UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Identification des zones importantes de conservation de la biodiversité au Burundi Utilisation des spécimens d'herbier

Ndayishimiye, Joël; Et al.

2021
UB, IRD
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/2160

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

Chapitre 11

Identification des zones importantes de conservation de la biodiversité au Burundi

Utilisation des spécimens d'herbier

Joël Ndayishimiye
Université du Burundi

Ezéchiel Ngendakumana
Université du Burundi

Mathias Hitimana
Université du Burundi

Jean Marie Vianney Manirakiza
Université du Burundi

Tatien Masharabu
Université du Burundi

Beth Kaplin
Université du Rwanda

Introduction

La diversité biologique est inégalement répartie sur l`ensemble du globe terrestre (Nicole *et al*., 2012). Grâce au développement des systèmes d'information géographique (SIG), la connaissance de la répartition de la biodiversité a progressé en Afrique et en particulier au Burundi (Ndayishimiye, 2011). Néanmoins, des études sont nécessaires pour mieux connaître cette répartition. Certaines zones demeurent en effet insuffisamment explorées et les connaissances sur la diversité spécifique restent fragmentaires à l'échelle de l'Afrique et en particulier au Burundi. Des études ont cependant été faites sur certaines familles dans le but d'analyser leurs modèles de répartition. Celles-ci ont été réalisées à des échelles spatiales plus grandes, comme l'Afrique centrale, ou même sur

l'ensemble du continent africain. On peut citer les travaux de Koffi *et al*. (2008) sur les Acanthaceae, ceux de Ndayishimiye (2011) sur les Fabaceae de l'Afrique centrale, de Droissart *et al.* (2012) sur les Orchidaceae et enfin les travaux de Tuo *et al*. (2017) sur les Rubiaceae de Côte d'Ivoire. Les principales conclusions de ces travaux montrent que des études à des échelles spatiales plus fines et sur plusieurs groupes taxonomiques sont nécessaires pour confirmer la concordance spatiale observée entre diversité spécifique et présence des espèces endémiques, et, *in fine,* pour identifier les zones de conservation.

Dans cette perspective, nous avons réalisé une étude à l'échelle du Burundi pour étudier les patrons de distribution de la richesse spécifique. L'objectif général de notre étude consiste à mettre en évidence les zones de haute diversité du Burundi sur la base des spécimens conservés dans l'*herbarium* de l'université du Burundi. Les spécimens d'herbier sont en effet de bons outils pour connaître la diversité spécifique d'une région (Figueira et Lages, 2019). Les objectifs spécifiques de notre étude étaient de connaître le degré d'exploration de la flore du Burundi et de cartographier les zones de plus grande diversité spécifique, évaluer la contribution des récolteurs à la connaissance de la flore du Burundi, évaluer l'exhaustivité de l'effort d'échantillonnage à l'aide des spécimens d'herbier. Les résultats issus de cette étude serviront de base pour orienter les inventaires floristiques à l'échelle du Burundi.

Matériels et méthodes

Base de données

Le matériel ayant servi à cette étude est constitué de 10 119 spécimens d'herbier qui sont conservés dans l'*herbarium* de l'université du Burundi (BJA). Il englobe uniquement une partie des spécimens de spermatophytes. Ces données ont été collectées sur tout le territoire national depuis la période d'exploration botanique au Burundi. En effet, la base de données exploitée contient des spécimens récoltés entre 1960 et 2012. Les éléments suivants ont été encodés dans la base de données : numéro d'identification de l'herbier, nom du récolteur, coordonnées géographiques, date de récolte, nom scientifique de l'espèce et localité de récolte. Cependant, certaines informations n'étaient pas renseignées sur les étiquettes d'herbiers.

Analyse des données

Pour cette étude, un système de maillage a été utilisé pour diviser le territoire national en mailles de forme carrée avec le logiciel Quantum GIS v.2.18 (http://www.qgis.org). Le choix de la taille d'une maille de 0,14°x 0,14°a été dicté par des études antérieures (Crisp *et al*., 2001 ; Koffi *et al*., 2008 ; Ndayishimiye *et al*., 2010 ; Ndayishimiye, 2011).

