



REPUBLIQUE DU BURUNDI
Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage

*Centre d'Echange
d'Information sur la Biodiversité*
CHM-BURUNDAIS

ISSN 2519-0113 (Imprimé)

**Bulletin scientifique sur
l'environnement et la biodiversité**

ISSN 2519-0121 (En ligne)



Bulletin Scientifique sur L'Environnement et la Biodiversité

Bulletin N°6



museum 

LA COOPÉRATION
BELGE AU DÉVELOPPEMENT **.be**

Bujumbura, avril 2024

BULLETIN N° 6

Bulletin Scientifique sur l'Environnement et la Biodiversité publié annuellement.

Siège de publication : Office Burundais pour la Protection de l'Environnement

Editeur : Centre d'Echange d'Informations en matière de Diversité Biologique, CHM (Clearing House Mechanism)

© OBPE-CHM. 2024

B.P. 2757 Bujumbura, Tél. : (257) 22234304

E-mail: obpe_burundi@obpe.bi, **Site web:** http://bi.chm-cbd.net

Comité de rédaction :

Rédacteur en Chef :

Prof BANGIRINAMA Frédéric, Ecole Normale Supérieure

Rédacteur en Chef Adjoint :

Prof. HABONIMANA Bernadette, Université du Burundi

Rédacteurs associés :

Ecologie : Dr. NDUWARUGIRA Déogratias, Université du Burundi

Conservation : Prof. MASHARABU Tatien, Université du Burundi

Valorisation des ressources naturelles : Dr NKENGURUTSE Jacques, Université du Burundi

Systématique : Prof. NDAYISHIMIYE Joël, Université du Burundi

Pollution : Dr. BIGUMANDONDERA Patrice, Université du Burundi

Risques et catastrophes naturelles : Dr. SINDAYIHEBURA Anicet, Université du Burundi

Comité scientifique :

1. Ecologie

Prof. NIYONKURU Charles, Université du Burundi

Dr. NDIHOKUBWAYO Noël, Ecole Normale Supérieure

Dr. SIBOMANA Claver, Université du Burundi

Dr. NDUWIMANA André, Université du Burundi

Prof. HAVYARIMANA François, Université du Burundi

Mr. NTASHAVU Dieudonné, Office Burundais pour la Protection de l'Environnement

Mr. NDAYIZEYE Liévin, Office Burundais pour la Protection de l'Environnement

Dr. MASUMBUKO Céphas, Université Officielle de Bukavu

Prof. BOGAERT Jan, Université de Liège

2. Conservation

Prof. NGEZAHAYO Frédéric, Ecole Normale Supérieure

Mr. MASABO Onesphore, Office Burundais pour la Protection de l'Environnement

Mr. NZIGIYIMPA Léonidas, Office Burundais pour la Protection de l'Environnement

Mr. FOFO Alphonse, Office Burundais pour la Protection de l'Environnement

Prof. BIZURU Elias, Université Nationale du Rwanda

3. Valorisation des ressources naturelles

Prof. NDUWIMANA André, Université du Burundi

Prof. NTAKARUTIMANA Vestine, Université du Burundi

Prof. NIZIGIYIMANA Libérate, Université du Burundi

Prof. NDAMANISHA Jean Chrysostome, Université du Burundi

Prof. NUSURA Hassan, Université du Burundi

Prof. HAKIZIMANA Paul, Université du Burundi

Prof. BIGENDAKO Marie José, Université Lumière de Bujumbura

CONTENU

La dégradation du littoral du lac Tanganyika au Burundi : approche multidisciplinaire

Ndayishimiye J., Ntakimazi G., Nsavyimana G., Sibomana C., Mpawenayo B., Nzigidahera B., Ndayikeza L., Vanhove Maarten P.M., Triest L., Janssens de Bisthoven L.....1-15

Vulnérabilité des espèces ligneuses du Parc National de la Kibira utilisées par les populations riveraines : cas du secteur Rwegura (Burundi)

Bimenyimana S., Nduwimana A., Habonayo R., Mbarushima D., Ndayikeza L.....16-28

Etude de la dynamique des principales espèces d'arbres de la forêt dense de Kigwena et de la forêt claire de Rumonge au Burundi

Hakizimana P., Habonimana B., Ndayishimiye J., Bangirinama F. & Masharabu T.29-37

Effets des extraits de feuilles de *Mangifera indica* L. sur certaines souches bactériennes et parasites intestinaux

Nizigiyimana L., Kwigize P. C. & Mpawenimana E.....38-47

Contribution à la caractérisation des plantes envahissantes des marais de la rivière Ruvubu

Igirukwishaka J.B., Bararunyeretse P., Habonayo R. & Bangirinama F..... 47-59

Recommandations pour un 'Centre d'échange pour l'Information' de la biodiversité plus performant en Afrique francophone en vue du Cadre Mondial pour la Biodiversité post-2020

Janssens de Bisthoven, L., Maman-Sani I., De Koeijer H., Ndayikeza L.....60-69

Dr. NIYONGABO Désiré, Ecole Normale Supérieure

Dr. NINEZA Claire, Université du Burundi

Dr. NIMENYA Nicodème, Université du Burundi

4. Systématique

Prof. NTAKIMAZI Gaspard, Université du Burundi

Prof. DUSHIMIRIMANA Séverin, Ecole Normale Supérieure

Prof. BANYANKIMBONA Gaspard, Université du Burundi

Msc. NDAYIKEZA Longin, Office Burundais pour la Protection de l'Environnement

Mme MANIRAKIZA Odette, Office Burundais pour la Protection de l'Environnement

Dr. Tania D'Haijere, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique

Mr. GAUGRY Yves, Flora Fauna & Man Ecological Services Ltd

5. Pollution

Dr. NSAVYIMANA Gaston, Université du Burundi

Dr. BISORE Simon, Ecole Normale Supérieure du Burundi

Msc. POLISI Alphonse, Office burundais pour la Protection de l'Environnement

Dr. LINA ALEKE Alex, Université Officielle de Bukavu

6. Risques et catastrophes naturelles

Prof. SABUSHIMIKE Jean Marie, Université du Burundi

Dr. BAKUNDUKIZE Charles, Université du Burundi

Dr. NDAYISENGA Aloys, Université du Burundi

Dr. SINDAYIHEBURA Bernard, Université du Burundi

Dr. NDAYIRAGIJE Samuel, Office Burundais pour la Protection de l'Environnement



La dégradation du littoral du lac Tanganyika au Burundi : approche multidisciplinaire

Ndayishimiye J.¹, Ntakimazi G.¹, Nsavyimana G.¹, Sibomana C.¹, Mpawenayo B.¹⁺, Nzigidahera B.¹⁺, Ndayikeza L.², Vanhove Maarten P.M.³, Triest L.⁴, Janssens de Bisthoven L.⁵

¹Université du Burundi, Centre de Recherche en Sciences Naturelles et de l'Environnement, Laboratoire de Biodiversité, Ecologie et Environnement, BP 2700 Bujumbura, Burundi.

