

## Premières étapes d'une méthodologie semi-automatique de déploiement d'ouvrages de gestion à la source des eaux pluviales, à l'échelle métropolitaine

First steps of a semi-automatic deployment methodology of sustainable drainage systems, on a metropolitan scale

Cyril KLECZEWSKI <sup>1</sup>, Katia CHANCIBAULT <sup>1</sup>, Bernard de GOUELLO <sup>2</sup>,  
Nathalie MOLINES <sup>3</sup>

1. Univ Gustave Eiffel, GERS-LEE - [cyril.kleczewski@univ-eiffel.fr](mailto:cyril.kleczewski@univ-eiffel.fr) ;  
[katia.chancibault@univ-eiffel.fr](mailto:katia.chancibault@univ-eiffel.fr)

2. Cerema, TEAM – Département Ville Durable, [bernard.de-gouvello@cerema.fr](mailto:bernard.de-gouvello@cerema.fr)

3. Université de Technologie de Compiègne, AVENUES, [nathalie.molines@utc.fr](mailto:nathalie.molines@utc.fr)

### RÉSUMÉ

Les ouvrages de gestion à la source (OGS) permettent d'améliorer la gestion des eaux pluviales, et ils apportent d'autres bénéfices, comme l'amélioration du confort thermique des habitants. Cependant, le déploiement de ces ouvrages à l'échelle de la ville peut être complexe en raison de la diversité des enjeux et des contraintes. Nos travaux visent ainsi à construire une méthodologie « semi-automatique » de déploiement des OGS, à l'échelle d'un territoire comme la métropole de Nantes. Ils s'appuient sur une revue de la littérature scientifique et sur les travaux de thèse de Chavez (2024) et Betou (2024). Détailler les configurations des OGS étudiés permet d'affiner le potentiel d'implantation à l'échelle de la métropole. Une première version d'un questionnaire, envoyée à quelques experts, donne des pistes d'amélioration pour une diffusion large.

### ABSTRACT

Sustainable urban drainage systems (SUDS) improve stormwater management and bring other benefits, such as an improvement for thermal comfort for citizens. However, implementing SUDS on such a scale can be challenging due to the diversity of stakes and constraints. Our works aims to develop a "semi-automatic" methodology for deploying SUDS at the scale of Nantes Métropole. It is based on a review of the scientific literature and the thesis works of Chavez (2024) and Betou (2024). Detailing the studied SUDS configurations improve the potential for implantation, at the metropolitan scale. The first version of a survey, sent to a few experts, gives refinement insights for a larger broadcast.

### MOTS CLÉS

Adaptation, contraintes techniques, documents réglementaires, scénarios, Nantes Métropole

## 1 INTRODUCTION

L'accroissement de la population citadine en France mène à une urbanisation accélérée, se traduisant notamment par l'imperméabilisation des surfaces, laquelle entraîne une modification des cycles hydriques et énergétiques (Oke, 1988 ; Fletcher et *al.*, 2013). Ces modifications peuvent accentuer différents aléas, comme

