

RESUME

Au cours des prochaines décennies, le changement climatique, ainsi que les développements socio-économiques, vont accentuer davantage les contraintes sur les ressources en eau, déjà insuffisantes, dans la zone soudano-sahélienne de l’Afrique de l’Ouest. A cet égard, une meilleure connaissance des ressources en eau dans cette zone est primordiale pour une gestion rationnelle et durable.

Cette étude, qui s’inscrit dans le programme « Challenge Program on Water and Food » du bassin de la Volta, vise à caractériser le fonctionnement hydrologique des petits réservoirs et à développer une plate-forme de gestion optimisée de ces ouvrages hydrauliques dans un contexte multi-usages. Le barrage de Boura, situé dans la zone soudanienne du Burkina Faso, est un site pilote représentatif de l’ensemble des petits réservoirs du bassin de la Volta en Afrique de l’Ouest soumis aux mêmes contraintes. De ce fait, pour fournir un état des lieux de la situation actuelle de la dynamique de remplissage et de vidange du réservoir, nous avons établi le bilan hydrologique du réservoir de Boura. Certaines composantes de ce bilan ont été estimées à travers une approche basée sur le principe de conservation des volumes. Les données obtenues ont servi d’une part à calibrer un modèle hydrologique (modèle GR4J) et un modèle d’allocation de l’eau (modèle WEAP), et d’autre part à tester l’outil d’optimisation élaboré à l’aide des méthodes évolutionnaires (algorithme génétique mono-objectif) pour la gestion des réservoirs sous différentes contraintes. Les modèles GR4J et WEAP calés ont permis respectivement de faire des projections sur les apports du bassin versant en amont du barrage de Boura et de simuler le système modélisé sous les scénarios de changement climatique issues du modèle climatique régional RCA4 (sous les scénarios d’émission RCP4.5 et RCP8.5). Un ensemble d’indices de performance ont servi à évaluer la performance du système à partir des sorties de WEAP pour différents horizons de gestion (trois périodes de 30 ans chacune).

Le bilan global du réservoir de Boura sur les 2 années de suivi hydrologique a indiqué que 58% des stocks d’eau s’évaporent, 23% s’infiltrent et 19% sont prélevés pour satisfaire les demandes, en particulier les demandes d’irrigation. Ainsi, une faible proportion des volumes d’eau mobilisés est destinée aux usages actuels. Cette analyse confirme la sous-exploitation des petits réservoirs en Afrique de l’Ouest comme relevées par certaines études antérieures.

L’application de l’outil de gestion développé au cas réel du système modélisé de Boura a montré son efficacité à générer des fournitures optimales en eau destinées à satisfaire au

mieux les besoins d'irrigation selon le problème formulé. La performance de cet outil dépend fortement de la qualité des données en entrée. L'outil développé peut contribuer à l'amélioration de la gestion des ressources en eau des systèmes de petits réservoirs au Burkina Faso, voire en Afrique.

L'analyse des changements sur les pluies moyennes annuelles et l'évapotranspiration potentielle (ETP) moyenne annuelle entre les horizons futurs (2020, 2050 et 2080) et la période de référence 1971-2000 a montré des tendances à la hausse avec des augmentations allant jusqu'à 23% et 9% respectivement sur les pluies et l'ETP dépendant du scénario RCP4.5 ou RCP8.5 considéré.

Ces hausses des pluies et de l'ETP projetées se traduiront par une forte variabilité interannuelle des apports futurs d'eau au réservoir de Boura, ce qui pourrait nécessiter un rehaussement de la digue pour répondre aux exigences des demandes futures en eau d'irrigation. Cependant, les indices de performance du système modélisé ont montré qu'on pourrait observer des défaillances dans la satisfaction des demandes agricoles en eau dans le futur. En termes de performance globale, les critères de fiabilité et vulnérabilité seront affectés par le changement climatique, surtout en cas d'un accroissement de la demande quel que soit le scénario RCP4.5 ou RCP8.5 considéré. A cet effet, des propositions ont ainsi été faites pour une gestion améliorée de l'hydro-système de Boura.

Mots-clés : bilan hydrologique, changement climatique, gestion des réservoirs, optimisation des petits réservoirs, Burkina Faso, bassin de la Volta, Afrique de l'Ouest.

ABSTRACT

In the coming decades, climate change and socio-economic development will likely place more stress on the already limited water resources in the Sudano-Sahelian zone of West Africa. In this context, an improved knowledge and understanding of water resources in this region is therefore a key issue for their rational and sustainable management.

This study, which is part of the "Challenge Program on Water and Food" in the Volta Basin, aims to characterize the hydrological operation of small reservoirs and to develop an optimized management platform for such hydraulic infrastructures in a multiple uses context. The Boura dam, located in the Sudanian zone of Burkina Faso, is a representative pilot site of many small reservoirs in the Volta Basin in West Africa which are subject to the same constraints. Thus, to provide the current state of the dynamic filling and emptying of the reservoir, we established the hydrological balance of Boura reservoir. Some components of the water balance were estimated through an approach based on the volumes conservation equation. The resulting time series data were used to calibrate a hydrological model (GR4J model) and a water allocation model (WEAP model), and were also used to test an optimization tool developed using evolutionary methods (single objective genetic algorithms) for reservoir management under constraints. GR4J and WEAP models, respectively, were then used to project runoff from the watershed upstream of Boura dam, and to simulate the operation of Boura reservoir under the climate change scenarios using the RCA4 model (under the RCP4.5 and RCP8.5 emission scenarios). A set of performance indices was used to assess the performance of the system from the outputs of WEAP for different future periods of management (three periods of 30 years each).

The global water balance of Boura reservoir during the 2 year on-site monitoring indicated that: 58% of the water evaporated, 23% infiltrated, and 19% was withdrawn for various uses, particularly for agricultural irrigation. Thus, a low proportion of the water stored in Boura reservoir is withdrawn for current uses. Therefore, the irrigation potential of this small reservoir is underutilized. This analysis is in agreement with the low performance levels of small reservoirs in West Africa as raised by some previous studies.

Using the reservoir management tool developed for the case study of Boura dam indicated the tool's effectiveness for generating optimal water allocation for irrigation needs according to the formulated problem. The performance of this tool is strongly dependent on the accuracy of

the input data. The developed tool can contribute to the improvement of management of water resources for small reservoir systems not only in Burkina Faso but also in Africa.

The analysis of the inter-annual average changes in rainfall and potential evapotranspiration (PET) between the future for the three 30 year horizons (2011-2040, 2041-2070 and 2071-2100) and the reference period (1971-2000) showed upward trends with increases up to +23% and +9% in rainfall and PET respectively, dependent on the RCP emission scenario (RCP4.5 or RCP8.5).

These projected changes in rainfall and PET will cause higher inter-annual variability of future inflow to the Boura reservoir compared to the reference period, necessitating increased reservoir capacity to meet future irrigation water demands. However, the performance indices of system revealed that failures in agricultural water demand satisfaction would be observed in the future periods. In terms of overall performance, the reliability and vulnerability indices decreased in the future relative to the reference period, especially for the socio-economic development scenario with an increase in agricultural water demand under climate change conditions. For this purpose, proposals have been made for improved management of Boura hydrosystem.

Key-words: water balance, climate change, reservoir management, small reservoirs optimization, Volta Basin, Burkina Faso, West Africa.