Une analyse des échantillons enregistrés chaque année de récolte a été réalisée. Cette analyse nous a permis de dresser une courbe cumulative du nombre de spécimens en fonction des années des prospections des travaux d'inventaires floristiques de terrain. La contribution des récolteurs a été appréciée en comptant le nombre d'échantillons qu'ils avaient récoltés individuellement. La diversité spécifique a été déterminée en comptant le nombre d'échantillons et le nombre d'espèces par maille. Cette analyse a montré la relation qui existe entre le nombre d'échantillons et la richesse spécifique. Ces données ont été cartographiées afin d'identifier les zones les plus échantillonnées et celles les plus riches. Une analyse de la répartition des collectes en fonction des mois de l'année a été faite. L'analyse de l'exhaustivité de l'échantillonnage a été réalisée grâce au logiciel EstimateS v.9.1.0 (Colwell, 2013). Les courbes d'accumulation de la richesse spécifique obtenues ont permis de prédire la nécessité, ou non, de réaliser d'autres inventaires.

Résultats

Analyse du degré d'exploration botanique au Burundi

La base de données réalisée comprend 10 119 échantillons répartis en 191 familles, 993 genres et 1 779 espèces. Ces données ne couvrent qu'une petite partie des herbiers conservés dans notre *herbarium*. Les récoltes de ces spécimens ont eu lieu entre 1960 à 2012, avec une période très intense d'exploration botanique entre 1970 et 1981 (fig. 1). Les explorations ont ensuite continué avec un rythme moins soutenu.

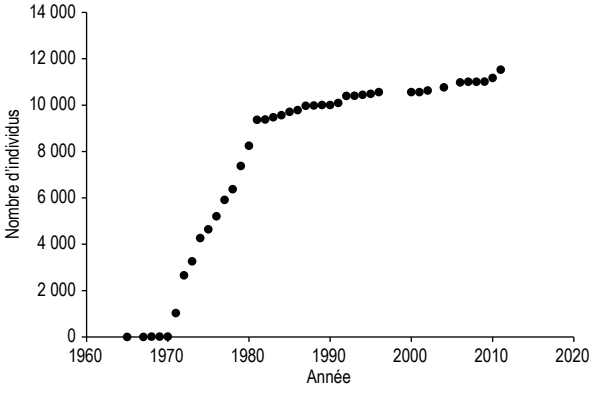


Figure 1
*Enrichissement de l'*herbarium *de l'université du Burundi en spécimens cumulés au cours du temps.*

Analyse de la contribution des récolteurs

L'analyse de la base de données indique une centaine de collecteurs qui ont contribué aux inventaires botaniques au Burundi. Néanmoins, dix seulement ont récolté au moins 90 échantillons. La principale contribution revient à M. Reekmans avec 6 889 échantillons (76,93 % de l'ensemble des récoltes), suivie de celle de J. Caljon (avec 549 spécimens, soit 5 %) et de P. Ndabaneze (avec 476 spécimens, soit 4,7 %). Enfin, 299 herbiers n'indiquent pas le nom des récolteurs (SR), soit 2,9 % des collections. Cent-trente récolteurs ont collecté moins de dix échantillons.

Identification des zones de haute diversité

L'analyse de la distribution spatiale des données montre que l'échantillonnage n'est pas uniforme à l'échelle du Burundi (fig. 4). Certaines zones ont été suffisamment explorées, alors que d'autres le sont moins. Les zones de grandes concentrations des récoltes sont observées dans la plaine de la Rusizi, à proximité de la ville de Bujumbura, une partie du parc national de la Kibira et dans les parties sud et est du pays. Le nombre d'échantillons varie de 1 à 2 352 échantillons par maille de 0,14° × 0,14°. Si on se réfère à la carte des aires protégées du Burundi, on constate que ces zones correspondent aux aires protégées.

Les mailles montrant la plus grande richesse spécifique (fig. 2A) sont également celles les plus prospectées, en se référant à la figure qui illustre la répartition des échantillons d'herbier récoltés entre 1965 et 2012 (fig. 2B). Les parties centre et nord-est du Burundi montrent une faible diversité spécifique. Ces zones correspondent aux régions avec une densité plus élevée de population.