²Office Burundais pour la Protection de l'Environnement (OBPE)

³Hasselt University, Centre for Environmental Sciences, Research Group Zoology: Biodiversity & Toxicology, AgoralaanGebouw D, 3590 Diepenbeek, Belgique

⁴VrijeUniversiteit Brussel

⁵Institut Royal Belge des Sciences Naturelles, Programme CEBioS, B-1000 Bruxelles, Belgique

Auteur correspondant: Ndayishimiye J. E-mail: j.ndavishimive@ub.edu.bi

Reçu: le 8 Août 2022

Accepté: le 1 Janvier 2023

Publié: le 10 Janvier 2023

RESUME

Une étude multidisciplinaire a analysé la dégradation des habitats du lac Tanganyika sur le littoral du Burundi. Plusieurs embouchures de rivières et la rive du lac ont été échantillonnées près de la ville de Bujumbura et dans la partie sud du pays et ceci pour une analyse à plusieurs niveaux : la physico-chimie, les diatomées, les macrophytes, les macro-invertébrés et les poissons. Les résultats obtenus sur la base de ces indicateurs démontrent que la rivière Kanyosha a plus de potentiel en qualité écologique, tandis que la rivière Muha et Ntakangwa semblent les plus polluées. La biodiversité est plus riche au sud (surtout les affluents Kamango, Murembwe et Rwaba). Outre la typologie des sites échantillonnés, tous les indices démontrent une dégradation générale des affluents du milieu côtier, et de manière plus accentuée au nord du lac, aux alentours de Bujumbura. Cette étude a pour objectif d'alermer la communauté scientifique et les décideurs au sujet de la dégradation progressive du lac, et d'émettre la nécessité de la mise en place d'un système de surveillance sur la dynamique de la biodiversité et la qualité de l'eau du Lac Tanganyika basés sur l'étude des bio-indicateurs comme base de décision et de gestion afin d'atténuer et arrêter la pollution et la dégradation alarmante du Lac.

ABSTRACT

A multidisciplinary study analysed the degradation of Lake Tanganyika habitats on the Burundian coast. Several river mouths and the lake shore were sampled near the city of Bujumbura and in the southern part of the country for analysis at several levels: physico-chemistry, diatoms, macrophytes, macro-invertebrates and fish. The results obtained based on these indicators show that the Kanyosha River has a lot of potential in terms of ecological quality, while the Muha and Ntakangwa Rivers seem to be the most polluted. The biodiversity is richer in the South (mostly the tributaries Kamango, Murembwe and Rwaba). In addition to the typology of the sampled sites, the indices show a general degradation of the tributaries of the coastal environment, and in a more accentuated way in the north of the lake, around Bujumbura. The objective of this study is to alert the scientific community and the decision makers about the progressive degradation of the lake, and to put forward the necessity of setting up a monitoring system on the dynamics of biodiversity and water quality of Lake Tanganyika based on the study of bio-indicators as a basis for decision making and management to mitigate and stop the alarming pollution and degradation of the lake.

I. INTRODUCTION

Le Burundi a adhéré à la Convention RAMSAR depuis 2002. Il a ratifié la convention sur la diversité biologique en 1997 et s'est engagé à créer un cadre Politique de conservation de la biodiversité (MEEATU, 2013). Dans le souci de mettre en application cette convention, le Gouvernement du Burundi a créé un certain nombre d'aires protégées réparties en parcs nationaux, en réserves naturelles, Monuments naturels et Paysages protégés (SNPAB, 2013). Compte tenu de l'intérêt écologique et socio-économique du lac Tanganyika, de nombreuses études se sont focalisées sur la biodiversité aquatique et la pêche (Evert 1980; Patterson et Makin, 1998; Allison et al., 2000; West, 2001; DeKeyzer et al., 2020). Ces auteurs ont montré que la surexploitation des ressources biologiques due à la grande pression sur le lac et l'utilisation des engins destructifs conduisent à la réduction de la potentialité halieutique et de la biodiversité. En ce qui concerne l'aspect pollution, quelques études ont été menées soit directement sur le lac Tanganyika ou sur certains de ses affluents (Vandelannoote et al., 1996; Hakizimana, 2006; Nahimana, 2007; Mudosa, 2009; Manirakiza, 2011; Lwikitcha, 2012; Ndikumana et al., 2013; Ntakiyiruta, 2013; Buhungu, 2013). Malgré cet effort du gouvernement dans la sauvegarde de la biodiversité, le Burundi ne dispose pas d'une documentation complète sur la faune et la flore du pays. Bien plus, l'Office Burundais pour la Protection de l'Environnement (OBPE) (ex-INECN : Institut National pour l'Environnement et la conservation de la Nature) créé pour faire face à l'action anthropique croissante sur les écosystèmes menacés afin de mettre en place une politique de conservation de la nature n'a que des données partielles. Les auteurs recommandent la mise en œuvre d'un programme intégré de surveillance environnementale, tout en ajoutant que des études complémentaires sur divers paramètres au niveau local sont nécessaires et urgentes. C'est dans ce contexte que se situe la présente étude au niveau du Burundi et effectuée par des chercheurs et étudiants

burundais et soutenus par des décideurs de l'OBPE. Vu les menaces qui pèsent sur le lac de la part de l'industrie pétrolière (Abila et al, 2016), il convient de bien mesurer le degré de dégradation actuel comme référence par rapport à de futures exploitations. Une étude sur les projets de surveillance du lac Tanganyika sur sa totalité a été présentée dans Plisnier et al. (2018), basée sur des données physico-chimiques, météorologiques et les pêcheries.

II. MATERIELS ET METHODES

II.1. Situation géographique et hydrologie

Quatre pays partagent les eaux du lac Tanganyika : le Burundi, la République Démocratique du Congo (RDC) à l'Ouest, la Tanzanie à l'Est et la Zambie au Sud. Sa longueur est de 650 km, sa largeur varie entre 30 et 40 km au nord et au sud alors qu'elle atteint 80 km dans sa partie médiane. Au niveau du Burundi sa largeur moyenne est de 25 km. La profondeur maximale n'est pas uniforme, elle est de 1350 m au nord et de 1470 m au sud (Evert, 1980 in Ndayizeye, 2011). Le lac Tanganyika est l'un des grands lacs d'Afrique, deuxième lac africain par sa superficie après le lac Victoria et le deuxième au monde par son volume et sa profondeur après le lac Baïkal. L'eau qui alimente le lac provient d'une part de la pluie tombant directement sur le lac mais aussi des rivières qui s'y jettent. Les affluents de ce lac sont très nombreux. Les principales sont la Malagarazi et la Rusizi. Cette dernière, située dans la partie nord du lac, évacue principalement les eaux en provenance du lac Kivu.

II.2. Sites échantillonnés et typologie

Une équipe multidisciplinaire de l'Université du Burundi et de l'OBPE a entrepris un échantillonnage systématique d'un nombre de sites au nord du Burundi, aux alentours de la capitale Bujumbura, ainsi que tout au long du rivage du lac jusque pratiquement à la frontière avec la Tanzanie (Fig. 1 et 2).



Figure 1: Localisation des sites d'échantillonnages aux alentours de Bujumbura.