les inondations ou le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU) (Bounoua et al., 2015 ; Tavakol-Davani et al., 2016 ; Gunawerdena et al., 2017 ; CEREMA, 2020). Le changement climatique, qui se traduit par l'augmentation des températures à l'échelle globale et de la fréquence des événements extrêmes (comme les vagues de chaleur et les précipitations importantes), aggrave vraisemblablement ces effets (Ouzeau et al., 2016 ; GIEC, 2023). Ainsi, les villes sont des lieux particulièrement vulnérables face aux effets du changement climatique, ce qui amène à s'interroger sur des voies d'adaptation. La gestion des eaux pluviales en ville grâce aux ouvrages de gestion à la source (OGS) est l'une de ces voies. Les OGS réduisent le risque d'inondation et le phénomène d'ICU, augmentent la biodiversité, voire améliorent le bien-être des habitants (Tavakol-Davani et al., 2016 ; Woznicki et al., 2018 ; Zhou et al., 2025). Mais la question de la planification des OGS à grande échelle (i.e. la ville) demeure complexe en raison de la diversité des facteurs et contraintes qui entrent en compte pour leur implantation (réglementaires, physiques, hydrogéologiques, sociales, etc.). C'est dans ce contexte que Chavez (2024) et Chavez et al. (2023) ont analysés le PADD et les documents du plan local d'urbanisme de Nantes Métropole (PLUm) pour identifier les freins et leviers pour le déploiement et l'implantation des OGS. Ce travail a permis d'identifier un ensemble de règles issues des documents d'urbanisme réglementaire qui facilitent ou limitent l'implantation d'un panel de 23 OGS, sur la base des fonctionnalités intrinsèques de ceux-ci (stockage, infiltration, évapotranspiration, transparence hydraulique, etc.), appelées « fonctions hydrologiques ». Croisés avec les enjeux de gestion des eaux pluviales, ces travaux ont permis de produire des indices de potentiel d'implantation (IPI), déclinés sous forme de cartes à l'échelle métropolitaine, pour chacun des ouvrages du panel. Ces cartes doivent encore être affinées pour privilégier un type d'ouvrage plutôt qu'un autre dans plusieurs zones. Un premier travail d'approfondissement a été réalisé, consistant à élargir le panel à 32 OGS et à rendre plus robuste le calcul des IPI grâce à un questionnaire (Kleczeński, 2025). Il s'agit, à termes, de construire des scénarios de déploiement des OGS, à l'échelle métropolitaine, grâce à une méthodologie « semi-automatique » qui croise contraintes réglementaires, techniques et géologiques avec les enjeux hydriques et microclimatiques. La présente communication a pour objectif de présenter les premières étapes de cette méthodologie et les résultats déjà obtenus.

## 2 MATERIELS ET METHODES

### 2.1 Zone d'étude

Le territoire d'étude est celui de la métropole de Nantes, située dans le département de la Loire-Atlantique (France). La métropole est composée de 24 communes et comptait plus de 680 000 habitants en 2022, répartis sur un territoire de 523 km<sup>2</sup> (INSEE, 2025 ; IGN – BD TOPO, 2024) (figure 1). Le territoire est couvert à environ 30 % par des surfaces imperméables (Betou, 2024). Ces zones urbaines sont concentrées dans le centre de la métropole et le long des axes routiers structurants.

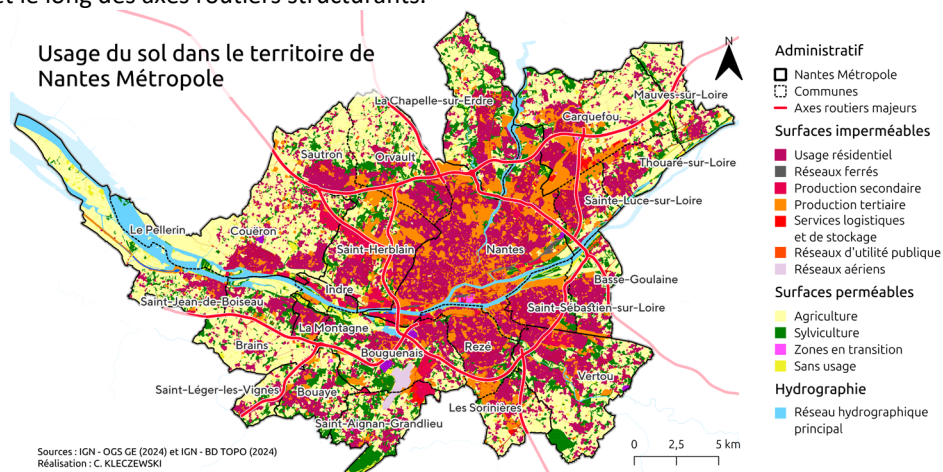


Figure 1. Usage du sol à l'échelle de Nantes Métropole.

### 2.2 Enrichissement du panel de solutions

Afin d'améliorer la cartographie du potentiel d'implantation des OGS, le panel initial de solutions (arbre individuel, bassin de rétention, noue végétalisée, toiture végétalisée, etc.) (Chavez, 2024) a été enrichi par la distinction entre différentes configurations possibles (tableau 1). En effet, les noms des OGS couvrent souvent

de multiples configurations qui doivent être précisées, pour une analyse du potentiel d’implantation plus pertinente, en fonction du milieu et de ses contraintes. La méthodologie employée repose sur l’identification des OGS pouvant être déclinés dans plusieurs configurations.