On remarque cependant que peu de mailles ont été suffisamment explorées (fig. 3). En effet, sur les 136 mailles qui couvrent le Burundi, 28 contiennent plus de 100 espèces, soit 20 %. Ces résultats montrent qu'une grande partie de la richesse spécifique est concentrée sur une petite zone qui a été suffisamment échantillonnée par rapport au reste du Burundi.

Évaluation de l'exhaustivité d'échantillonnage

Les résultats de l'évaluation de l'exhaustivité de l'effort d'échantillonnage sont présentés dans la figure 4. Cette courbe d'accumulation de la richesse spécifique montre que plus on échantillonne, plus le nombre d'espèces identifiées augmente. La courbe n'a pas encore atteint son asymptote ; il est donc fort probable de découvrir encore de nouvelles espèces au Burundi. Cela est d'autant plus vraisemblable qu'une grande partie du territoire national n'a pas été prospectée (cf. *supra)*.

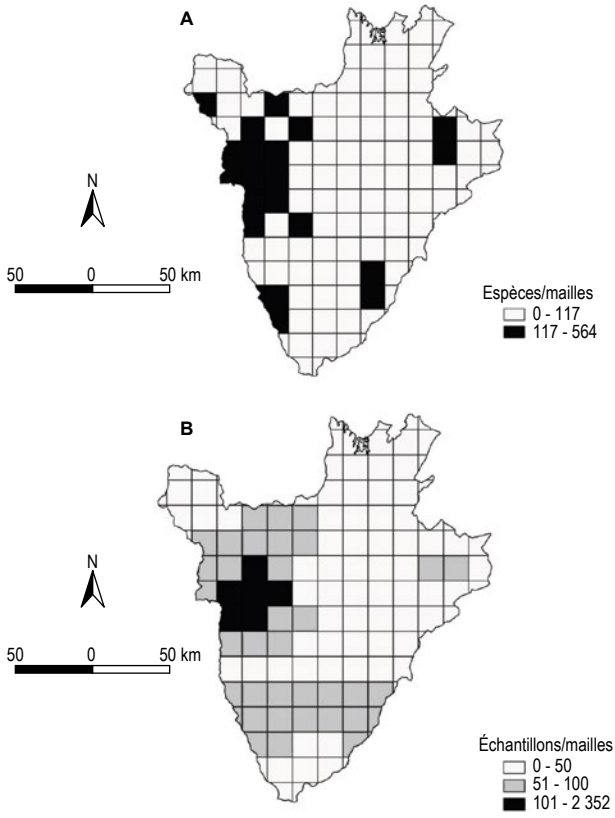


Figure 2

Les zones de grandes concentrations des collections et de haute diversité.
A. Répartition de la richesse spécifique au Burundi.
B. Répartition des échantillons de l'herbier récoltés entre 1965 et 2012.

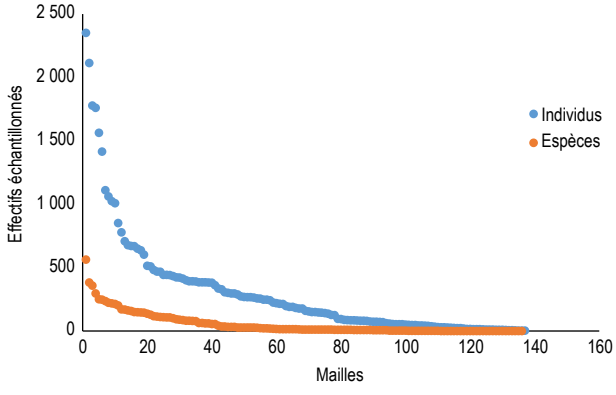


Figure 3

Relation entre la richesse spécifique et la densité de récolte.

Types de biais contenus dans les herbiers

D'après les résultats, les explorations botaniques se sont déroulées tout au long de l'année. Les mois de septembre, décembre, janvier, avril, mai et juin, sont caractérisés par des explorations intensives (fig. 5). En effet, les mois d'avril et de mai correspondent aux pics de floraison et de fructification de la majorité des plantes de la région d'étude, ce qui facilite l'identification des plantes par les chercheurs/récolteurs.