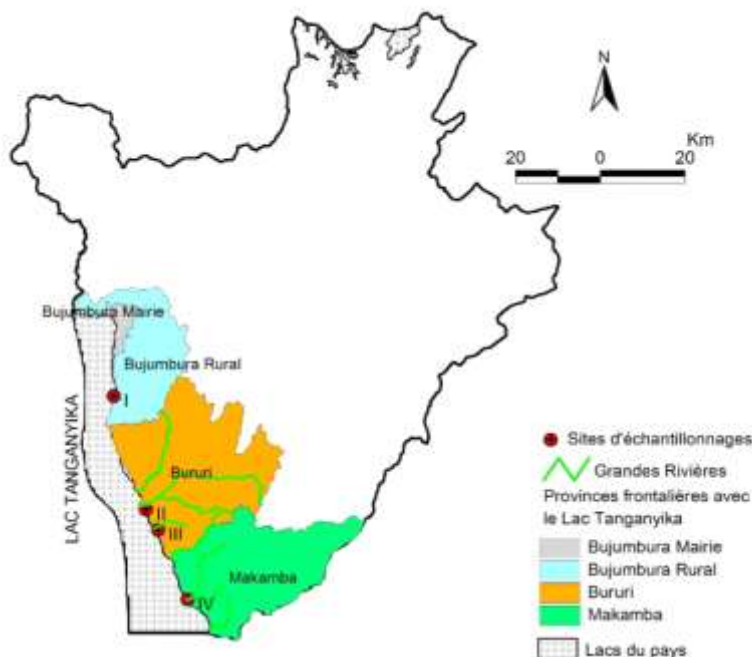


Fig. 2. Localisation des échantillonnages sur le littoral du Lac Tanganyika de la partie sud du Burundi. I=rivière Nyamusenyi, II=rivière Kamango, III= rivière Murembwe et IV= rivière Rwaba.

Le but est d'établir une estimation de la dégradation côtière du lac au moyen de l'identification de taxons de diatomées, macrophytes, macro-invertébrés et poissons, et ceci accompagné d'une analyse physico-chimique (Tableau 1). Le choix des sites d'échantillonnage repose sur l'accessibilité aux chercheurs et la

représentativité de la charge de polluants déversée dans le lac. Comme le lac est le récipient de tout le bassin versant est (territoire du Burundi), nous avons choisi d'étudier les embouchures des rivières qui se jettent dans le lac. Il s'agit donc principalement de points de pollution du lac, donnant ainsi une idée de la menace sur le lac. Il va

de soi, que cette dégradation « à la source » ne représente pas la dégradation générale ou « moyenne » de l'eau du lac, qui certainement est atténuée ou diluée par le volume d'eau gigantesque, mais l'état écologique enregistré donne une bonne approximation de la qualité des rivages du lac, qui sont essentiels pour toute la biodiversité du lac, en tant que lieux de frayères et de nutrition et refuge pour la plupart des

organismes, y compris les poissons pélagiques, essentiels pour la pêche. En d'autres termes, une bonne qualité des embouchures des rivières et des rivages adjacents est le garant d'une bonne qualité écologique du lac (sous condition d'une pêche durable). Une mauvaise qualité sur ces points côtiers reflète en revanche le potentiel de menace pour le lac.

Tableau 1 : Échantillons par type d'organisme

Type d'échantillon	Date (2016)	
	Saison sèche	Saison pluvieuse
Physico-chimie (embouchure, 50 m et 250 m) données ensemble (que le nord)	31-8-2016 et 23-9-2016 (Kinyankonge, Kumase, R1, 2, 3, 4, 5, Muha, Kanyosha) embouchures	15-11- 2016 et 14-3- 2017(Kinyankonge, Kumase, R1, 2, 3, 4, 5, Muha, Kanyosha) embouchures, 50 m lac, 250 m lac
Diatomées (données ensemble)	1-9-2016 (Kanyosha, Muha, Ntakangwa) 29-9-2016 (Kamango) 30-9-2016 (Rwaba) 28-10-2016 (Nyamusenyi) 29-10-2016 (Murembwe)	15-12-2016 (Kanyosha, Muha) 16-12-2016 (Ntakangwa) 7-12-2016 (Murembwe) 8-12-2016 (Kamango, Nyamusenyi, Rwaba)
Macrophytes	1-9-2016 (Kanyosha, Muha, Ntakangwa) 29-9-2016 (Kamango) 30-9-2016 (Rwaba) 28-10-2016 (Nyamusenyi) 29-10-2016 (Murembwe)	15-12-2016 (Kanyosha, Muha) 16-12-2016 (Ntakangwa) 7-12-2016 (Murembwe) 8-12-2016 (Kamango, Nyamusenyi, Rwaba)
Macro-invertébrés (5 points en transect à partir de l'embouchure jusque dans le lac, mais à différentes dates, toutes les données ensemble)	octobre 2016 (Ntakangwa, R3, Kanyosha) septembre 2016 (Nyamusenyia, Murembwe, Kamango, Rwaba)	mars 2017 (Ntakangwa, R3, Kanyosha) février 2017 (Nyamusenyia, Murembwe, Kamango, Rwaba)
Poissons Données par saison au sud	2 nd e moitié de septembre à octobre (Rusizi, Ntakangwa, R3, Kanyosha) 11-11-2016 (Gatororongo) 4-11-2016 (Murembwe) 12-11-2016 (Kigwena) 2-11-2016 (Rwaba)	décembre (Rusizi, Ntakangwa, R3, Kanyosha) 20-12-2016 (Gatororongo) 21-12-2016 (Murembwe) 22-12-2016 (Kigwena) 23-12-2016 (Rwaba)

Tableau 2 : Typologie des sites étudiés.

Sites sur le littoral du Lac Tanganyika du nord au sud	Typologie des sites	Types d'activités humaines et pressions anthropogéniques	Analyses				
			chimie	diatomées	macrophyte	Macro-invertébrés	poissons
NORD							
Rivière Rusizi	Le site I (Rusizi) se trouve à 14 km de Bujumbura, jusqu'en face de Parc National de la Rusizi. Sa latitude est de 29°17.430' et 3°21.269' de longitude Est. L'estuaire de la rivière du même nom est une plaine avec une pente très faible, ceinturée par une végétation quasi continue de <i>Phragmites mauritianus</i> . La profondeur dans le lac ne dépasse pas 2m. Ce site qui correspond à la zone de mélange entre les eaux de la rivière et celle du lac et est caractérisé par des eaux bleues et claires par temps calme, devenant troubles lorsque les vents et les vagues soulèvent les alluvions du fond pour les faire passer en suspension.	Parc national, protection, tourisme, pêche					X
Rivière Kinyankonge	La rivière Kinyankonge prend son origine dans la rivière Gikoma au niveau de la traversée de la route nationale (RN9) au nord de la ville de Bujumbura, coule d'est en ouest, puis contourne les rizières du côté ouest et change de direction pour continuer du nord-est en sud-ouest.	Elle passe entre les zones Ngagara et Buterere tout près de la STEP de Bujumbura et de l'industrie SAVONOR (Abutip, 2017).	X				
Collecteur «Kumase»		Le collecteur «Kumase» passe tout près de l'usine AFRITAN qui traite des peaux d'animaux en vue de la fabrication des chaussures, ceintures et autres produits en cuir. En analysant les eaux usées qui passent dans ce collecteur, rien qu'à la vue, on constate qu'elles sont un peu particulières (noirâtres et présentent une odeur insupportable).	X				
Embouchure de la Ntakangwa	Le site II (Ntakangwa) est situé non loin de l'embouchure de rivière Ntakangwa, laquelle traverse la ville de Bujumbura. Son altitude est de 776m avec une latitude de 03°22, 340' et longitude 029°20, 085'. Le substrat du fond et au bord du lac est sablonneux et vaseux. La végétation littorale est dominée par des <i>Phragmites mauritianus</i> et	Brasserie, tannerie, rejet de la station d'épuration, agriculture dans le bassin versant, eaux usées, hydrocarbures des stations d'essence, etc. Rejets en provenance de la ville et de la Compagnie BRARUDI et érosion dans le bassin versant. Les effluents de certains	X	X	X	X	X