Tableau 1. Exemple d’enrichissement du panel initial (Chavez, 2024) par distinction des fonctions hydrologiques

Solutions du panel initial (Chavez, 2024)	Nouvelles configurations	
Chaussée réservoir	Avec infiltration et revêtement classique	Avec stockage et revêtement classique
	Avec infiltration et revêtement poreux	Avec stockage et revêtement poreux
Noue végétalisée	Noue drainante	Noue stockante
	Noue infiltrante	Noue mixte
Toiture végétalisée	Toiture végétalisée extensive	Toiture végétalisée intensive
	Toiture végétalisée semi-intensive	
Bassin sec	Bassin sec de rétention à ciel ouvert	Bassin sec infiltrant à ciel ouvert

### 2.3 Mise en place du questionnaire

Le calcul des IPI originaux se base sur l’analyse du règlement et son interprétation, qui peut affecter la mise en place d’une solution individuelle (Chavez, 2024). Cette approche manque de robustesse, car la caractérisation des OGS et l’impact des règles sur chaque solution peut être difficile à donner. La méthodologie est, de plus, définie sur la base d’un échantillon trop restreint de personnes, même expertes (3). L’objectif du questionnaire est de rendre cette notation plus robuste, en la proposant à un large échantillon d’experts (chercheurs, agents de collectivités et ingénieurs en bureau d’étude). Un premier questionnaire a été construit et proposé à un échantillon restreint de chercheurs (Kleczewski, 2025), pour une première analyse et permettre d’améliorer le questionnaire avant une diffusion plus large. Les questions posées concernent la notation des fonctions hydrologiques (stockage, infiltration, évapotranspiration, transparence hydraulique, etc.) assurées par chacun des 32 OGS du panel enrichi. Le questionnaire est accompagné des définitions des fonctions et une caractérisation des ouvrages. Les notes allaient de 0 (pas de contribution) à 3 (contribution majeure).

## 3 RESULTATS

Près de 69 % des chercheurs sollicités ont répondu au questionnaire. La dispersion des notes dépend du type d’ouvrages, mais certaines fonctions hydrologiques, comme la « transparence hydraulique » obtient 50 % de réponses « Je ne sais pas » (tout ouvrage confondu). A l’inverse, la fonction « stockage » obtient 50 % de « contribution majeure ». Ces résultats mettent en avant la quasi permanence de certaines fonctions, tandis que d’autres semblent plus difficile à interpréter. Les notes obtenues permettent d’affiner le calcul de l’IPI de certains ouvrages. La prise en compte de configurations supplémentaires renforce ce travail de précision (figure 2) et permet d’augmenter le potentiel d’implantation dans certaines zones.

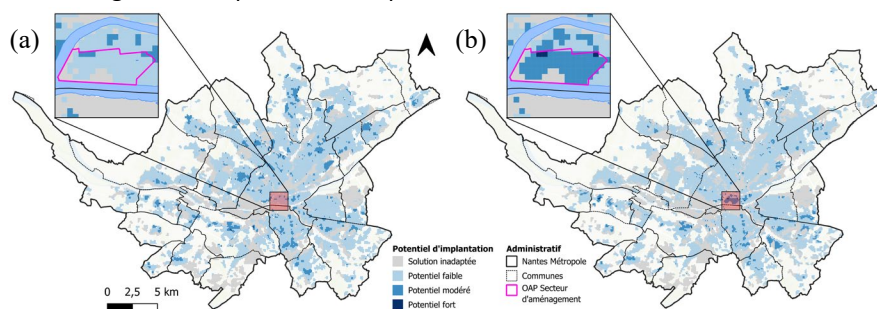


Figure 2. Comparaison du potentiel d’implantation entre la noue drainante (d’après Chavez, 2024) (a) et la noue stockante (nouvelle configuration) (b) sur l’île de Nantes.

## 4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les travaux de Chavez (2024) ont été poursuivis avec de nouvelles cartes du potentiel d’implantation. Le panel de solutions a été élargi à 32 ouvrages et le calcul des IPI de chaque ouvrage a été rendu plus robuste avec

---

l'aide d'un questionnaire diffusé à un premier cercle restreint de chercheurs français. Ce questionnaire, amélioré suite aux premières réponses, est diffusé plus largement. En parallèle, les contraintes techniques (pente des toits et charge maximale, etc.), jusqu'ici non prises en compte, sont analysées et intégrées au calcul de l'IPI. L'objectif est d'affiner la répartition des OGS à l'échelle métropolitaine, ce qui est crucial pour le futur processus de construction des scénarios de déploiement. La future prise en compte des enjeux hydro-climatiques, identifiés par Betou (2024) par une approche de modélisation, dans la sélection des OGS, permettra de développer une méthodologie « semi-automatique » de déploiement des OGS à l'échelle d'une métropole. Une phase de co-construction avec les agents des services compétents de la métropole, permettra d'assurer la pertinence des scénarios élaborés. La portée de ces travaux est, à termes, de permettre aux villes de s'adapter aux conséquences du changement climatique et d'améliorer le cadre de vie des habitants.

