



HAL
open science

Des séries de pluies synthétiques pour évaluer les futures performances hydrologiques de toitures végétalisées sous scénario de changement climatique RCP8.5

Vincent Pons, Jean-Luc Bertrand-Krajewski

► **To cite this version:**

Vincent Pons, Jean-Luc Bertrand-Krajewski. Des séries de pluies synthétiques pour évaluer les futures performances hydrologiques de toitures végétalisées sous scénario de changement climatique RCP8.5. 9^e Journées Doctorales en Hydrologie Urbaine "JDHU 2020", ENGEES, May 2021, Strasbourg, France. 4 p. <hal-03386474>

HAL Id: hal-03386474

<https://hal.science/hal-03386474v1>

Submitted on 19 Oct 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

Des séries de pluies synthétiques pour évaluer les futures performances hydrologiques de toitures végétalisées sous scénario de changement climatique RCP8.5

V. Pons^{*,**^}, J.-L. Bertrand-Krajewski^{**}

* Department of Civil and Environmental Engineering, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), N-7491 Trondheim, Norway

** Univ Lyon, INSA Lyon, DEEP, EA7429, 11 rue de la Physique, F-69621, Villeurbanne cedex, France

[^]Corresponding author vincent.pons@ntnu.no

Résumé

Évaluer les performances hydrologiques des techniques de gestion à la source des eaux pluviales, notamment des toitures végétalisées, en tenant compte des scénarios de changement climatique nécessite des séries de pluies synthétiques adaptées, sur plusieurs années et à haute résolution. Trois modèles de cascade multiplicative aléatoire (MRC) ont été développés et évalués pour produire de telles séries locales à partir du scénario de changement climatique RCP8.5 et de modèles climatiques régionaux. Les modèles ont été appliqués à des toitures végétalisées situées dans différentes villes en Norvège. Le premier modèle (MC) testé est un modèle MRC de base. Le second modèle (MCT) ajoute une dépendance en température et le troisième (MCS) améliore la reproduction des structures temporelles des intensités de pluie. Les améliorations des modèles MCT et MCS entraînent une modification des prédictions des performances hydrologiques par rapport à celles du modèle MC qui reste négligeable devant la variabilité inhérente des modèles climatiques actuels.

Mots clés

Adaptation au changement climatique, descente d'échelle, gestion des eaux pluviales, modélisation numérique, techniques alternatives.

Introduction

Simuler le comportement hydrologique futur de techniques de gestion à la source des eaux pluviales telles que les toitures végétalisées en tenant compte du changement climatique nécessite des séries chronologiques de pluies locales et à haute résolution, en particulier pour modéliser les débits de sortie. Les séries générées par les modèles climatiques régionaux actuels sont généralement disponibles avec une résolution journalière, ce qui est insuffisant pour les besoins en hydrologie urbaine. Des méthodes de descente d'échelle statistique fondées sur des données observées à haute résolution peuvent être utilisées pour produire des séries à court pas de temps de l'ordre de la minute. L'objectif de cette étude est d'évaluer le potentiel de différentes méthodes de descente d'échelle par cascades multiplicatives (Bürger et al., 2019; Rupp et al., 2009) pour produire des séries de pluies synthétiques permettant i) de reproduire les performances de toitures végétalisées avec une série observée puis ii) de prédire leurs performances sous des conditions climatiques futures.

Méthodes

Le principe général des cascades multiplicatives consiste à répartir, selon des fonctions de répartition données et avec des dépendances éventuelles à d'autres grandeurs externes, une hauteur de pluie H précipitée durant une durée D en n hauteurs h_i ($i=1:n$) sur des durées d_i plus courtes, avec $n = 2$ et $d_i = D/n$ dans le cas le plus simple (cascade dyadique). Une structure générale pour trois modèles de cascade multiplicative aléatoire (MRC) a été développée. Le premier modèle (MC) inclut une dépendance en résolution et hauteur précipitée par pas de temps pour décrire la probabilité d'avoir une partition nulle, la fonction de répartition des partitions non nulles dépendant uniquement de la résolution temporelle. Le second modèle (MCT) ajoute une dépendance à la température pour décrire la probabilité d'avoir une partition nulle. Le dernier modèle (MCS) ajoute une fonction dépendant de la résolution temporelle pour ordonner les paires de partitions de chaque pas de temps en fonction des hauteurs précipitées durant les deux pas temps adjacents. Les données d'entrée des cascades sont deux séries chronologiques de précipitation et température mesurées à Trondheim (10722 jours) et Bergen (6150 jours) avec une résolution temporelle d'une minute, avec des pluviomètres à auget d'une résolution de 0.1 à 0.2 mm. Les dix séries futures du scénario de changement climatique RCP8.5 disponible en Norvège à une résolution journalière (Wong et al., 2016) ont été utilisées pour simuler le climat futur.

