



## CONTEXTE

---

Le flux d'évapotranspiration (et son équivalent le flux de chaleur latente dans le bilan énergétique) est au cœur de différents enjeux modernes de la ville durable. Avec le réchauffement climatique, la France connaît des étés de plus en plus chauds qui se traduisent par des vagues de sécheresse et canicule plus fréquentes, ce qui a un impact sur la végétation urbaine et la qualité de vie des citoyens. La gestion à la source des eaux pluviales urbaines est de plus en plus prônée, grâce à des techniques souvent végétalisées et alternatives au « tout tuyau ». Depuis quelques années, la conception de ces techniques prend en compte la régulation du débit de pointe à l'exutoire (x l/s/ha) mais aussi l'abattement des pluies courantes (Zonage de la Ville de Paris, Agence de l'Eau Seine-Normandie par exemple). L'origine de ces abattements attendus peut être le flux d'infiltration mais dans des conditions défavorables de sol ou de risques, le flux d'évapotranspiration est parfois le seul moyen pour les assurer (c'est aussi le cas en toiture).

Le flux d'évapotranspiration en milieu urbain a commencé à être étudié assez tardivement dans les travaux scientifiques (il est possible de citer les travaux de Oke et Grimmond dans les années 1990) car il était peu au cœur d'enjeux opérationnels et il était aussi supposé réduit. Malgré des travaux de plus en plus nombreux et détaillés, il reste aujourd'hui assez méconnu et difficile à prédire.

## OBJECTIFS

---

L'action Modélisation de l'évapotranspiration à différentes échelles spatiales d'Opur5 vise à avancer et améliorer la modélisation du flux d'évapotranspiration, dans un objectif de mieux représenter le bilan hydrologique de zones urbaines et de pouvoir mieux prendre en compte ce flux dans des actions opérationnelles (conception d'ouvrages de gestion à la source des eaux pluviales, aménagement urbain, conception et entretien des espaces verts).

L'action mobilise les modèles développés dans les équipes de recherche d'Opur5 (Cerema Île-de-France et Ifsttar) et s'appuie sur des observations acquises, ou en cours d'acquisition, par ces mêmes partenaires. Il s'agira de tester rigoureusement et, dans la mesure du possible, améliorer les schémas d'évapotranspiration implantés dans des modèles, et cela à trois échelles spatiales : l'ouvrage, le quartier, et la ville. Les schémas présents actuellement dans les modèles utilisés sont tirés de la littérature scientifique et à l'origine développés pour des milieux agricoles ou forestiers, et ils n'ont jamais été rigoureusement évalués en milieu urbain, entre autre par manque d'observations.

## METHODOLOGIE ET PLANNING

---

La première étape du travail consistera à faire un état des lieux des modèles existants d'évapotranspiration en milieu urbain, et de leur usage. Les principes et schémas de modélisation seront examinés, en particulier la prise en compte des bilans hydrologiques et/ou énergétiques, la représentation des compartiments sol et/ou atmosphère, .... Les échelles temporelles et spatiales d'application seront aussi qualifiées.

Il s'agira ensuite de tester les schémas d'évapotranspiration présents dans les modèles retenus, et cela à 3 échelles spatiales :

- L'échelle de l'ouvrage ou de la surface urbaine végétalisée : à cette échelle (l'hectare au maximum), la surface est supposée assez homogène et entièrement végétalisée. Elle peut être un ouvrage de gestion à la source des eaux pluviales, une pelouse, .... Les partenaires scientifiques de l'action développent des modèles pour représenter le bilan hydrologique d'ouvrages de gestion, et le travail sera effectué avec ces modèles : modèle Faveur pour les toitures végétalisées (faveur.cerema.fr), modèle Hydrus appliqué sur de noues d'infiltration, .... Les schémas d'évapotranspiration implantés dans ces modèles sont basés sur une valeur d'évapotranspiration potentielle, estimée exclusivement à partir des conditions météorologiques et de caractéristiques de la surface, modulée par l'état hydrique de la surface et du sol ;
- L'échelle du quartier (entre plusieurs hectares et quelques km<sup>2</sup>) : l'Ifsttar et le Cerema Île-de-France co-développent le modèle Urbs (Rodriguez et al., ) qui représente de façon distribuée et intégrée les différents flux d'eau circulant dans un quartier, avec une attention particulière sur le rôle du sol ;
- L'échelle de la ville (à partir de plusieurs km<sup>2</sup>) : le modèle Teb-Hydro co-développé avec Météo-France sera utilisé.