## BIBLIOGRAPHIE

- Betou, Florian. 2024. « Méthodologie pour l'étude d'impact hydro-climatique du changement climatique : modélisation numérique à l'échelle de la métropole nantaise. ». Thèse de doctorat soutenu le 18 décembre 2024.
- Bounoua, Lahouari, Ping Zhang, Georgy Mostovoy, et al. 2015. « Impact of Urbanization on US Surface Climate ». *Environmental Research Letters* 10 (8): 084010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/8/084010>.
- CEREMA. 2020. « Construction, expérimentation et évaluation d'actions de réduction des effets des îlots de chaleur urbains sur le site de la Place Delille ».
- Chavez, Saray. 2024. « Quand les PLU(i) régulent la pluie : évaluation du potentiel des Plans Locaux d'Urbanisme pour intégrer la gestion des eaux pluviales à la source – le cas de Nantes Métropole ». Thèse de doctorat soutenu le 26 novembre 2024.
- Chavez, Saray, Nathalie Molines, Katia Chancibault, et Bernard De Gouvello. 2023. « Documents d'urbanisme et Adaptation Au Changement Climatique : Éclairage Des Intentions Grâce à La Lexicométrie ». *Revue d'économie Régionale et Urbaine* Juin (3): 433-58.
- Fletcher, T.D., H. Andrieu, et P. Hamel. 2013. « Understanding, Management and Modelling of Urban Hydrology and Its Consequences for Receiving Waters: A State of the Art ». *Advances in Water Resources* 51 (janvier): 261-79. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.09.001>.
- GIEC, Katherine Calvin, Dipak Dasgupta, et al. 2023. *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (Eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland. First. Avec Hoesung Lee. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>.
- Gunawardena, K.R., M.J. Wells, et T. Kershaw. 2017. « Utilising Green and Bluespace to Mitigate Urban Heat Island Intensity ». *Science of The Total Environment* 584-585 (avril): 1040-55. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.158>.
- INSEE. 2025. « Dossier complet – Intercommunalité-Métropole de 7344 Nantes Métropole (244400404) \_ Insee ». <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2011101?geo=EPCI-244400404#consulter-sommaire>.
- Kleczewski, Cyril. 2025. « Contribution à la construction de scénarios de déploiement d'ouvrages de gestion à la source, à l'échelle de la métropole de Nantes. »
- Oke, T R. 1988. *Street Design and Urban Canopy LayerClimate*.
- Ouzeau, G., J.-M. Soubeyroux, M. Schneider, R. Vautard, et S. Planton. 2016. « Heat Waves Analysis over France in Present and Future Climate: Application of a New Method on the EURO-CORDEX Ensemble ». *Climate Services* 4 (décembre): 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2016.09.002>.
- Tavakol-Davani, Hessam, Erfan Goharian, Carly H. Hansen, Hassan Tavakol-Davani, Defne Apul, et Steven J. Burian. 2016. « How Does Climate Change Affect Combined Sewer Overflow in a System Benefiting from Rainwater Harvesting Systems? » *Sustainable Cities and Society* 27 (novembre): 430-38. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.07.003>.
- Woznicki, Sean A., Kelly L. Hondula, et S. Taylor Jarnagin. 2018. « Effectiveness of Landscape-based Green Infrastructure for Stormwater Management in Suburban Catchments ». *Hydrological Processes* 32 (15): 2346-61. <https://doi.org/10.1002/hyp.13144>.
- Zhou, Shiqi, Haifeng Diao, Jiahui Wang, et al. 2025. « Multi-Stage Optimization Framework for Synergetic Grey-Green Infrastructure in Response to Long-Term Climate Variability Based on Shared Socio-Economic Pathways ». *Water Research* 274 (avril): 123091. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2025.123091>.