Un modèle conceptuel associant un réservoir non linéaire et la formule d'évapotranspiration d'Oudin (Johannessen et al., 2017; Oudin et al., 2005) a été développé, calé et validé avec des données expérimentales de précipitations extrêmes obtenues pour simuler deux toitures végétalisées décrites dans (Hamouz et al., 2020) : une toiture extensive classique et une toiture avec rétention. Les séries synthétiques ont été générées 50 fois pour les climats observé et futur de chaque ville et utilisées en entrée pour modéliser les deux toitures.

Résultats et discussion

Les différents modèles (MC et MCT) permettent d'estimer les distributions d'hauteur de pluie à une résolution de 5 minutes. Le modèle MCS n'est pas représenté car il modifie l'arrangement des pondérations par rapport au modèle MC il ne conduit donc pas à un histogramme différent. La performance des deux modèles est similaire pour chacune des villes dans le cas du climat présent. On note que le modèle MCT conduit à des prédictions plus pessimistes que le modèle MC, cependant, ces différences sont négligeables devant la variabilité due à l'utilisation de modèle stochastiques. On relève également que les effets du changement climatique sont plus élevés à Bergen qu'à Trondheim.

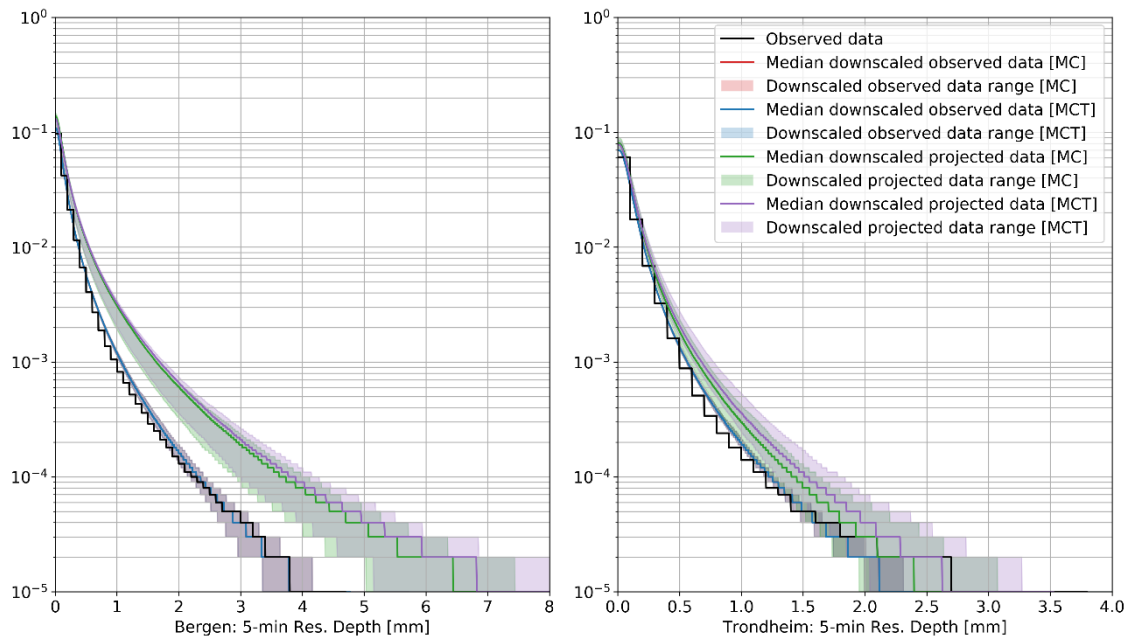


Figure 1 : Distribution cumulative (fréquence de dépassement) des hauteurs de pluie à résolution de 5 minutes à Trondheim et Bergen pour les différents modèles (MC et MCT), et sur les périodes observée et future.

