



Offre de thèse – PhD Offer

Suivi expérimental et modélisation pour estimer la performance hydrologique à long terme des solutions fondées sur la nature

(English below)

Mots clés : Hydrologie urbaine, solutions fondées sur la nature, métrologie, infiltration, changement climatique, arbres de pluie

Encadrement et direction : Frédéric Cherqui (INSA Lyon, DEEP), Jérémie Bonneau (INSA Lyon, DEEP), Laurent Lassabatère (LEHNA), Katharina Tondera (LEHNA)

- Accueil au laboratoire DEEP de l'INSA Lyon
- Dates : de Sept 2024 à Août 2027 (± 1 mois).
- Dans le cadre du PEPR Solubiod (<https://pepr-solubiod.fr/>), le.la recruté.e rejoindra un cluster multidisciplinaire de thèses sur les solutions fondées sur la nature.
- Rémunération nette ~ 1700 €/mois + 50% abonnement TCL

/!\ Le financement de thèse est soumis à validation du dossier (potentielle audition orale à prévoir).

Pour candidater

Pour toutes questions, n'hésitez pas à contacter Jérémie Bonneau, Maître de Conférences INSA Lyon, jeremie.bonneau@insa-lyon.fr, ou Frédéric Cherqui, Maître de Conférences INSA Lyon, frederic.cherqui@insa-lyon.fr.

CANDIDATURE EN LIGNE VIA : <https://form.jotform.com/240922646343355>

Présentation des institutions

DEEP (Déchets Eaux Environnement Pollutions) (<https://deep.insa-lyon.fr>) est un laboratoire de l'INSA Lyon spécialisé en ingénierie environnementale pour répondre aux enjeux des transitions écologiques et énergétiques sur les thématiques suivantes : hydrologie urbaine, métrologie, solutions fondées sur la nature, gestion des déchets, etc.

Le LEHNA (Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels et Anthropisés) (<https://umr5023.univ-lyon1.fr/>) est une unité de recherche spécialisée dans les sciences de l'environnement. Ses thématiques incluent l'étude de la biodiversité aquatique, l'évaluation de la qualité de l'eau, l'analyse des interactions entre les organismes aquatiques, et l'impact des activités humaines sur ces dernières.

Contexte institutionnel

La thèse s'inscrit dans le PEPR¹ Solubiod : Innover avec la nature pour créer des impacts positifs sur la biodiversité, la société et l'économie (<https://www.pepr-solubiod.fr/>). Dans ce cadre, 11 « living-labs » sont dédiés au à l'étude des Solutions fondées sur la Nature à l'échelle de la France. A Lyon, c'est le living-lab Anthares qui se met en place sur le territoire de la Métropole et plus largement. Dans ce living lab, 12 thèses débiteront en parallèle pour étudier les solutions fondées sur la nature sous plusieurs angles (hydrologie, écologie, géographie, droit, économie, biologie, etc.).

Description scientifique et objectifs de la thèse

Pour gérer les eaux pluviales dans un contexte d'urbanisation et de changement climatique, les villes adoptent les solutions fondées sur la nature pour sortir de la logique 'tout-tuyau'. L'objectif de ces ouvrages est de retenir, stocker, infiltrer et évapo-transpirer les eaux pluviales 'à la source', en limitant au possible leur ruissellement. Ces ouvrages sont souvent composés de sols qui servent de filtres. Ces ouvrages sont végétalisés et à ce titre sont donc 'vivants'. Or, bien qu'utilisés pour s'adapter au changement climatique, nous avons peu de données pour quantifier leur performance et donc ne savons pas comment réagiront ces ouvrages dans un climat futur qui comportera plus de périodes de sécheresse et des évènements pluvieux plus intenses.

L'objectif de cette thèse est donc d'assurer le suivi expérimental de la performance hydrologique de solutions fondées sur la nature (SfN : arbres de pluie, noues) en instrumentant plusieurs ouvrages de la Métropole de Lyon. Les données obtenues alimenteront des modèles, alimentés par des chroniques actuelles et futures (pluie, température, évapotranspiration), pour quantifier l'évolution possible des performances des SfN en climat futur : nos solutions d'adaptation sont-elles, elles aussi, à adapter ?

Questions de recherche :

- Comment instrumenter et suivre expérimentalement un arbre de pluie ?
- Quelle est la performance hydrologique d'un arbre de pluie (volume infiltré, retenu, évapotranspiré) ?
- Quelles relations entre performance des SfN et indicateurs hydro-climatiques ?
- Quelle évolution de la performance dans un contexte de changement climatique ?