	<i>Cyperus papyrus</i> où se mêlent des Commelinaceae et des touffes de jacinthe d'eau. L'eau du lac y est généralement chargée par les alluvions amenées par la rivière voisine et le brassage qui fait remonter les sédiments du fond.	quartiers ainsi que les rejets des industries (BRARUDI, RAFINA, AFRITEX, l'abattoir de Bujumbura)					
Collecteur R3 d'eaux pluviales situé en bas du cercle nautique (REGIDESO)	Le site III (Régideso) est situé au large de la ville de Bujumbura, entre le port et la station de pompage de la Régideso. Ce site a une altitude de 775m avec 03°22, 949' de latitude et 029°20, 963' de longitude Est. Cette zone reçoit les eaux de deux déversoirs d'usées de ville. Cette ancienne plage sablonneuse avec des substrats devenant de plus en plus vaseux est envahie par une végétation constituée de <i>Phragmites</i> , de <i>Potamogeton</i> et de Commelinaceae a un fond mou vaseux. De coordonnées géographiques 03o22'949'' de latitude Sud et 029o20'085'' de longitude Est, elle est située à quelques mètres de la route Avenue qui mène au port de Bujumbura, dans le quartier Industriel et reçoit les eaux usées en provenance de la ville.	Eaux usées, hydrocarbures des stations d'essence, agriculture dans le bassin versant, rejets en provenance de la ville et du bassin versant. La première partie du canal, très proche de la route, a un substrat bétonné ; tandis qu'à une dizaine de mètres vers le lac, le canal présente un substrat caillouteux et sablonneux avec beaucoup d'autres résidus organiques provenant des macrophytes. L'eau du cana est verdâtre, témoignant d'une eutrophisation probablement due à une grande charge en nutriments et en matières organiques apportés par les eaux. Cette station est plus riche en végétation de macrophytes aquatiques.	X	-	X	X	X
Collecteurs «R ₁ », «R ₂ », «R ₄ » et «R ₅ »	Eaux usées, hydrocarbures des stations d'essence, agriculture dans le bassin versant. En vue de faciliter l'évacuation des eaux pluviales et éviter l'inondation dans le centre-ville de Bujumbura, il avait été mis en place des collecteurs municipaux (R1, R2, R3, R4 et R5) qui débouchent vers le lac Tanganyika. Tous ces collecteurs sont concentrés dans la zone située entre le cercle nautique de Bujumbura (CNB) et le port de Bujumbura (NDIKUMANA et al., 2013). Rien qu'en saison sèche, on voit des eaux qui traversent ces collecteurs. Selon MPAWENAYO (2008), les collecteurs R1 et R2 séparent les quartiers Asiatique et Kabondo et atteignent le lac Tanganyika tout en passant respectivement de part et d'autre du CNB. Le collecteur R3, souligne cet auteur, traverse le quartier Asiatique. Les collecteur R4 et R5 longent le quartier industriel dans sa partie sud-ouest et aboutissent le lac Tanganyika tout près du port de Bujumbura (NDAYAHOZE, 2011).	Rejets en provenance de la ville et du bassin versant. Dans certains quartiers de bas standing, souligne cet auteur, on constate que les eaux de lessive, de douches et des éviers de cuisine sont déviées et envoyées vers les collecteurs municipaux ou rivières qui les traversent.	X				
Rivière Muha	Rejets en provenance de la ville et érosion dans le bassin versant. La rivière Muha prend source dans les Mirwa et traverse les zones Rohero, Musaga et Kinindo.	Eaux usées, hydrocarbures des stations d'essence, etc. Les travaux d'extraction des matériaux de construction ainsi que les dépôts	X	X	X	-	-

	La profondeur de la rivière pendant la saison sèche varie entre 4,5 et 25 cm et peut atteindre 100 cm en saison des pluies. La hauteur des berges varie entre 1,1 et 3 m tandis que la largeur des lits varie de 11,8 à 37,2 m (MPAWENAYO et NIYONDIKO, 2013).	des déchets s'observent aux alentours de cette rivière.					
Rivière Kanyosha	Le site IV (Kanyosha) se trouve à proximité de la rivière Kanyosha, à la périphérie Sud de la ville de Bujumbura. Ce site présente une altitude de 778m, une latitude Sud de 03°26, 026' et une longitude Est de 029° 20, 505'. Le substrat y est aussi sablonneux et vaseux. La végétation littorale inondée et semi-inondée est dominée par les <i>Phragmites mauritanus</i> , <i>Typhadomingensis</i> , <i>Potamogeton</i> sp. et <i>Eichornea crassipens</i>	La station est située dans une partie non traversée par beaucoup de canaux collecteurs, mais bon nombre d'autres polluants peuvent être signalés entre autres les polluants provenant des eaux de ruissellement (contaminées par les différents produits utilisés dans l'agriculture qui se pratique dans le bassin versant), les eaux usées domestiques en provenance des quartiers riverains et les hydrocarbures provenant des stations d'essence traversent les zones Kanyosha, Musaga et Kinindo. Dans ces trois zones, les déchets (solides et liquides) sont rejetés aux alentours des ménages (Nkejimana, 2011).	X	X	X	X	X
SUD							
Rivière Nyamusenyi (Gatarorongo)	Le site se trouve à 29 km sur la route nationale N °3. On est à 3°37'7" de Latitude Sud, à 29°20'33" de Longitude Est et à une altitude de 777 m. Il se trouve en bas des contreforts au relief très accentué, qui se prolonge dans le lac pratiquement sans rupture. La végétation dominante est constituée essentiellement de <i>Phragmites mauritanus</i> et de <i>Vossiacuspidata</i> . Le substrat lacustre est rocheux et graveleux, les roches sous l'eau étant recouvertes d'une couche d'algues. Le long des berges, les activités agricoles y sont intenses ; la végétation naturelle y a pratiquement été remplacée par les cultures.	Plantations de palmiers. La sédimentation est très prononcée au niveau de l'embouchure de la rivière Nyamusenyi à Gitaza où d'importantes superficies ont été emportées. Dans toutes ces rivières, on observe l'extraction du sable et du gravier, la surpêche, le prélèvement incontrôlé de <i>Phragmites mauritanus</i> pour multiple usages et le défrichage des terrains à des fins agricoles qui constituent une menace importante.	-	X	X	X	X
Rivière Kamango (Kigwena réserve)	La station de Kigwena est à 85 km de Bujumbura, à 4°6' de Latitude Sud, à 29°29'27" de Longitude et à une altitude de 773m. Près du lac, se trouve une aire protégée, la Réserve forestière de Kigwena, traversée par un petit cours d'eau, la rivière Kamango. C'est au voisinage de l'embouchure de celle-ci que nous avons fait notre étude. Le substrat sous eau est de type sablonneux et la végétation semi-inondée est constituée essentiellement de <i>Phragmites mauritanus</i> et <i>Vossiacuspidata</i> . Aucune activité agricole n'y est pratiquée.	Réserve forestière de Kigwena. Dans toutes ces rivières, on observe l'extraction du sable et du gravier, la surpêche, le prélèvement incontrôlé de <i>Phragmites mauritanus</i> pour multiple usages et le défrichage des terrains à des fins agricoles qui constituent une menace importante.	-	X	X	X	X