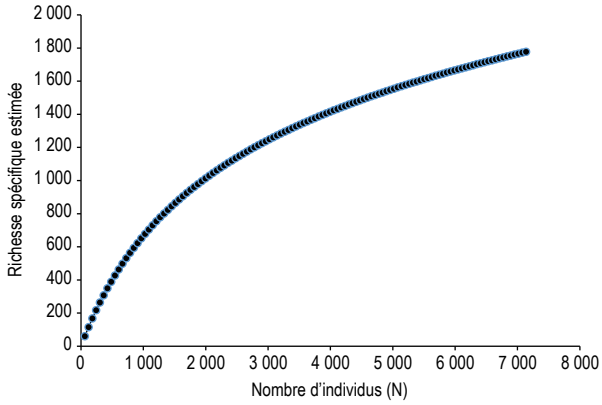


Figure 4

Courbe cumulée de la richesse spécifique en fonction de l'effort d'échantillonnage.

Les résultats ont été générés avec le logiciel EstimateS.

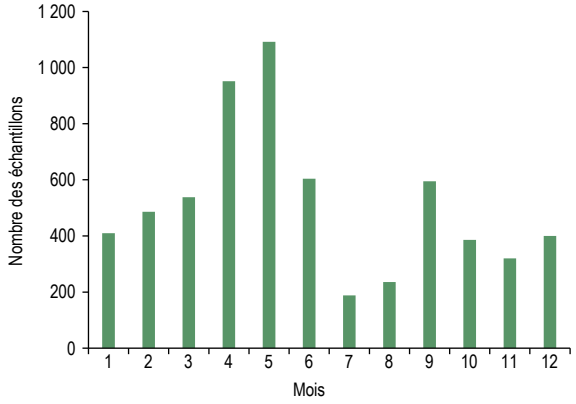


Figure 5

Répartition de l'effort d'échantillonnage en fonction des mois de l'année au Burundi.

Réalisé à partir des spécimens de l'*herbarium* de l'université du Burundi récoltés entre 1960 et 2012.

Discussion

Les données utilisées pour cette étude sont issues des résultats de prospection botanique qui ont eu lieu de 1960 à 2012. L'intervalle de 1970 à 1980 montre un pic des prospections (fig. 1). Selon la littérature, cette période correspond à d'intenses missions de prospection des chercheurs belges en Afrique. Ces résultats corroborent ceux de Ndayishimiye (2011) qui a obtenu les mêmes résultats en étudiant la distribution des Fabaceae d'Afrique centrale. Toutes ces collections ont été effectuées par 134 récolteurs dont M. Reekmans qui arrive en premier avec 76,93 % des échantillons récoltés et conservés à BJA. Par ailleurs, les explorations se sont déroulées tout au long de l'année : les mois les plus explorés sont, par ordre décroissant, mai, avril, septembre, juin, janvier et décembre (fig. 5). Mai et avril correspondent aux mois de fructification alors que juin coïncide avec le début des vacances, d'où une plus faible activité d'échantillonnage. Les explorations intenses en septembre s'expliquent par le début de la reprise de la saison des pluies, après une longue période de sécheresse.

Partant du principe que la richesse spécifique dans chaque maille révèle le niveau de prospection (Tuo *et al.*, 2017 ; Koffi *et al.*, 2017), on constate que certaines mailles ont été bien explorées, d'autres l'ont moins été (fig. 2).

Les mailles les plus prospectées se situent dans la partie occidentale, sud et est du Burundi. En effet, la répartition de la richesse spécifique coïncide avec celle des aires protégées et se situe à proximité des routes et des centres de recherche. Il existe donc un artefact de l'échantillonnage. Ces résultats sont validés par d'autres études sur des spécimens d'herbier (Koffi *et al*., 2008 ; Ndayishimiye, 2011). La richesse spécifique de la partie occidentale du Burundi est due à sa localisation dans le rift Albertin, une zone de *hot spots* caractérisée par un endémisme plus élevé (Kanyamibwa, 2013). Cette zone d'Afrique de l'Est nécessite une attention particulière car elle abrite plus de 50 % d'espèces d'oiseaux, 39 % de mammifères, 19 % d'amphibies, 14 % de reptiles et 14 % de plantes à l'échelle de l'Afrique (soit 5 793 espèces de plantes, Plumptre *et al*., 2003).

