

Abstract

This thesis provides insights into the hydrological processes in the Cambodian Mekong delta, as well as their relationship to ecosystem services from which the local population benefits. In particular, the role of the Prek channels is examined. First constructed during the period of the French protectorate in the early 20th century, these channels diverge perpendicularly from the Mekong and its deltaic distributary, the Bassac, and provide a connection between the river mainstream and its low-lying floodplains by breaching the elevated river banks. The aim of this thesis is to assess how large-scale changes in the Mekong basin, such as climate and land use change, as well as hydropower development, are reflected at a local scale in its delta. It also aims to elucidate how local infrastructure such as Preks catalyzes these processes and could help mitigate negative effects of future scenarios.

To address all of these research questions, a multi-method approach was chosen. First, a thorough literature review of the complex challenges facing the Mekong basin and its delta was carried out. Subsequently, an analysis of long-term trends in water levels, precipitation patterns, and inundation extents and dynamics at the scale of the Cambodian Mekong delta is provided. Water level time series at four hydrological stations maintained by the Mekong River Commission (MRC) are subjected to a trend and break point analysis. Furthermore, precipitation data from three in-situ stations, as well as remotely sensed CHIRPS data are compared. Inundation extents are assessed on the basis of a new model developed in the course of this thesis: WAFL - Water Level Flood Link. WAFL uses in-situ water level time series and inundation maps derived from Sentinel-1 and -2 images taken between 2017 and 2020, and establishes a correlative link between them, accounting for flood propagation delays and attenuation. It can then be used to reconstruct past inundation extents based on water levels, overcoming spatial data sparsity. It is able to reconstruct earlier events (floods in the 1990's and 2000s) with good accuracy, in comparison to historical Landsat-derived maps. This indicates that long-term changes of flood patterns are mostly due to shifts in boundary inflow, rather than in the local configuration of the link between the river

and its floodplains. Overall, average inundation durations have declined by 19 days and the incidence of inundations in the early wet season (July and August) has decreased by an average of to 21

Furthermore, fieldwork was carried out in a case study area on the banks of the Bassac river, which encompasses ten Preks. Local stakeholders, such as farmers and village chiefs, were interviewed to gain a better understanding of the ecosystem services linked to local hydrological processes, and the capacity in which the Preks catalyze these processes. The interviews also served as a basis to characterize typical cropping patterns and practices, from irrigation to average and maximum yield. To further enhance the understanding of the role of the Preks for local communities and agricultural practices archival research was undertaken. In addition, local land use and its variations depending on the spatial configuration of hydrological processes and Preks was analyzed using a land use - land cover (LULC) classification based on Sentinel imagery and a supervised Gradient Tree Boosting machine learning approach.

Finally, to formalize the understanding of the role of Preks for local hydrological processes and ecosystem services in the Cambodian Mekong delta, and to simulate future scenarios, a numerical model was constructed in Python. It uses the data generated through interviews, literature research, and remote sensing analyses as input and simulates four future scenarios with respect to local climate variables, the configuration of Prek channels and river water levels, the latter depending on basin-wide climate change and hydropower development. Flood-related and non-flood related ecosystem services were simulated separately, to central role of annual monsoon inundations. The results show that under likely future precipitation, temperature, and water level patterns, agricultural production is set to decrease, but that this decrease could be compensated by Prek rehabilitation.

Résumé

Cette thèse fournit des informations sur les processus hydrologiques dans le delta du Mékong cambodgien, ainsi que sur leur relation avec les services écosystémiques dont bénéficie la population locale. En particulier, le rôle des canaux de Prek est examiné. Construits à l'époque du protectorat français, au début du 20^e siècle, ces canaux divergent perpendiculairement du Mékong et de son distributaire deltaïque, le Bassac, et assurent une connexion entre le cours principal du fleuve et ses plaines inondables de faible altitude en ouvrant des brèches dans les berges élevées du fleuve. L'objectif de cette thèse est d'évaluer comment les changements à grande échelle dans le bassin du Mékong, tels que le changement climatique et l'utilisation des terres, ainsi que le développement de l'hydroélectricité, se reflètent à une échelle locale dans son delta. Elle vise également à élucider comment les infrastructures locales telles que Preks catalysent ces processus et pourraient contribuer à atténuer les effets négatifs des scénarios futurs.