Bulletin Scientifique sur l'Environnement et la Biodiversité

Rivière Murembwe	Le nom du site est celui de la rivière dont l'embouchure se trouve à proximité. On est juste au Sud de la ville de Rumonge, à 78 km de Bujumbura, à 4°00'42" de Latitude Sud, 29°25'40" de Longitude Est et à une altitude de 776 m. Le substrat sous eau est uniformément sablonneux. La végétation sur les berges est constituée en grande partie de phragmites.	Près de la réserve naturelle forestière de Bururi. Dans toutes ces rivières, on observe l'extraction du sable et du gravier, la surpêche, le prélèvement incontrôlé de <i>Phragmites mauritianus</i> pour multiple usages et le défrichage des terrains à des fins agricoles qui constituent une menace importante.	-	X	X	X	X
Rivière Rwaba	Rwaba est aussi un affluent du lac Tanganyika. Le site d'étude est l'embouchure de cette rivière, située à 125 km de Bujumbura à 4°20'42" de Latitude Sud, 29°35'14" de Longitude Est et à une altitude de 774 m. Le substrat y est sablonneux et la végétation semi-inondée dominée par de <i>Phragmites mauritianus</i> et de <i>Vossiacuspidata</i> . Une agriculture extensive est pratiquée près de l'embouchure.	Dans toutes ces rivières, on observe l'extraction du sable et du gravier, la surpêche, le prélèvement incontrôlé de <i>Phragmites mauritianus</i> pour multiple usages et le défrichage des terrains à des fins agricoles qui constituent une menace importante.	-	X	X	X	X

II.3. Analyse et échantillonnages

Physico-chimie

Certains paramètres ont été mesurés in situ (pH, température, turbidité, conductivité et débit des affluents). Pour d'autres paramètres néanmoins, des échantillons représentatifs ont été transportés au laboratoire de chimie et d'analyses environnementales (LCAE) de l'Université du Burundi afin d'y subir des analyses qui ont porté sur les principaux paramètres indicateurs de pollution suivants: Demande Chimique en Oxygène (DCO brute), Demande Biochimique en Oxygène (DBO5 brute), Carbone Organique Total (COT), Matières en suspension (MES), Matières volatiles en suspension (MVS), Matières décantables, Azote total (NT), Phosphore total (PT), Oxygène dissous, Métaux lourds (Chrome, Cobalt, Zinc, Cuivre, Manganèse, Fer et Plomb), dureté (totale, calcique et magnésienne), TA, et TAC. En exploitant des valeurs de débits ainsi que les teneurs des différents paramètres analysés, du moins au niveau de l'embouchure, nous pouvons évaluer les flux des polluants (aussi appelés charge polluante par jour) qui atteignent la zone littorale nord-est du lac Tanganyika située du côté de la ville de Bujumbura/Burundi. Ainsi, le tableau 3 ci-dessous nous donne la synthèse de cette charge polluante.

Diatomées

Notre étude a porté sur les diatomées des trois stations à savoir l'embouchure de la rivière Kanyosha, celui de la rivière Muha et celui de la Ntahangwa. La détermination des espèces de diatomées a été effectuée à l'aide des ouvrages de Hustedt (1930), Gasse (1986), Germain (1981), Mpawenayo (1996), Patrick et Reimer (1966,1975). Krammer et Lange-Bertalot (1988, 1991, 1997) et Van Meel (1954) ont été consultés pour l'identification des genres et des espèces.

Macrophytes

Cette étude a été effectuée au niveau des zones humides de bordure du lac Tanganyika sur les embouchures des rivières Ntahangwa, Canal collecteur R3 en bas du cercle nautique, Muha et Kanyosha (Figure 1). La méthode utilisée est celle de collecte systématique et aléatoire. Ces rivières connaissent des crues très violentes qui apportent directement d'importants sédiments et déchets de toutes sortes. A part la rivière Rusizi, les autres rivières ci-hauts citées traversent la ville de

Bujumbura. Le tableau 1 présente la typologie des sites étudiés. Pour des raisons techniques, les activités de terrain se sont déroulées du 31 Août 2016 jusqu'au 31 mars 2017 (Tableau 1). Deux saisons ont été couvertes par notre échantillonnage. La période de fin de saison sèche (grande saison sèche) et la période pluvieuse correspondent en réalité au début de la saison pluvieuse. Au total, trois missions de terrain ont été réalisées et chaque fois au même endroit pour le suivi de la dynamique de la végétation. Pour les espèces non déterminées sur terrain, nous avons fait recours à l'herbarium de l'Université du Burundi de la Faculté des sciences, accompagné des ouvrages de Troupin (1978-1988), Troupin (1982) et Troupin (1966). L'étude sur la partie sud porte essentiellement sur les macrophytes de bordure du littoral du Lac Tanganyika et a été réalisé sur les zones inondables du sud de la ville de Bujumbura à l'embouchure des rivières Nyamusenyi, Murembwe, Kamango et Rwaba. L'échantillonnage a été réalisé suivant un transect tracé perpendiculairement à la rive du lac. Des points ayant des profondeurs différentes, des courants d'eau différents, bordés ou pas par une végétation en suivant ledit transect ont été identifiés. Les échantillonnages s'opéraient sur 5 points à raison de dix prélèvements par station d'étude et par une sortie, et cela dans le but d'homogénéiser les données.

Macro-invertébrés

Les 5 points d'échantillonnage par site ont été choisis comme suit :

- Point 1 (P1) se trouvant dans la rivière à environ 50 m de l'embouchure,
- Point 2 (P2) se trouvant dans la rivière à environ 25 m de l'embouchure,
- Point 3 (P3) se trouvant à l'embouchure,
- Point 4 (P4) se trouvant dans le lac à environ 25 m de l'embouchure,
- Point 5 (P5) se trouvant dans le lac à environ 50 m de l'embouchure.

Pendant l'échantillonnage, nous nous sommes référés à la méthode proposée par Martens (1998), consistant en l'utilisation d'une benne Ekman. Les sédiments échantillonnés contenant les macro-invertébrés étaient amenés au laboratoire du Département de Biologie de la Faculté des

Sciences pour être triés et fixés le même jour. L'identification a été rendue possible grâce aux différentes clés de détermination et d'ouvrages appropriés comme Tachet *et al.* (2010), Forcellini *et al.* (2012). L'identification taxonomique a été déterminée en fonction de la morphologie des individus et s'est limitée à la famille compte tenu des clés de détermination disponibles mais aussi de l'insuffisance des références à la suite des travaux limités sur les macro-invertébrés benthiques en général, et sur ceux du milieu étudié en particulier.