¹ Programme et équipements prioritaires de recherche, cf. <https://anr.fr/en/france-2030/programmes-et-equipements-prioritaires-de-recherche/>

Méthodologie envisagée :

Axe 1 : Métrologie et suivi expérimental

Pour répondre à ces questions, dans un premier temps, l'étude portera sur des arbres de pluie déjà équipés par la Métropole de Lyon et une noue de l'éco-campus. Des capteurs seront rajoutés en fonction de l'analyse des données existantes de sorte à pouvoir boucler le bilan hydrologique. Les mesures suivantes seront considérées :

- Suivi continu de la teneur en eau dans le sol autour de l'arbre
- Suivi continu local de la pluviométrie et de la température, de sorte à obtenir les flux d'eau entrants
- Suivi continu d'une grandeur pouvant relier à l'évapotranspiration des arbres / de la végétation (mesure du flux de sève par exemple)
- Suivi continu du niveau d'eau dans les tranchées d'infiltration
- Suivi ponctuel de la conductivité hydraulique par la méthode BEST : quelques valeurs de référence (1 par trimestre), des mesures avant/après des événements remarquables (longue période de temps sec, pluie intense).

Axe 2 : Modélisation et validation

Les données collectées serviront à calibrer un modèle hydrologique de SfN (arbre de pluie, noue), en s'appuyant sur les modèles existants (e.g. SWMM, URBIS). Les paramètres à obtenir pour caler un modèle d'arbre de pluie sont des paramètres géométriques (hauteur de stockage, pente), pédologique (épaisseur, porosité, capacité au champ, point de flétrissement, conductivité hydraulique, courbe de rétention). Ces paramètres seront obtenus dans l'Axe 1. Des collaborations avec des écologues (PEPR Solu-biod/Anthares) sont à envisager pour mieux appréhender la dimension végétale.

Axe 3 : Scénarisation

Ce modèle, une fois validé, sera alimenté par des scénarios de changement climatique (chroniques de pluie, température et évapotranspiration futures tout au long du XXI^{ème} siècle), en s'appuyant sur des travaux du laboratoire DEEP. Ces scénarios permettront de réfléchir à la performance des arbres de pluie à long terme.

Les sites d'études prévus sont des arbres de pluie de la métropole lyonnaise : rue Vauban, rue Récamier, rue L'herminier soit un total entre 6 et 15 arbres, ainsi la future noue de l'écocampus de la Doua.

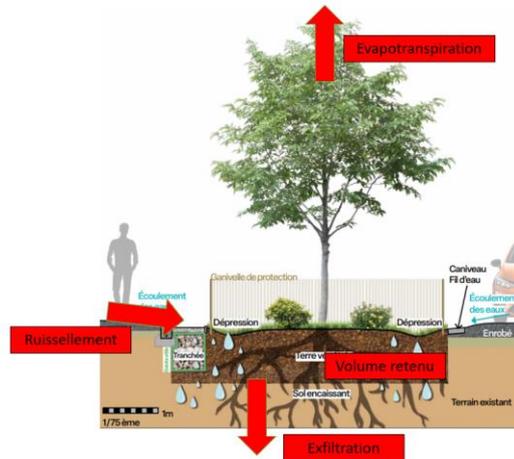


Figure 1 - Schéma d'un arbre de pluie et des principaux flux hydrologiques (adapté d'une illustration de la Métropole de Lyon)

Déroulé prévisionnel

(Démarrage Septembre 2024)

	2024/2025	2025/2026	2026/2027
Axes 1-2-3 : Biblio	■	■	■
Axe 1 : Capitalisation données existantes	■		
Axe 1 : Installation et tests capteurs		■	■
Axe 1-2 : Suivi métrologique (dont tests d'infiltration), collecte des données		■	■
Axe 1-2 : Analyse données et quantification performance expérimentale		■	■
Axe 2 : Développement et tests modèle			■
Axe 3 : Scénarisation (climat)			■
Rédaction			■

Compétences souhaitées

- Formation initiale en sciences de l'eau (école d'ingénieur ou master)
- Forte appétence pour le travail de terrain !
- Quelques connaissances en programmation (R, Python)
- Anglais lu et parlé (la langue de travail peut être le français ou l'anglais).
- Autonomie et travail d'équipe (Le/la doctorant.e fera partie d'un cluster multidisciplinaire de doctorants au sein du living lab Anthares).

Monitoring and modeling to estimate the long-term performance of nature-based solutions

Keywords : Urban hydrology, Nature-based solutions, metrology, monitoring, infiltration, Climate change, stormwater trees

Practical information

Supervision : Frédéric Cherqui (INSA Lyon, DEEP), Jérémie Bonneau (INSA Lyon, DEEP), Laurent Lassabatère (LEHNA), Katharina Tondera (LEHNA)

- Office in DEEP laboratory, INSA Lyon
- Dates : from Sept 2024 to August 2027 (\pm 1 month)
- As part of the program PEPR Solubiod (<https://pepr-solubiod.fr/>), the PhD candidate will join a multi-disciplinary cluster PhD candidates studying nature based solutions
- Net salary : ~1700 €/month + 50% public transport

/!\ Thesis funding is subject to validation of the application

To apply

If you have any questions please feel free to contact Jérémie Bonneau, Lecturer INSA Lyon, jeremie.bonneau@insa-lyon.fr, or Frédéric Cherqui, Lecturer INSA Lyon, frederic.cherqui@insa-lyon.fr

APPLY AT THIS LINK : <https://form.jotform.com/240922646343355>

Institutions

DEEP (Waste Water Environment Pollution) (<https://deep.insa-lyon.fr>) is INSA Lyon laboratory working on environmental engineering issues to address the challenges of ecological and energy transitions on the following topics: urban hydrology, metrology, nature-based solutions, waste management, etc.

