

Offre de stage M2/PFE

Modélisation de scénarios de désimperméabilisation à l'échelle de Nantes Métropole

Contexte

L'adaptation au changement climatique est aujourd'hui un enjeu majeur des villes, particulièrement en lien avec la gestion des eaux pluviales, le confort thermique ou l'apport de biodiversité (Castelo et al., 2023; Gunawardena et al., 2017; McNabb et al., 2024). En effet, les modifications des cycles hydriques et énergétiques peuvent rendre difficilement supportables les fortes chaleurs en période estivale (Bounoua et al., 2015; CEREMA, 2019; Tavakol-Davani et al., 2016). De plus, la ressource en eau tend à s'amoinrir (Bechet et al., 2026). L'un des leviers de cette adaptation est la désimperméabilisation¹, qui consiste à desceller les sols pour permettre à l'eau de s'infiltrer, tout en retravaillant le sol grâce à des solutions fondées sur la nature (SfN) pour lui permettre de retrouver sa multifonctionnalité (capacité de rétention d'eau et de carbone, support de biodiversité...). La désimperméabilisation en tant que levier s'inscrit dans les évolutions récentes de la réglementation européenne (*No Net Land Take*²) et française (Loi Climat et Résilience, 2021³). Avec l'objectif de Zéro Artificialisation Nette (ZAN), la France souhaite drastiquement diminuer puis arrêter le phénomène d'étalement urbain d'ici 2050 (Figure 1).

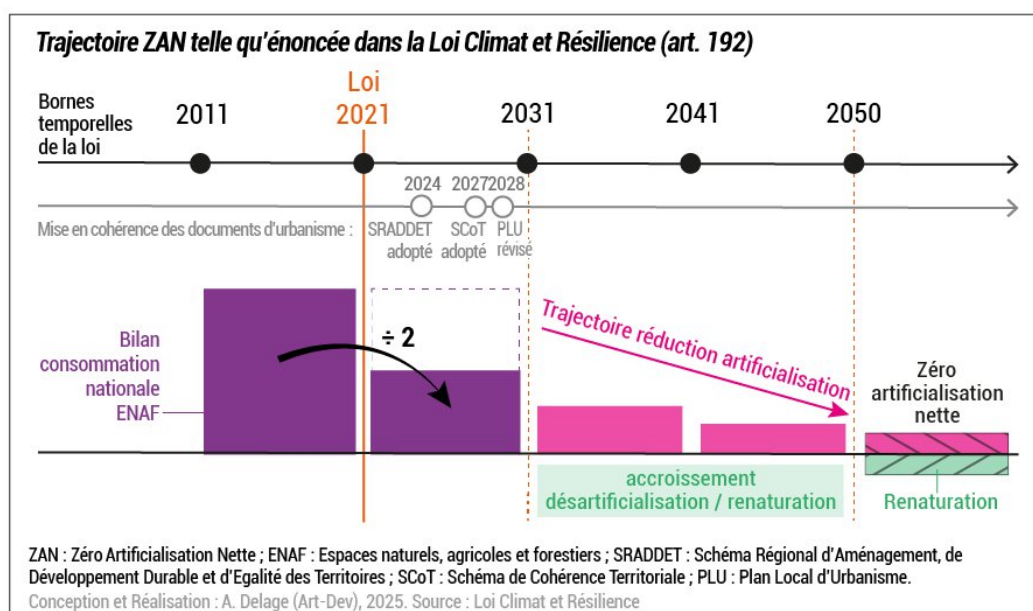


Figure 1. Trajectoire ZAN énoncée dans la loi Climat et Résilience (2021)

¹ <https://eauetville.cerema.fr/ressources/base-documentaire/la-desimpermeabilisation-des-sols-du-principe-la-mise-en-oeuvre>

² <https://op.europa.eu/fr/publication-detail/-/publication/f1ca6673-23cd-11e6-86d0-01aa75ed71a1/language-en>

³ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000043956924>

Cependant, la désimperméabilisation repose sur un équilibre entre bénéfices (environnementaux, hydrologiques, sociaux...) et des contraintes (réglementaires, techniques, (hydro)géologiques, acceptabilité sociale...). Cet équilibre nécessite aussi de prendre en compte des aspects contradictoires (opinions des parties-prenantes, critères de désimperméabilisation) dans un contexte d'incertitudes fortes.