Poissons

La collecte des poissons sur terrain a été effectuée à l'occasion de deux séries d'échantillonnage de pêche en septembre et décembre 2016, soit à la fin de saison sèche et pendant la saison des pluies. Nous avons effectué deux séries d'échantillonnages une fois dans la deuxième moitié de septembre à octobre 2016 et une fois en décembre 2016. Comme la première série correspond à une période de transition entre la saison sèche et la saison pluvieuse, les résultats des deux séries ne pourront malheureusement pas

servir de base pour comparer les saisons climatiques. Pour l'échantillonnage des poissons : deux séries de filets maillants étaient formées chacune de 12 nappes de filets de 5 m de longueur, avec des mailles successivement de 8, 10, 12, 15, 18.5, 22, 25, 30, 33, 38, 45 et 50 mm nœud à nœud ; la longueur totale du filet était ainsi de 60 m x 2, soit 120 m sur le site, et une profondeur d'environ 15 m. Pour la capture des alevins : une grande épuisette conique de 50 cm de diamètre et un mètre de profondeur sur laquelle est monté une moustiquaire en toile. Les filets étaient posés parallèlement à la berge, généralement de 8 heures à 14 heures, soit une pose de 6 heures. Ramenés à la plage, les poissons étaient démaillés et rassemblés dans un seau. Tous les poissons capturés sur le terrain ont été, pour chaque échantillon, triés par morpho-species. Chaque espèce a ensuite été identifiée en se servant d'ouvrages disponibles, dont Poll (1953,1956), Brichard (1989), Konings et Diecktof (1992), Axelrod (1991) et le site www.fishbase.org. Les individus de chaque espèce étaient ensuite mesurés (longueur totale en mm) et pesés (poids total en g).

III. RESULTATS ET DISCUSSION

Le Tableau 2 reprend la typologie des sites échantillonnés et donne, complété par les données physico-chimiques (que les sites nord à cause de problèmes logistiques) du Tableau 3, un aperçu des menaces de pollution sur la biodiversité et la qualité écologique des affluents du lac. Nous constatons une charge polluante, compte tenu des paramètres DCO_{brute} , DBO_{5brute} et Carbone Organique Total, très élevée au niveau du collecteur Kumase ainsi qu'au niveau des autres sites d'échantillonnage. Ce collecteur municipal véhicule une charge polluante très élevée en ces paramètres ci-haut cités même si le débit de cet affluent semble être inférieur à celui des autres affluents étudiés. Ces données montrent qu'il faut fournir beaucoup d'effort pour réduire les risques graves associés à ces eaux usées apportées par ce collecteur municipal, notamment pour la prévention de la contamination de l'eau et de la vie aquatique. La rivière Ntakangwa transporte également des flux polluants non négligeables et comme cause, nous penserions notamment aux rejets de l'abattoir de Kigobe, rejets sauvages issus des zones traversées par cette rivière ainsi qu'aux rejets de la brasserie de Bujumbura. Concernant les charges polluantes associées aux MES et aux MVS, les valeurs élevées s'observent au niveau de la Kanyosha qui, par son haut débit, transporte d'énormes quantités de pollution particulière vers

cet écosystème lacustre, le lac Tanganyika. Comme signalé auparavant, cette charge polluante serait due à l'érosion au niveau des montagnes que cette rivière traverse. Les différentes quantités des polluants apportés quotidiennement par les affluents qui ont fait l'objet de notre étude révèlent un caractère alarmant du fait qu'elles s'accumulent avec les années. Comme solution, on peut penser à agir au niveau des sources de ces pollutions et donc identifier au niveau de la ville de Bujumbura les activités anthropiques et maîtriser la pollution au niveau du site où elle est produite.

Sur base des résultats obtenus sur les flux des polluants en métaux, il est clair que la charge polluante en métaux n'est pas à négliger à cause de leur capacité de s'accumuler dans la chaîne alimentaire. Par exemple pour la rivière Kinyankonge, une valeur de 18,24 kg/j de Fer obtenue en novembre porte des inquiétudes sur la formation du sulfure de Fer, dangereux dans les milieux aquatiques et pour la santé humaine. Pour le Chrome, la valeur de 3,977 kg/j rejetée dans le lac par la rivière Ntakangwa n'est pas aussi négligeable vu les effets du chrome sur la santé humaine car selon Santé Canada (2017), le Chrome provoque le grossissement du foie et l'irritation de la peau ainsi que du tractus gastro-intestinal et des voies respiratoires. Les activités industrielles et

artisanales (bijouteries par exemple) exercées dans la ville de Bujumbura constituent la source des métaux lourds. Nos résultats sur le pH montrent que ce paramètre varie moins comparativement à d'autres paramètres mesurés dans notre étude. Au niveau de l'embouchure, le pH varie entre 6,69 et 8,8 en saison sèche puis entre 7,2 et 8,7 en saison des pluies. A 50 m et 250 m respectivement vers l'intérieur du lac, le pH varie entre 8,58 et 9,01 puis entre 8,63 et 9.

Le MDDEFP (2013) a établi un guide des critères de qualité d'eau de surface qui fixe une gamme des valeurs de pH comprise 6,5 et 8,5 pour la prévention de la contamination de l'eau et des organismes aquatiques et une gamme des valeurs de pH comprise 6,5 et 9 pour la protection de la vie aquatique. Au regard du pH, connu pour être très stable pour le lac Tanganyika, nous constatons que la biodiversité vivant dans notre zone d'étude n'est pas du tout sous contrainte particulière. Les résultats sont présentés dans le Tableau 3.

Tableau 1: charge polluante, sites nord

Paramètres	Ntakangwa		Kanyosha		Muha		Kinyankonge	Kumase	R3
	Août	Mars	Novembre	Mars	Novembre	Mars	Septembre	Novembre	Mars
MES (kg/j)	2447,9	43364,9	52390	18944	22295,5	17782,9	718,2	15657,4	171,9
MVS (kg/j)	-	3942,2	5821,1	3788,8	2675,4	2540,4	719,7	903,3	0
Oxygène dissous (kg/j)	33,04	157,7	279,4	181,9	46,8	149,9	-	0	11,2
Dureté totale (kg CaCO ₃ /j)	823,7	2337,8	1472,7	1060,9	933,7	1796	1761,9	782,9	383,9
Dureté calcique (kg/j)	172,6	441,5	325,98	193,2	182,8	414	237,7	88,2	63,5
Dureté magnésienne (kg/j)	95,4	299,6	162,99	140,2	115,9	185,4	283,7	136,7	53,5
DCO brute (kg O ₂ /j)	275,4	2168,2	9895,9	3409,9	1783,6	9653,6	790	15175,6	42,98
DBO5 brute (kg O ₂ /j)	61,2	275,9	611,2	75,8	34,2	152,4	592,5	1073,4	592,5
COT (kg/j)	40,4	197,1	209,6	136,4	69,6	121,9	63,2	996	6,2
Azote total (kg/j)	20,8	51,2	40,7	22,7	13,7	30,5	107,7	18,96	10,6
Phosphore total (kg/j)	18,73	6,31	6,98	7,58	1,43	7,621	5,03	4,76	0,69
Cobalt (kg/j)	1,08	-	-	-	-	-	-	-	-
Fer (kg/j)	3,68	-	-	-	-	-	18,24	-	-
Manganèse (kg/j)	0,697	-	-	-	-	-	-	-	-
Chrome (kg/j)	3,977	-	-	-	-	-	2,829	-	-
Cuivre (kg/j)	0,893	-	-	-	-	-	4,23	-	-
Zinc (kg/j)	0,0979	-	-	-	-	-	-	-	-

En ce qui concerne les éléments de la biodiversité étudiée, nous avons fait une synthèse de la biodiversité par le biais de l'indice Shannon-Wiener dans le Tableau 4.

