec le programme PIREN-Seine (*Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'eau et l'environnement du bassin de la Seine*), puis évalué dans le même cadre de modélisation.

Les besoins en eau inhérents à ces scénarios d'adaptation pourront être mis en perspective avec les projections de débits des cours d'eau de Paris et sa petite couronne, dans le cadre d'une collaboration avec le laboratoire METIS de l'UPMC.

Travail envisagé et compétences requises

L'étudiant(e) sera amené(e) à couvrir plusieurs thématiques intimement connectées au cours de sa thèse, la climatologie et l'hydrologie urbaine et le fonctionnement de la végétation. Le travail de thèse comportera différents aspects:

- x Revue de la littérature existante sur les études hydro-climatiques menées à différentes échelles spatiales urbaines afin d'identifier des indicateurs pertinents pour l'évaluation des paramétrisations et des scénarios d'aménagement
- x Simulations numériques du microclimat et de l'hydrologie urbaine, avec le modèle de surface SURFEX et plus particulièrement le modèle urbain TEB, en mode offline et inline couplé avec le modèle atmosphérique Meso-NH
- x Analyse des données expérimentales et simulées avec des outils tels que R ou Python

L'étudiant(e) devra avoir une bonne connaissance des processus de surface et des interactions surface/atmosphère. Il ou elle devra être familier ou se familiariser avec les thématiques de climatologie et d'hydrologie urbaine, et être capable de se former aux modèles et aux outils d'analyse utilisés au sein du laboratoire d'accueil (formations Meso-NH, SURFEX, R, etc.. prévues en cours de thèse).

Bibliographie

Chancibault K, Brun J-M, Allard A, Andrieu H, Lemonsu A, de Munck C and Masson V. 2015. Improving the water budget in the urban surface scheme TEB for a better evaluation of greening strategies for adaptation purposes. *ICUC 9, 9th International conference on Urban climate*, 20-24 July, 2015, Toulouse, France.

de Munck C, Lemonsu A, Bouzouidja R, Masson V, and Claverie R. 2013. The GREENROOF module (v7.3) for modelling green roof hydrological and energetic performances within TEB. *Geoscientific Model Development* 6, 1941–1960. DOI: 10.5194/gmd-6-1941-2013

Lemonsu A, Masson V, Shashua-Bar L, Erell E and Pearlmutter D. 2012. Inclusion of vegetation in the Town Energy Balance model for modelling urban green areas. *Geoscientific Model Development* 5, 1377–1393. DOI: 10.5194/gmd-5-1377-2012

Masson V. 2000. A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models. *Boundary-layer meteorology* 94(3), 357–397.

Redon E, Lemonsu A, Masson V, Morille B, and Musy M. 2017. Implementation of street trees within the solar radiative exchange parameterization of TEB in SURFEX v8.0. *Geoscientific Model Development* 10, 385–411. DOI: 10.5194/gmd-10-385-2017

Stavropoulos-Laffaille X, Chancibault K, Andrieu H, Lemonsu A, et Masson V. 2017. Validation hydrologique d'un modèle hydro-microclimatique urbain (TEB-Hydro) : analyse de sensibilité sur le bassin versant de Rezé (Nantes, France). *La Houille Blanche* (3): 14-21. DOI: 10.1051/lhb/2017017