C'est dans ce contexte que le projet ANR Permépôlis⁴ (2024 - 2028) vise à développer une méthodologie de co-construction de stratégie de désimperméabilisation des sols dans les aires urbaines. L'un des objectifs du projet est d'évaluer les bénéfices de scénarios de désimperméabilisation sur le cycle de l'eau en termes de risques hydrologiques et de confort thermique, à l'échelle de la métropole de Nantes.

Tunqui Neira et al. (2025) a développé pour cela de nouvelles paramétrisations de solutions végétalisées dans le modèle TEB (Bernard et al., 2021; Stavropoulos-Laffaille et al., 2018) issu de la plateforme SURFEX (Masson et al., 2013). Betou (2024) a développé un cadre de modélisation à l'échelle de la métropole de Nantes avec TEB, en définissant les données d'occupation du sol et en construisant les données météorologiques pour forcer le modèle sur la période 2008-2022. Il a aussi mis en évidence des pistes d'amélioration sur la préparation des données météorologiques de forçage et sur la simplification du maillage.

Objectif du stage

L'objectif de ce stage est donc de traduire les scénarios de désimperméabilisation produits dans le cadre du projet ANR Permépôlis en paramètres pour le modèle, puis d'analyser les variables simulées par TEB pour comprendre l'impact de la désimperméabilisation sur la gestion des eaux pluviales et le confort thermique, à l'échelle de la métropole de Nantes.

Déroulé du stage

Dans le cadre du projet ANR Permépôlis, le·a stagiaire s'appuiera sur 3 scénarios de désimperméabilisation à l'échelle de la métropole de Nantes et un scénario de référence (état actuel).

Dans un premier temps, il·elle aura pour objectif de comprendre et prendre en main les simulations produites lors de la thèse de Betou (2024) ainsi que les scénarios de désimperméabilisation. Un travail bibliographique sur la base de documents académiques tels que des articles scientifiques et des thèses sera également nécessaire pour comprendre les conséquences diverses d'une désimperméabilisation et le modèle TEB utilisé.

Une fois les scénarios et les concepts liés à la modélisation pris en main, le·a stagiaire devra traduire les scénarios en paramètres pour le modèle TEB. Cette étape nécessitera d'émettre des hypothèses pour simplifier la représentation de la réalité. Des scénarios alternatifs (« bis ») pourront être proposés selon les hypothèses formulées.

⁴ <https://www.brgm.fr/fr/projet-cours/permepolis-vers-strategies-territoriales-efficaces-desimpermeabiliser-sols-urbains>

Enfin, les scénarios ainsi traduits pour le modèle pourront ensuite être simulés, avant d’être analysés et comparés au scénario de référence (ou entre eux) à l’aide d’indicateurs déterminés en lien avec le projet ANR Permépolis. Ces indicateurs d’analyse seront cartographiés pour permettre de mieux comprendre les impacts de la désimperméabilisation.

Lieu du stage

Le stage se déroulera à l’Université Gustave Eiffel, au sein du laboratoire Eau-Environnement⁵ sur le site de Bouguenais, près de Nantes.

Prérequis

Le·a candidat·e doit être en Master 2 ou en dernière année d’école d’ingénieur. Des connaissances en hydrologie urbaine et/ou en microclimatologie urbaine seront appréciées. Une maîtrise des outils SIG serait un plus. L’expérience d’outils d’analyse de données tels que R, Python ou MatLab/SciLab sera nécessaire. Une appétence pour les outils de modélisation numérique est recommandée.

Gratification

Au taux en vigueur au moment du stage soit environ 650€/mois pendant 5 à 6 mois selon les contraintes de la formation.