Au vu des difficultés de logistique de terrain causant un échantillonnage éparpillé dans le temps et l'espace et de la faible résolution taxonomique de certains taxons (macro-invertébrés encore relativement peu connus dans la région), la valeur de bio-indication reste relativement faible ou encore peu exploitée. Les listes floristiques et faunistiques pourront être exploitées ultérieurement pour leur valeur de bio-indication et sont déposées chez les

auteurs respectifs de l'Université du Burundi et peuvent être consultées sur demande. Néanmoins, ce premier aperçu indique que la rivière Kanyosha a plus de potentiel en qualité écologique, tandis que la rivière Muha et Ntakangwa semblent les plus polluées. La biodiversité est plus riche au sud (surtout les affluents Kamango, Murembwe et Rwaba). Outre la typologie des sites échantillonnés, tous les indices démontrent une dégradation générale des affluents du milieu côtier, et de manière plus accentuée au nord du lac, aux alentours de Bujumbura.

Tableau 4. Sites ; biodiversité (H'=Shannon-Wiener Index); D=diatomées ; M=macrophytes ; MV= macro-invertébrés (familles) ; P= poissons

Sites du nord au sud	Organismes, S = nombre de taxons				Diversité H'			
	D	M	MV	P	D	M	MV	P
Rusizi	-	-	-	18	-	-	-	2.114
Ntakangwa	61	96	3	18	-	4.428	0.633	2.126
R3	-	47	6	18	-	3.672	0,246	1.529
Muha	41	74	-	-	-	4.139	-	-
Kanyosha	96	88	6	17	-	4.372	0,829	1.920
Nyamusenyi (Gatarorongo)	14	90	4	17	-	4.379	1,102	2.005
Kamango (Kigwena)	76	89	4	20	2.941	4.374	0,789	2.433
Murembwe	84	84	3	21	3.488	4.257	0,145	2.611
Rwaba	68	76	6	19	3.125	4.215	0,882	1.944

IV. CONCLUSION

Les résultats présentés dans cette étude contiennent des éléments de base pour alerter la communauté scientifique et les décideurs au sujet de la dégradation progressive du lac Tanganyika ainsi que sa biodiversité. Elles permettront d'émettre un souhait sur la nécessité de la mise en place d'un système de surveillance sur la dynamique de la biodiversité et la qualité de l'eau du Lac Tanganyika basés sur l'étude des bio-indicateurs. Nous souhaitons que de bonnes décisions et de mesures de gestion vont être prises afin d'atténuer et d'arrêter la pollution et la dégradation alarmante du Lac.

V. REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le VLIR-UOS pour le financement 'CUI de l'Université du Burundi' et 'Initiative Sud (ZEIN2015Z185)'. Maarten P.M. Vanhove est financé par la Bijzonder Onderzoeks fonds de l'Universiteit Hasselt (BOF20TT06). Egalement remerciés sont les étudiants, Alphonsine Dushimirimana, Marie Diane Nduwimana, Marius Nduwayo, Chantal Sabimana, Francine Kwizera, Epimaque Ndayihimbaze, Léonidas Manizakiza, Vénuste Bigirimana, Léopold Nduwayezu pour leurs contributions à cette étude multi-disciplinaire. La Coopération au Développement belge (DGD) est remerciée pour les financements VLIR-UOS et CEBioS. Esther Roex (CEBioS) est remerciée pour sa contribution bibliographique.

VI. REFERENCES

Abila, R., Akoll, P., Albertson, C., Antunes, D., Banda, T., Bills, R., Bulirani, A., Manda, A. C., Cohen, A. S., Cunha-Saraiva, F., Derycke, S.,

Donohue, I., Du, M., Dudu, A. M., Egger, B., Fritzsche, K., Frommen, J. G., Gante, H. F., Genner, M. J., ... Zimmermann, H. (2016). Oil extraction imperils Africa's Great Lakes. *Science*, 354, 561-562.

ABUTIP Asbl. (2017). *Projet D'urgence Pour La Resilience Des Infrastructures «Puri» Etude D'impact Environnemental Et Social Des Travaux De Canalisation De La RiviereKinyankonge (SFG2735 V4).*

Allison, E. H., Paley, R. G. T., Ntakimazi, G., Cowan, V. J., & West, K. (2000). *Evaluation et Conservation de Biodiversité dans le Lac Tanganyika : Rapport Technique Final de BIOSS*. 221.

Axelrod, H. R. (1991). *Dr. Axelrod's Atlas of freshwater aquarium fishes*. T.F.H. Publications.

Brichard, P. (1989). *Book of Cichlids and All the Other Fishes of Lake Tanganyika*. Neptune City, New Jersey, U.S.A.: TfhPubns Inc.

Buhungu, S., Houssou, A. M., Montchowui, E., Ntakimazi, G., Vasel, J. L., & Ndikumana, T. (2017). Etablissement du pollutogramme et de l'hydrogramme de la rivière Kinyankonge, Burundi. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(3), 1386-1399.

Evert, M. J. (1980). *Le lac Tanganyika, sa faune et la pêche au Burundi*. Université du Burundi.

- Forcellini, M., Mathieu, C., & Merigoux, S. (2012). *Atlas des Macroinvertébrés des eaux douces de l'île de la Réunion*. 137.
- Gasse, F. (1986). *East African diatoms: Taxonomy, ecological distribution* (Vol. 11).
- Germain, H. (1981). *Flore des Diatomées, Diatomophycées : Eaux douces et saumâtres du Massif armoricain et des contrées voisines d'Europe occidentale*. Société nouvelle des éditions Boubée.
- Hakizimana, I. (2006). *Etude limnologique des eaux de la zone pélagique au nord du lac Tanganyika : Cas des nutriments* [Mémoire en sciences biologiques]. Université du Burundi.
- Hustedt, F. (1935). *Die fossile Diatomeenflora in den Ablagerungen de Tobasees auf Sumatra*. Arch. Hydrob., Suppl.-Bd. 14.
- Konings, A., & Dieckhoff, H. W. (1992). *Tanganyika secrets*. Cichlid Press ; Distributed by Aquatic Promotions.
- Krammer, K., & Lange-Bertalot, H. (1988). *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd 02/1 : Bacillariophyceae Teil 1 : Naviculaceae*. Spektrum Akademischer Verlag.
- Krammer, K., & Lange-Bertalot, H. (1991). *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd 02/3 : Bacillariophyceae Teil 3 : Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Spektrum Akademischer Verlag.
- Krammer, K., & Lange-Bertalot, H. (1997). *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Bd 02/2 : Bacillariophyceae Teil 2 : Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. Spektrum Akademischer Verlag.
- Lwikitcha, B. H. (2012). *Evaluation de l'influence des activités anthropiques sur la physico-chimie, la composition et l'abondance du plancton et des macro- invertébrés du littoral du lac Tanganyika (cas des zones littorales le long de Bujumbura (Burundi) et Uvira (RD Congo) au nord du lac)* [Master complémentaire en sciences de l'environnement]. Université du Burundi.
- Manirakiza, A. (2011). *Variation des paramètres physico-chimiques de l'eau du lac Tanganyika aux environs du site de captage de la REGIDESO* [Mémoire en sciences chimique]. Université du Burundi.
- MDDEFP. (2013). *Critères de qualité de l'eau de surface*. Direction du suivi e l'environnement.
- MEEATU. (2013). *Politique Nationale d'Assainissement du Burundi et Stratégie Opérationnelle Horizon 2025* (p. 55).
- Mpawenayo, B. (1996). *Les eaux de la plaine de la Rusizi (Burundi) : Les milieux, la flore et la végétation algales* [Mémoire des sciences naturelles et médicales]. Académie Royale des Sciences d'Outre-mer.
- Mpawenayo, B. (2008). *Réévaluation de la charge polluante des collecteurs R1 et R3 dans la Municipalité de Bujumbura*. [Mémoire de licence]. Université du Burundi.
- Mpawenayo, B., & Niyondiko, C. (2013). Etude de la flore diatomique en relation avec l'hétérogénéité des habitats et la conductivité électrique des eaux de la rivière Muha à Bujumbura. *Bulletin scientifique de l'Institut national pour l'environnement et la conservation de la nature*, 12, 1-13.
- Mudosa, K. (2009). *Influence des apports des affluents de la baie Nord du lac Tanganyika : «Etude basée sur les données historiques des paramètres physico-chimiques»* [Mémoire en génie civil]. Université du Burundi.
- Nahimana, D. (2007). *Nutrient dynamics and production in the northern Lake Tanganyika*. Faculty of sciences, laboratory of analytical and environmental chemistry [Doctoral thesis]. Vrije Universiteit Brussel.
- Ndayahoze, G. (2011). *Réévaluation de la DBO5 des collecteurs municipaux par la méthode manométrique*. [Mémoire de licence en sciences chimiques]. Université du Burundi.
- Ndayizeye, N. (2011). *Etude de l'épithon du littoral du lac Tanganyika et de deux rigoles d'évacuation des eaux usées de la ville de Bujumbura* [Mémoire]. Université du Burundi.
- Ndikumana, T., bizindavyi, E., Kisoholo, A., & Vassel, J. L. (2013). Impact des collecteurs d'eaux