Pour répondre à toutes ces questions de recherche, une approche multi-méthodes a été choisie. Tout d'abord, une analyse documentaire approfondie des défis complexes auxquels sont confrontés le bassin du Mékong et son delta a été réalisée. Ensuite, une analyse des tendances à long terme des niveaux d'eau, des modèles de précipitations, de l'étendue et de la dynamique des inondations à l'échelle du delta du Mékong cambodgien est fournie. Les séries chronologiques des niveaux d'eau de quatre stations hydrologiques maintenues par la Commission du Mékong (MRC) sont soumises à une analyse des tendances et des points de rupture. De plus, les données de précipitation de trois stations in situ, ainsi que les données de télédétection CHIRPS sont comparées. L'étendue des inondations est évaluée sur la base d'un nouveau modèle développé au cours de cette thèse : WAFL - Water Level Flood Link. WAFL utilise des séries temporelles de niveaux d'eau in-situ et des cartes d'inondation dérivées d'images Sentinel-1 et -2 prises entre 2017 et 2020, et établit un lien corrélatif entre elles, en tenant compte des délais de propagation et de l'atténuation des inondations. Elle peut ensuite être utilisée pour reconstruire les étendues d'inondation passées sur la base des niveaux d'eau, en surmontant la rareté des données spatiales. Elle est capable de

reconstruire des événements plus anciens (inondations des années 1990 et 2000) avec une bonne précision, en comparaison avec les cartes historiques dérivées de Landsat. Cela indique que les changements à long terme des modèles d'inondation sont principalement dus à des changements dans le flux d'entrée frontalier, plutôt que dans la configuration locale du lien entre la rivière et ses plaines d'inondation. Globalement, la durée moyenne des inondations a diminué de 19 jours et l'incidence des inondations au début de la saison des pluies (juillet et août) a diminué en moyenne de 21 %.

En outre, le travail de terrain a été réalisé dans une zone d'étude de cas sur les rives du fleuve Bassac, qui englobe dix Preks. Les parties prenantes locales, telles que les agriculteurs et les chefs de village, ont été interrogées afin de mieux comprendre les services écosystémiques liés aux processus hydrologiques locaux et la capacité des Preks à catalyser ces processus. Les entretiens ont également servi de base pour caractériser les modèles et pratiques culturelles typiques, de l'irrigation au rendement moyen et maximal. Afin d'améliorer la compréhension du rôle des Preks pour les communautés locales et les pratiques agricoles, des recherches archivistiques ont été entreprises. En outre, l'utilisation locale des terres et ses variations en fonction de la configuration spatiale des processus hydrologiques et des Preks ont été analysées à l'aide d'une classification de l'utilisation des terres et de la couverture des terres (LULC) basée sur l'imagerie Sentinel et une approche d'apprentissage automatique supervisée de type Gradient Tree Boosting.

Enfin, pour formaliser la compréhension du rôle des Preks pour les processus hydrologiques locaux et les services écosystémiques dans le delta du Mékong cambodgien, et pour simuler des scénarios futurs, un modèle numérique a été construit en Python. Il utilise les données générées par les entretiens, la recherche documentaire et les analyses de télédétection comme données d'entrée et simule quatre scénarios futurs en ce qui concerne les variables climatiques locales, la configuration des canaux Prek et les niveaux d'eau du fleuve, ces derniers dépendant du changement climatique à l'échelle du bassin et du développement de l'hydroélectricité. Les services écosystémiques liés et non liés aux inondations ont été simulés séparément, en tenant compte du rôle central des inondations annuelles dues à la mousson. Les résultats montrent que dans le cadre des modèles probables de précipitations, de températures et de niveaux d'eau futurs, la production agricole devrait diminuer, mais que cette diminution pourrait être compensée par la réhabilitation des Preks.