LEHNA (Laboratory of Ecology of Natural and Anthropized Hydrosystems) (<https://umr5023.univ-lyon1.fr/>) is a research unit specialized in environmental sciences. Its research topics include the study of aquatic biodiversity, water quality and the impact of human activities.

Institutional context

The thesis is part of the PEPR² Solubiod: Innovating with nature to create positive impacts on biodiversity, society, and the economy (<https://www.pepr-solubiod.fr/>). Within this framework, 11 "living labs" are dedicated to the study of Nature-based Solutions for the French territory. In Lyon, the Anthares living-lab is being set up across the metropolitan area and beyond. In this living lab, 12 PhDs

² Priority research programme and equipment, cf. <https://anr.fr/en/france-2030/programmes-et-equipements-prioritaires-de-recherche/>

will start simultaneously to study nature-based solutions from various perspectives (hydrology, ecology, humanities, biology, geography, politics, etc.).

Scientific context

To manage stormwater in the context of growing urbanization and climate change, cities are adopting nature-based solutions. The objective of these systems is to retain, store, infiltrate, and evapo-transpire stormwater locally, in order to minimize runoff. Amongst these solutions, stormwater trees are increasingly popular. However, although promoted to adapt to climate change, we have little data to quantify their performance and thus do not know how these systems will react in a future climate that will feature more periods of drought and more intense rainfall events.

The objective of this thesis is to setup an experimental monitoring system to assess the hydrological performance of nature-based solutions (NBS: stormwater trees, swale) by instrumenting several systems in the Lyon Metropolitan area. The data obtained will be used to develop and validate models. These models will then be used with future climate timeries to quantify the possible evolution of NBS performance in future climate: are our adaptation solutions also in need of adaptation?

Research Questions:

- How to instrument and experimentally monitor a stormwater tree or a swale?
- What are the relationships between NBS performance and hydro-climatic indicators?
- And thus: how will the performance evolve in a context of climate change?

Proposed methodology:

Axis 1: Metrology and experimental monitoring

To answer these questions, initially, the study will focus on stormwater trees already equipped by the Lyon Métropole and a swale in the eco-campus. Sensors will be added based on the analysis of existing data to be able to close the hydrological balance. The following measurements will be considered:

- Continuous monitoring of soil moisture around the tree
- Continuous local monitoring of rainfall and temperature
- Continuous monitoring of a parameter that can be related to tree / vegetation evapotranspiration (sap flow measurement for example)
- Continuous monitoring of water level in infiltration trenches
- Occasional monitoring of the hydraulic conductivity with infiltrometers

Axis 2: Modeling and validation

The collected data will be used to calibrate a NBS hydrological model (stormwater tree, swale), relying on existing models (e.g., SWMM, URBIS). The parameters to obtain to calibrate a stormwater tree model are geometric parameters (storage height, slope), soil parameters (thickness, porosity, field capacity, wilting point, hydraulic conductivity, retention curve). These will be obtained in Axis 1. Collaborations with ecologists (PEPR Solu-biod/Anthares) are to be considered to better understand the vegetative dimension.

Axis 3: Future scenarios

Once validated, this model will be fed with scenarios and timeseries representing climate change (future rainfall, temperature, and evapotranspiration) based on work from the DEEP laboratory to quantify the long-term performance of rain gardens.

The planned study sites are rain gardens in the Lyon metropolitan area: rue Vauban, rue Récamier, rue L'herminier, totaling between 9 and 15 trees, and the future swale of the Doua eco-campus.

Previsional planning

(From September 2024)

	2024/2025				2025/2026				2026/2027					
Axis 1-2-3 : Literature review	■	■	■	■										
Axis 1 : Analysis of data already acquired	■	■												
Axis 1 : Sensor testing and installation		■	■	■	■									
Axis 1-2 : Monitoring (infiltration tests), data gathering			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Axis 1-2 : Data analysis and experimental performance assessment			■	■		■	■		■	■				
Axis 2 : Development and model testing								■	■	■	■			
Axis 3 : Climate change scenarios									■	■	■	■		
Writing											■	■	■	■

Skills required

- Masters degree or equivalent in water sciences/hydrology/civil engineering
- Strong motivation and interest for fieldwork
- Some skills in programming (Python/R)
- The working language can be English.
- The local language is French, so some knowledge in French would be appreciated.
- Capacity to work both autonomously and as part of a team