Candidature

Le·a candidat·e doit envoyer son CV avec une lettre (ou un mail) de motivation à Katia CHANCIBAULT katia.chancibault@univ-eiffel.fr et Cyril KLECZEWSKI cyril.kleczewski@univ-eiffel.fr

⁵ <https://ee.univ-gustave-eiffel.fr/>

Bibliographie

- Bechet, B., Bertrand, J.-L., Chancibault, K., Charlot, A., Chevassus Lozza, E., Cominelli, F., de Dreuz, J.-R., Derangeon, M., Devisme, L., Eberhardt, S., Fleurant, C., Fleury-Bahi, G., Gaume, E., Gauriau, R., Innocent, M., Kermarec, F., Langot, F., Lemoine, N., Lormeteau, B., ... Schoefs, F. (2026). *L'avenir de la ressource en eau face aux changements climatiques dans les Pays de la Loire* (No 2; p. 88p.). GIEC Pays de la Loire. <https://insu.hal.science/insu-05461869>
- Bernard, E., de Munck, C., Chancibault, K., Mosset, A., & Lemonsu, A. (2021). Hydro-climatic response of Paris Metropolitan area through TEB-Hydro model simulation: multi-catchment calibration and model evaluation. *15th International Conference on Urban Drainage*.
- Betou, F. (2024). *Méthodologie pour l'étude d'impact hydro-climatique du changement climatique : modélisation numérique à l'échelle de la métropole nantaise*.
- Bounoua, L., Zhang, P., Mostovoy, G., Thome, K., Masek, J., Imhoff, M., Shepherd, M., Quattrochi, D., Santanello, J., Silva, J., Wolfe, R., & Toure, A. M. (2015). Impact of urbanization on US surface climate. *Environmental Research Letters*, 10(8), 084010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/8/084010>
- Castelo, S., Amado, M., & Ferreira, F. (2023). Challenges and Opportunities in the Use of Nature-Based Solutions for Urban Adaptation. *Sustainability*, 15(9), 7243. <https://doi.org/10.3390/su15097243>
- CEREMA. (2019). *Ilots de chaleur : Agir dans les territoires pour adapter les villes au changement climatique* | Cerema. <https://www.cerema.fr/fr/actualites/ilots-chaleur-agir-territoires-adapter-villes-au-changement>
- Gunawardena, K. R., Wells, M. J., & Kershaw, T. (2017). Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity. *Science of The Total Environment*, 584-585, 1040-1055. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>
- Masson, V., Le Moigne, P., Martin, E., Faroux, S., Alias, A., Alkama, R., Belamari, S., Barbu, A., Boone, A., Bouyssel, F., Brousseau, P., Brun, E., Calvet, J.-C., Carrer, D., Decharme, B., Delire, C., Donier, S., Essauini, K., Gibelin, A.-L., ... Voldoire, A. (2013). The SURFEXv7.2 land and ocean surface platform for coupled or offline simulation of earth surface variables and fluxes. *Geoscientific Model Development*, 6(4), 929-960. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/gmd-6-929-2013>
- McNabb, T., Charters, F. J., Challies, E., & Dionisio, R. (2024). Unlocking urban blue-green infrastructure: an interdisciplinary literature review analysing co-benefits and synergies between bio-physical and socio-cultural outcomes. *Blue-Green Systems*, 6(2), 217-231. <https://doi.org/10.2166/bgs.2024.007>
- Stavropoulos-Laffaille, X., Chancibault, K., Brun, J.-M., Lemonsu, A., Masson, V., Boone, A., & Andrieu, H. (2018). Improvements to the hydrological processes of the Town Energy Balance model (TEB-Veg, SURFEX v7.3) for urban modelling and impact assessment. *Geoscientific Model Development*, 11(10), 4175-4194. <https://doi.org/10.5194/gmd-11-4175-2018>
- Tavakol-Davani, H., Goharian, E., Hansen, C. H., Tavakol-Davani, H., Apul, D., & Burian, S. J. (2016). How does climate change affect combined sewer overflow in a system benefiting from rainwater harvesting systems? *Sustainable Cities and Society*, 27, 430-438. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.07.003>