Les performances obtenues avec une série chronologique observée en reproduisant les ordres de grandeur des fréquences de dépassement de seuils de débit de sortie pour la toiture végétalisée à rétention longue (Figure 2) et la toiture végétalisée extensive (Figure 3). Le modèle MCS conduit à des prédictions plus pessimistes (fréquence des débits de sortie élevés supérieure) sur la toiture végétalisée optimisée pour des rétentions longues (Figure 2). Le changement climatique entraîne un changement important des débits extrême (changement de pente de la courbe au-delà de 0.2 mm/min) à Bergen, ce qui signifie que les pluies excédant le dimensionnement de la toiture seront plus fréquentes. À Trondheim, les performances restent similaires. Suivant la localisation l'adaptation au changement climatique peuvent donc entraîner une modification des mesures en place. Pour la toiture végétalisée extensive, le modèle MCT est le plus pessimiste (Figure 3). Ces résultats sont cohérents avec les caractéristiques et la sensibilité de chaque toiture. La toiture extensive dispose d'un stockage limité et réagit à des pluies courtes et intenses, au contraire la toiture végétalisée à rétention longue réagit à des pluies de durée plus élevées. Les performances de la toiture à Bergen changent d'ordre de grandeur mais reste sur un régime de fonctionnement similaire. À Trondheim les débits de pointe augmentent mais restent dans un ordre de grandeur comparable. Néanmoins ces différences de comportement sont négligeables en comparaison de la variabilité des performances hydrologiques due aux séries climatiques d'entrée et à la variabilité statistique des modèles de cascades aléatoires. Les performances des toitures changent d'ordre de grandeur à Bergen avec l'augmentation des précipitations. À Trondheim, les performances restent stables et proches des performances avec le climat observé actuel. Les effets du changement climatique doivent donc être pris en compte différemment suivant le lieu géographique considéré.

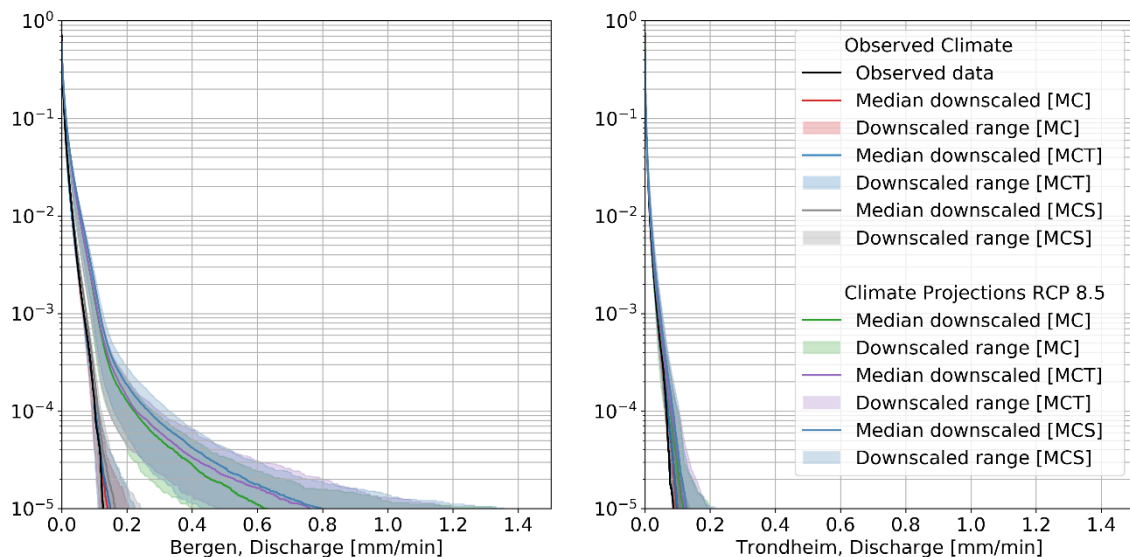


Figure 2 : Distribution cumulative (fréquence de dépassement) du débit de sortie d'une toiture végétalisée avec rétention longue à Trondheim et Bergen pour les différents modèles (MC, MCT et MCS), et sur les périodes observée et future.