Le reste du territoire, le nord-est et le centre du Burundi, se caractérise par un faible effort d'échantillonnage. Ces résultats montrent qu'il existe des régions bien connues, d'autres moyennement ou mal connues (Billand, 2005 ; Koffi *et al*., 2008 ; Ndayishimiye *et al*., 2013). Du point de vue de la diversité spécifique, peu de mailles montrent une diversité élevée, soit 22 sur 28 mailles identifiées comme étant suffisamment explorées (fig. 4). Les mailles suffisamment explorées ne sont pas nécessairement les plus riches (Vallet *et al*., 2012). L'effort d'échantillonnage est encore insuffisant (fig. 5) puisque, en continuant à échantillonner, on collecte encore d'autres espèces. Ceci corrobore la théorie de la biogéographie des îles (Gros-Desormeaux *et al*., 2015 ; Robert *et al*., 2019). Ainsi, même s'il est très difficile de réaliser un inventaire national complet (Chevalier *et al*., 2010), des travaux d'exploration sont nécessaires dans les

zones insuffisamment explorées afin de confirmer la présence de nouvelles espèces au Burundi. D'autres types d'études taxonomiques sont également nécessaires pour, notamment, améliorer la connaissance sur les affinités des taxons du Burundi.

En plus d'être un inventaire sur l'ensemble du territoire burundais, cette étude pourrait également servir d'outil de planification des travaux d'exploration et de conservation. L'exploration botanique de l'Afrique tropicale est loin d'être achevée (Sosef *et al*., 2017).

Conclusion et perspectives

La conservation de la biodiversité nécessite une bonne connaissance de la répartition des espèces. Cette étude utilise des spécimens d'herbier comme outil d'identification des zones de haute diversité floristique. Elle fournit les éléments de base pour planifier la conservation de la diversité botanique du Burundi en se focalisant sur les zones de concentration de cette diversité. La carte de distribution des échantillons montre que la prospection botanique n'a pas été uniforme sur l'ensemble du territoire. Par ailleurs, les données utilisées contiennent des biais et leur interprétation doit être faite avec précaution. Les récoltes ont été souvent menées dans les sites faciles d'accès.

Les données utilisées dans cette étude sont celles conservées uniquement dans l'*herbarium* de l'université du Burundi. Il est nécessaire de les combiner avec celles conservées au nord du pays, surtout dans l'*herbarium* du jardin botanique de Belgique à Meise. De nouveaux inventaires pourraient compléter cette base de données et de nouvelles prospections pourraient être organisées dans les zones dont l'accès est difficile, afin d'augmenter le niveau de connaissance de la diversité floristique. Cette base de données ainsi complétée pourrait servir *in fine* de référence pour élaborer un catalogue de la flore du Burundi.

Remerciements

Les auteurs remercient le programme « Sud Expert Plantes Développement Durable » (SEP2D) qui a financé le projet sur la digitalisation et le renouvellement des collections de référence de l'*herbarium* de l'université du Burundi. Grâce à ce projet, une partie de la base de données a été rendue accessible et pourra continuer à être valorisée.

Références bibliographiques

Billand A., 2005
Biodiversité dans les forêts d'Afrique centrale : panorama des connaissances, principaux enjeux et mesures de conservation. *Source* : 63-94.

Chevalier R., Gautier G., Archaux F., 2010
Relevés floristiques pour le suivi de la biodiversité végétale des écosystèmes forestiers : éléments de réflexion pour faire les bons choix. *Revue forestière française*, 2 : 141-154.

Colwell R. K., 2013
EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples. Available at: http://purl.oclc.org/estimateS.

Crisp M. D, Laffan S, Linder H. P., Monro A., 2001
Endemism in the Australian flora. *Journal of Biogeography*, 28 : 183-198.

Droissart V., Hardy O. J., Sonke B., Dahdouh-Guebas F., Stevart T., 2012
Subsampling herbarium collections to assess geographic diversity gradients: a case-study with endemic Orchidaceae and Rubiaceae in Cameroon. *Biotropica,* 44 (1) : 44-52.

