

Climate warming and range shifts of four medicinal plants in Africa: Insights from predictive bioclimatic models

Isabirye, B.E.¹, Rwomushana, I.¹, Zziwa, E.¹, Mweya, N.C.² & Tabuti, J.R.S.³

¹Association for Strengthening Agricultural Research in Eastern and Central Africa (ASARECA),
P. O. Box 765, Entebbe, Uganda

²National Institute for Medical Research, Tukuyu Research Centre, Tukuyu, Tanzania

³Makerere University Kampala, P. O. Box 7062, Kampala, Uganda

Corresponding author: b.isabirye@asareca.org

Abstract

Medicinal plant species constitute an accessible and affordable health-care alternative, and are an important source of livelihood for indigenous and rural populations. However, over harvesting and habitat losses due to land use and fragmentation have tremendously accelerated species loss, ultimately threatening their sustainability. The accelerated species loss is also compounded by the paucity of knowledge on the ecology and geography of medicinal species in Africa, posing limitations in conservation of their valuable habitats. Further, it is not clear how the niches and habitats are responding to current and future projected global climate change. This study employed ecological niche models (ENM) to understand the effects of climate change on four important and internationally traded medicinal plants in Africa: Pepper fruit tree (*Dennettia tripetala*), Olive tree (*Olea europaea*), Red stinkwood (*Prunus africana*) and Poison devil's pepper (*Rauvolfia vomitoria*). We developed ecological niche models using a genetic algorithm for Rule Set Prediction (GARP) and Bioclimatic analysis and prediction system (BIOCLIM). Model inputs included climatic data (temperature and rainfall) and occurrence records of the four medicinal species cross Africa. The latter records were obtained from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) data portal and from several literature records, including several ethno botany collections across Africa. These records were used to produce georeferenced maps indicating areas that are currently ecologically suitable (1950-2000), in the medium-term (2020), and long-term or future periods (2050). Model evaluation was based on the area under curve (AUC) using receiver operating characteristic (ROC) analysis. To determine the effect of climate change on each species, we developed detailed comparisons of current and future (2050) potential distributions. Results showed that the two models (BIOCLIM and GARP) successfully reconstructed key features of the species niche and geographic distribution. GARP was more consistent in prediction capabilities, but the two models were generally similar in prediction, with test AUC values ranging from 0.89 to 0.99 and 0.92 to 0.97 for BIOCLIM and GARP, respectively. The potential ranges for *D. tripetala*, *P. africana* and *R. vomitoria* are predominant in western, central and eastern Africa, while *O. europaea* suitable areas were predominant in southern, and parts of northern Africa. Future climate change scenarios indicated net habitat contractions for *R. vomitoria* (-7.70%), *O. europaea* (-4.01%) and *P. africana* (-2.62%), while significant net gains were predicted for *D. tripetala* (9.97%). Overall, this translates to 4.36% net climate change induced medicinal species' habitat loss in Africa. *R. vomitoria*

is projected to lose habitats in central Africa (D.R. Congo, Angola and Central African Republic), but gain suitable ranges in east Africa (Uganda, Somalia and Kenya). On the Contrary, *O. europaea* is projected to lose ground in east Africa (Tanzania, Ethiopia and Madagascar), but gain in north Africa (Tunisia and Morocco) and south Africa (Botswana). Habitat gains for *D. tripetala* are projected in Chad, Nigeria, and Sudan, and losses in the Congo basin (D.R. Congo and Congo), and Mali. *P. Africana* suitable habitats are projected to shift southwards to Mozambique, Botswana and Zimbabwe, with significant habitat losses in Angola, D. R. Congo and Uganda. Our findings have provided evidence to infer areas suitable for conservation and bio- prospecting of the four medicinal species in Africa. Most of the species under consideration have indicated potential contractions in niches due to climate change, hence the need to devise climate adaptive conservation strategies for important medicinal plants in the continent.