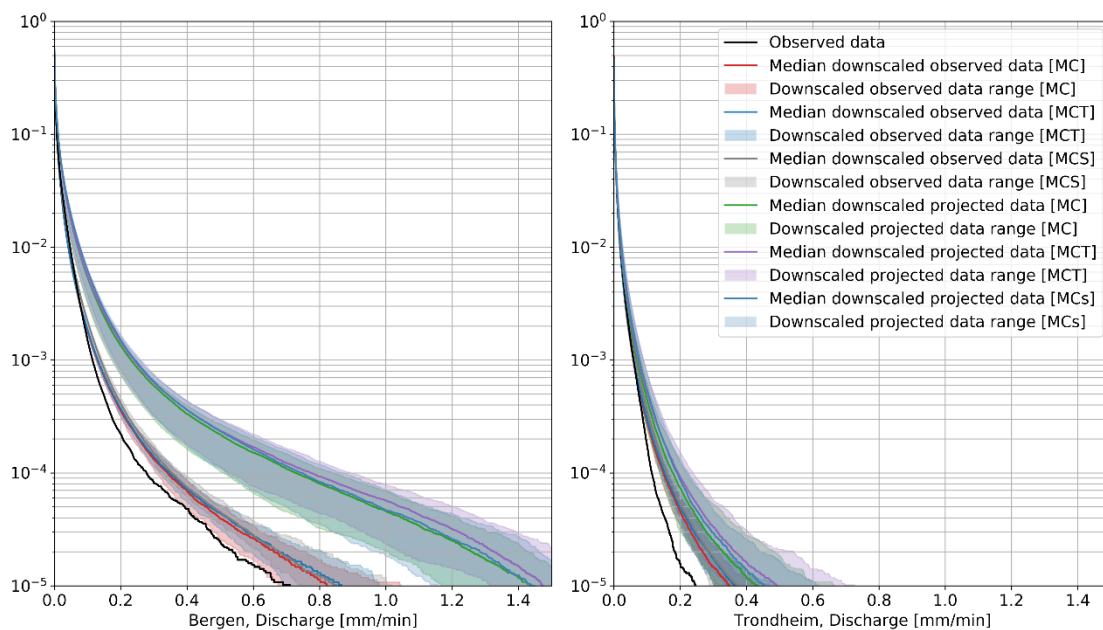


Figure 3: Distribution cumulative (fréquence de dépassement) du débit de sortie d'une toiture végétalisée extensive à Trondheim et Bergen pour les différents modèles (MC, MCS et MCT), et sur les périodes observée et future.

Conclusion

En appliquant des séries synthétiques futures issues des modèles climatiques régionaux selon le scénario RCP8.5, il est possible d'observer une différence dans les performances hydrologiques de deux toitures végétalisées différentes. Mais cette différence reste négligeable devant la variabilité inhérente aux modèles. Les différences pourraient néanmoins être plus marquées dans des endroits plus affectés par le changement climatique que les deux villes norvégiennes considérées (une application au cas de Lyon est en cours). Les performances futures des toitures à Trondheim restent du même ordre de grandeur que les performances actuelles alors qu'elles changent d'ordre de grandeur à Bergen. De telles différences doivent être prise en compte pour bâtir une ville résiliente et adaptée au changement climatique.

Remerciements : Cette étude a été réalisé au sein du Klima2050 Centre for Research-based Innovation (SFI) et financée par le Conseil de Recherche de Norvège et avec la collaboration de l'Institut Météorologique de Norvège (Met)

References

- Bürger, G., Pfister, A., & Bronstert, A. (2019). Temperature-driven rise in extreme sub-hourly rainfall. *Journal of Climate*. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0136.1>
- Hamouz, V., Pons, V., Sivertsen, E., Raspati, G. S., Bertrand-Krajewski, J.-L., & Muthanna, T. M. (2020). Detention-based green roofs for stormwater management under extreme precipitation due to climate change. *Blue-Green Systems*. <https://doi.org/10.2166/bgs.2020.101>
- Johannessen, B. G., Hanslin, H. M., & Muthanna, T. M. (2017). Green roof performance potential in cold and wet regions. *Ecological Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.06.011>
- Oudin, L., Hervieu, F., Michel, C., Perrin, C., Andréassian, V., Anctil, F., & Loumagne, C. (2005). Which potential evapotranspiration input for a lumped rainfall-runoff model? Part 2 - Towards a simple and efficient potential evapotranspiration model for rainfall-runoff modelling. *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.08.026>
- Rupp, D. E., Keim, R. F., Ossiander, M., Brugnach, M., & Selker, J. S. (2009). Time scale and intensity dependency in multiplicative cascades for temporal rainfall disaggregation. *Water Resources Research*. <https://doi.org/10.1029/2008WR007321>
- Wong, W. K., Haddeland, I., Lawrence, D., & Beldring, S. (2016). Gridded 1 x 1 km climate and hydrological projections for Norway. *NVE*.