Figueira R., Lages F., 2019
« Museum and herbarium collections for biodiversity research in Angola ». *In* Huntley B., Russo V., Lages F., Ferrand N. (eds) : *Biodiversity of Angola*. Springer, Cham.

Gros-Desormeaux, J. R., Tupiassu L., Bastos R. Z., 2015
L'île et le vivant revisités dans la théorie de la biogéographique insulaire : les symptômes du syndrome d'insularité. *Revista Geoamazônia*, 3 (5) : 200-210. https://doi.org/10.17551/2358-1778/geoamazonia.v3n5p200-210

Kanyamibwa S., 2013
Albertine rift conservation status Report. *Albertine rift conservation series*, 1. Arcos Network. 1 : 1-103.

Koffi K. J., Champluvier D., Robbrecht E., El Bana M., Rousseau R., Bogaert J., 2008
« Acanthaceae species as potential indicators of phytogeographic territories in Central Africa ». *In* Dupont A., Jacobs H. (eds.) : *Landscape ecology research trends*. Nova Science Publishers.

Koffi K-J., Kouassi A.-F., Adou Yao C.-Y., Bakayoko A., Ipou I. J., Bogaert J., 2017
The present state of botanical knowledge in Côte d'Ivoire. *Biodiversity Informatics*, 10, 2015 : 56-64.

Ndayishimiye J., Sibomana S., Bigendako M. J, Lejoly J., Bogaert J., 2010
Diversité et distribution géographique des légumineuses de la flore du Burundi. *Bulletin scientifique de l'Institut national pour l'environnement et la conservation de la nature (INECN)*, 8 : 16-21.

Ndayishimiye J., 2011
Diversité, endémisme, géographie et conservation des Fabaceae de l'Afrique centrale. Thèse de doctorat, université libre de Bruxelles.

Ndayishimiye J., Stoffelen P., Bigendako M. J., Lejoly J., De Canniere C., Bogaert J., 2013
Détermination des zones potentielles de conservation de la biodiversité : un aperçu sur l'approche méthodologique basée sur la diversité spécifique et les espèces endémiques. *Bulletin scientifique de l'Institut national pour l'environnement et la conservation de la nature (INECN)*, 11 : 20-30.

Nicole D. G.-C., Adrian M., Shawn M. C. G., Bereket K., Munyarukaza J., 2012
Payments for ecosystem services in an African protected area: exploring issues of legitimacy, fairness, equity and effectiveness. *Oryx*, 46 (1) : 24-33.

Plumptre A. J., Behangana M., Ndomba E., Davenport T., Kahindo C., Kityo R., Ssegawa P., Eilu G., Nkuutu D., Owiunji I., 2003
The biodiversity of the Albertine rift. Albertine Technical Report Series, 3. Wildlife Conservation Society, New York.

Sosef M. S. M., Dauby G., Blach-Overgaard A., Van Der Burgt X., Catarino L., Damen T., Deblauwe V., Dessein S., Dransfield J., Droissart V., Duarte M. C., Engledow H., Fadeur G., Figueira R., Gereau R. E., Hardy O. J., Harris D. J., De Heij J., Janssens S., Couvreur T. L. P., 2017
Exploring the floristic diversity of tropical Africa. *BMC Biology*, 15 (1) : 1-23.

Robert A., Langagne T., Melo T., Gardette V., Julien S., Covas R., Gomez D., Doutrelant C., 2019
The theory of islands biogeograph and soundscapes: species, diversity and the organisation of acoustic communities. *Journal of Biogeography*, 46 : 1901-1911.

Thiers B., 2016
Index herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff. New York botanical garden's virtual herbarium. http://sweetgum. nybg.org/ih

Tuo F. N., Koffi K. J., Kouassi A. F., Kone M., Adama B., Bogaert J., 2017
Étude de la diversité, de l'endémisme et de la distribution spatiale des Rubiaceae de Côte d'Ivoire. International *Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11 (2) : 777.

Vallet J., Rambaud M., Coquel L., Poncet L. F. H., 2012
Effort d'échantillonnage et atlas floristique. Exhaustivité des mailles et caractérisation des lacunes dans la connaissance. *Comptes rendus-Biologies*, 335 (12) : 753-763.