Key words: Africa, climate change, ecological niche, habitat loss, medicinal species

Résumé

Les espèces de plantes médicinales constituent une alternative de soins de santé accessibles et abordables, et sont une source importante de revenus pour les populations autochtones et rurales. Toutefois, au cours de récolte et des pertes de l'habitat dus à l'utilisation des terres et à la fragmentation, ceux-ci ont considérablement accéléré la disparition des espèces. En fin de compte, ils menacent leur viabilité. La perte accélérée d'espèces est également aggravée par le manque de connaissances sur l'écologie et la géographie des espèces médicinales en Afrique, ce qui pose des limites à la conservation de leurs précieux habitats. En outre, il n'est pas clair comment les niches et habitats réagissent au changement climatique mondial actuel et celui prédit dans le futur. Cette étude a utilisé des modèles de niche écologique (ENM) afin de comprendre les effets du changement climatique sur quatre plantes médicinales importantes et de commerce international en Afrique: l'arbre fruitier de poivre (*Dennettia tripetala*), l'olivier (*Olea europaea*), le bois rouge puant (*Prunus africana*) et le piment poison (*Rauvolfia vomitoria*). Nous avons développé des modèles de niche écologique en utilisant un algorithme génétique pour l'Ensemble des Règles de Prédiction (GARP) et l'analyse bioclimatique et le système de prédiction (BIOCLIM). Le modèle d'entrées des données a inclus les données climatiques (température et précipitations) et les dossiers d'occurrence des quatre espèces médicinales à travers l'Afrique. Les derniers documents ont été obtenus à partir de la porte ouverte des données de « Global Biodiversity Information Facility » (GBIF) et de plusieurs enregistrements de la littérature, y compris plusieurs collections ethno botanique à travers l'Afrique. Ces documents ont été utilisés pour produire des cartes géo-référencées indiquant les zones qui sont actuellement écologiquement approprié (1950-2000), à moyen terme (2020), et à long terme ou à des périodes futures (2050). L'évaluation du modèle a été basée sur la zone sous la courbe (AUC) en utilisant l'analyse de récepteur caractéristique de fonctionnement (ROC). Pour déterminer l'effet du changement climatique sur chaque espèce, nous avons développé des comparaisons détaillées de distributions actuelles et potentielles (2050). Les résultats ont montré que les deux modèles (BIOCLIM et GARP) avaient reconstruit avec succès les principales caractéristiques de la niche des espèces et la répartition géographique. GARP

était plus cohérente dans les capacités de prévision, mais les deux modèles étaient généralement similaires dans la prévision, avec les valeurs de test de l'ASC allant de 0,89 à 0,99 et de 0,92 à 0,97 pour BIOCLIM et GARP, respectivement. Les variétés potentielles pour *D. tripetala*, *P. africana* et *R. vomitoria* sont prédominants en Afrique occidentale, centrale et orientale, tandis que les zones favorables de *O. europaea* étaient situées dans le sud, et des parties de l'Afrique du nord. Les scénarios de changement climatique ont indiqué les contractions nettes de l'habitat pour *R. vomitoria* (-7,70%), *O. europaea* (-4,01%) et *P. Africana* (-2,62%), tandis que les bénéfices nets significatifs étaient prévu pour *D. tripetala* (9,97%). Dans l'ensemble, cela se traduit par 4,36% net changement climatique provoqué par la perte de l'habitat des espèces médicinales en Afrique. Le *R. vomitoria* a projetée à perdre l'habitat en Afrique centrale (République Démocratique du Congo, la République d'Angola et la République centrafricaine), mais gagner des variétés appropriées en Afrique de l'Est (l'Ouganda, la Somalie et le Kenya). Par contre, *O. europaea* devrait perdre du terrain en Afrique orientale (Tanzanie, Ethiopie et Madagascar), mais gagner en Afrique du Nord (Tunisie et Maroc) et Afrique du Sud (Botswana). Les gains d'habitat pour *D. tripetala* sont envisagés au Tchad, au Nigeria et au Soudan, et les pertes dans le bassin du Congo (République Démocratique du Congo et le Congo), et le Mali. Les habitats favorables de *P. africana* devraient se déplacer vers le sud de Mozambique, au Botswana et au Zimbabwe, avec une importante perte d'habitat en Angola, en République Démocratique du Congo et en Ouganda. Nos résultats ont fourni des preuves pour comprendre les zones appropriées pour la conservation et la bio-prospection des quatre espèces médicinales en Afrique. La plupart d'espèces considérées ont montré des contractions potentiels dans des niches en raison du changement climatique, d'où la nécessité d'élaborer des stratégies de conservation adaptées au climat de plantes médicinales importantes du continent.

Mots clés: Afrique, le changement climatique, la niche écologique, la perte d'habitat, les espèces médicinales