Les tests effectués permettront d'analyser (à la lecture de l'état des lieux effectué précédemment), d'évaluer (à partir d'observations) et d'inter-comparer les schémas d'évapotranspiration entre les 3 échelles.

La seconde étape du travail consistera à mener des réflexions et des tests visant à améliorer les schémas existants, à partir des enseignements tirés de l'étape de test. Ces améliorations pourront consister en des modifications des schémas d'évapotranspiration (par exemple, prise en compte de certaines caractéristiques de la végétation) ou plus simplement en de meilleures paramétrisations des schémas actuels (obtenues à partir des confrontations observations / simulations). Ce travail se fera sur tous les modèles testés, et il tirera parti des intérêts et limites identifiées dans la phase de test précédente.

Les choix des cas d'étude sont importants pour mener à bien le travail et ils seront mûris en début d'action. Ils se feront en considérant différents éléments :

- Les observations disponibles sur le bilan hydrologique, l'idéal étant de disposer de mesures du flux d'évapotranspiration mais ce n'est pas obligatoire. Des liens seront recherchés avec le projet EPEE mené par l'Ifsttar et le Cerema d'Île-de-France qui consiste à développer une mesure en continu du flux d'évapotranspiration adaptée aux petites surfaces urbaines. L'action prévoit quelques campagnes de mesure complémentaires, en particulier au sein de l'équipex Sense-City ;
- La facilité et les données disponibles pour appliquer les différents modèles. Certains des modèles ont déjà été appliqués et paramétrés sur des cas, et il s'agira de capitaliser le travail déjà effectué ;
- L'intérêt des partenaires pour certains cas ; il pourrait par exemple être intéressant d'appliquer les différents modèles sur de même cas.

Les cas d'étude suivants pourraient être intéressants : la toiture végétalisée expérimentale du Cerema (78), la ZAC du Moulon de Paris-Saclay (91), une noue à Compans (77), les lysimètres de la ville de Paris (75), le quartier du Pin-Sec (44), le village Olympique (93), les mini-villes de l'Equipex Sense-City (77).

Concernant le calendrier, il sera privilégié de monter l'action autour d'une thèse, dont le financement reste à trouver (des pistes existent avec le Cerema, l'Ifsttar, l'Ademe). Dans ce cas, l'action débiterait l'été 2019 pour 3 ans. A défaut, le travail se ferait autour d'un post-doc de 18 à 24 mois, à partir aussi de l'été 2019.

## RESULTATS ATTENDUS ET RETOMBÉES

D'un point de vue scientifique, il est attendu de meilleures connaissances et évaluation des schémas d'évapotranspiration de nos modèles, avec si possible même des améliorations.

D'un point de vue plus opérationnel, l'amélioration des modélisations de l'évapotranspiration doit permettre de mieux simuler les bilans hydrologiques, et donc par exemple de mieux concevoir et

dimensionner des ouvrages, de mieux évaluer l'impact de palettes végétales sur le cycle de l'eau ... Une attention particulière sera portée en fin d'action sur les enseignements à tirer pour les acteurs opérationnels.

## **PARTENAIRES**

---

Le travail sera mené par le Cerema île-de-France et le laboratoire Eaux & Environnement de l'Ifsttar. Des partenariats scientifiques autres pourront être sollicités, en particulier autour des campagnes de mesure.

Des partenariats opérationnels pourront aussi être mis en œuvre, selon les cas d'étude retenus.

## **CONTACTS**

---

Emmanuel Berthier, Cerema Île-de-France, [Emmanuel.Berthier@cerema.fr](mailto:Emmanuel.Berthier@cerema.fr)

Fabrice Rodriguez, Ifsttar, [fabrice.rodriguez@ifsttar.fr](mailto:fabrice.rodriguez@ifsttar.fr)