

Optimisation de la gestion des ressources hydriques en zone sahélienne par apprentissage automatique

Aïssatou N. Diallo, Mamadou S. Barry, Fatoumata Camara

Département de Génie de l'Environnement, Université Nongo, Conakry, Guinée

Revue Africaine des Sciences de l'Eau et de l'Environnement | Vol. 14, No. 2 (2025), pp. 87-104 | DOI: 10.5678/rasee.2025.14.2.087

Résumé

La gestion durable des ressources en eau demeure un défi majeur pour les régions sahéliennes soumises à une forte variabilité climatique. Cette étude propose un modèle d'apprentissage automatique combinant des données satellitaires et des relevés hydrométriques de terrain pour prédire les niveaux de nappes phréatiques sur un horizon de six mois. Le modèle, basé sur une architecture de forêts aléatoires couplée à un réseau de neurones récurrent, a été entraîné sur des données collectées entre 2015 et 2023 dans trois bassins versants de la région de Boké. Les résultats montrent une amélioration de 23% de la précision prédictive par rapport aux méthodes statistiques classiques, ouvrant des perspectives concrètes pour la planification agricole et la gestion des crises hydriques.

Mots-clés : gestion de l'eau, apprentissage automatique, Sahel, nappe phréatique, télédétection, prévision hydrologique

1. Introduction

La disponibilité en eau douce constitue l'un des enjeux les plus critiques du développement durable en Afrique de l'Ouest. Les variations pluviométriques, exacerbées par le changement climatique, compliquent considérablement la planification des ressources hydriques à l'échelle locale et régionale (Traoré et al., 2021). Les approches traditionnelles de modélisation hydrologique, bien qu'utiles, peinent à intégrer la complexité et la non-linéarité des interactions entre précipitations, infiltration et recharge des nappes.

Face à ces limites, les techniques d'apprentissage automatique offrent une alternative prometteuse. Plusieurs travaux récents ont démontré leur capacité à améliorer la précision des prévisions hydrologiques dans des contextes de données limitées (Sow & Keita, 2020 ; Diarra, 2022). Cette étude s'inscrit dans cette dynamique en proposant un modèle hybride adapté au contexte spécifique du bassin de Boké.

2. Matériel et méthodes

2.1. Zone d'étude et données. La zone d'étude couvre trois bassins versants situés dans la préfecture de Boké, caractérisés par un climat tropical soudanien avec une saison sèche marquée de novembre à avril. Les données utilisées comprennent des relevés piézométriques mensuels de 42 stations sur la période 2015-2023, des données de précipitations issues de la mission satellitaire CHIRPS, ainsi que des indices de végétation NDVI dérivés d'images Sentinel-2.

2.2. Architecture du modèle. Le modèle proposé combine deux composantes. Une forêt aléatoire traite les variables statiques (type de sol, occupation des terres, topographie) tandis qu'un réseau de neurones récurrent de type LSTM capture les dépendances temporelles des séries pluviométriques et piézométriques. Les sorties des deux composantes sont fusionnées par une couche de pondération apprise durant l'entraînement.

3. Résultats

L'évaluation sur l'ensemble de test (20% des données, non vues durant l'entraînement) montre une erreur quadratique moyenne de 0.34 m, contre 0.44 m pour le modèle de référence basé sur une régression linéaire multiple. La figure 1 (non reproduite ici) illustre la trajectoire prédite des niveaux de nappe pour la station de Kolaboui sur la période janvier-juin 2023, montrant une correspondance étroite avec les mesures observées, y compris durant les épisodes de recharge rapide consécutifs aux premières pluies de mousson.

4. Discussion

Ces résultats confirment l'intérêt des approches hybrides pour la modélisation hydrologique en contexte sahélien, où la disponibilité limitée de données in situ constitue habituellement un frein majeur à l'application des méthodes d'apprentissage profond. L'intégration de données satellitaires ouvertes permet de pallier partiellement cette contrainte. Des travaux futurs pourraient explorer l'extension du modèle à d'autres bassins versants ainsi que l'intégration de scénarios climatiques prospectifs.

5. Conclusion

Ce travail démontre la faisabilité et la pertinence d'un modèle hybride d'apprentissage automatique pour la prévision des niveaux de nappes phréatiques en zone sahélienne. Les gains de précision observés suggèrent un potentiel réel d'application opérationnelle pour la gestion des ressources en eau, notamment dans un contexte de planification agricole et de prévention des crises hydriques.

Références

Diarra, M. (2022). Apprentissage profond et prévision des ressources hydriques en Afrique de l'Ouest. *Journal Ouest-Africain d'Hydrologie*, 9(1), 12-29.

Sow, I., & Keita, B. (2020). Data-driven groundwater forecasting in data-scarce regions. *Environmental Modelling & Software*, 45(3), 201-215.

Traoré, S., Konaté, Y., & Bamba, F. (2021). Variabilité climatique et ressources en eau au Sahel : état des lieux et perspectives. *Revue Africaine des Sciences de l'Eau et de l'Environnement*, 10(1), 5-24.