- pluviales sur la baie Nord-Est du lac Tanganyika. *Bulletin scientifique de l'Institut national pour l'environnement et la conservation de la nature*, 12, 55-60.
- Nkejimana, T. (2011). *Impacts des rejets domestiques sur la qualité des eaux de la rivière Kanyosha* [Mémoire de licence en sciences chimiques]. Université du Burundi.
- Ntakiyiruta, P. (2013). *Contribution à l'estimation quantitative des nutriments apportés par la rivière Ntahangwa au lac Tanganyik* [Mémoire de master en sciences de l'environnement]. Université du Burundi.
- Patrick, R., & Reimer, C. W. (1966). *The Diatoms of the United States Exclusive of Alaska and Hawaii: Fragilariaceae, Eunotiaceae, Achnanthaceae, Naviculaceae*. Academy of Natural Sciences.
- Patrick, R., & Reimer, C. W. (1975). *The Diatoms of the United States Exclusive of Alaska and Hawaii, Volume 2*. Academy of Natural Sciences.
- Patterson, G., & Makin, J. (1998). *The state of biodiversity in Lake Tanganyika; a literature review*. Chatham (United Kingdom) Natural Resources Institute.
- Plisnier, P.-D., Nshombo, M., Mgana, H., & Ntakimazi, G. (2018). Monitoring climate change and anthropogenic pressure at Lake Tanganyika. *Journal of Great Lakes Research*, 44(6), 1194-1208.
- Poll, M. (1953). Poissons non cichlidae. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique : Résultats scientifiques de l'exploration hydrobiologique du lac Tanganika (1946-1947)*, III, 3-251.
- Poll, M. (1956). Poissons cichlidae. *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique : Résultats scientifiques de l'exploration hydrobiologique du lac Tanganika (1946-1947)*, III, 1-619.
- Santé Canada. (2017). *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada – Tableau sommaire*. Bureau de la qualité de l'eau et de l'air, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada,.
- SNPAB. (2013). *Résumé exécutif sur la Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité (SNPAB)* (p. 9). Ministère De L'eau, De L'environnement, De L'aménagement Du Territoire et De L'urbanisme.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2010). *Invertébrés d'eau douce—Systématique, biologie, écologie*. CNRS Editions.
- Troupin, G. (1966). *Étude phytocénologique du Parc national de l'Akagera et du Rwanda oriental : Recherche d'une méthode d'analyse appropriée à la végétation d'Afrique intertropicale*. Université de Liège.
- Troupin, G. (1978). *Flore du Rwanda : Spermatophytes*. Musée royal de l'Afrique Central.
- Troupin, G. (1982). *Flore des plantes ligneuses du Rwanda*. Musée royal de l'Afrique Central.
- Van Meel, L. (1954). *Le phytoplancton : Etat actuel de nos connaissances sur les grands lacs Est-Africains et leur phytoplancton*.
- West, K. (2001). *Lac Tanganyika : Resultatset Constats Tires De L'initiative De Conservation Du Pnud/Gef (Raf/92/G32) Qui A Eu Lieu Au Burundi, En Republique Democratique Du Congo, En Tanzanie et En Zambie* (p. 155). Projet sur la Biodiversité du Lac Tanganyika.



Vulnérabilité des espèces ligneuses du Parc National de la Kibira utilisées par les populations riveraines : cas du secteur Rwegura (Burundi)

Bimenyimana S.^{1*}, Nduwimana A.², Habonayo R.², Mbarushima D.³, Ndayikeza L.³

¹Département de Biologie, Faculté des sciences, Université du Burundi. B.P. 2700. Bujumbura, Burundi. E-mail : bimesaid2015@gmail.com

²Centre de Recherche en Sciences des Productions Animales, Végétales et Environnementales (CRAVE), Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie (FABI). B.P. 2940. Bujumbura, Burundi. E-mails: andre.nduwimana1@ub.edu.bi ; richard.habonayo@ub.edu.bi

³Office Burundais pour la Protection de l'Environnement (OBPE). B.P. 2757. Bujumbura, Burundi ; E-mails : mbardi05@gmail.com ; ndayilkeza2009@gmail.com

*Auteur correspondant : bimesaid2015@gmail.com

Reçu: le 16 Août 2022

Accepté: le 3 Janvier 2023

Publié: le 29 Janvier 2023

RESUME

Cette étude a pour objectif de contribuer à une meilleure connaissance des espèces ligneuses du Parc National de la Kibira (PNK) au Burundi utilisées par les populations des collines riveraines afin de proposer des mesures de gestion durable du potentiel ligneux de ce parc. L'approche méthodologique utilisée est basée sur l'enquête ethnobotanique qui a ciblé 364 enquêtés pour interview individuel choisis dans 12 collines environnantes du secteur Rwegura. Les analyses ont porté sur le calcul de la fréquence de citation, de la valeur d'usage, de la valeur d'importance et de l'indice de vulnérabilité des espèces répertoriées. Soixante-quatorze (74) espèces ligneuses réparties en 67 genres et 39 familles ont été identifiées comme utilisées. Les Fabaceae sont les plus représentées (8 espèces), suivi des Rubiaceae (7 espèces), des Moraceae (5 espèces), des Euphorbiaceae (4 espèces) et des Meliaceae (3 espèces). Les catégories d'usages qui regroupent le plus d'espèces sont le bois énergie (82,4 %) et le bois d'œuvre (72,9 %) et la moins représentée est celle de l'alimentation (1,4%). Parmi les 74 espèces, 18 espèces (soit 24,3 %) sont jugées plus importantes pour les populations avoisinant le secteur Rwegura et 30 espèces (40,5%) présentent un risque très élevé de vulnérabilité. L'étude a permis d'identifier les espèces forestières ligneuses du PNK les plus prisées par les populations avoisinant le secteur Rwegura et qui nécessitent des actions urgentes de gestion.

Mots-clés : Aire protégée, Conservation, Valeur d'usage, Composition floristique.

SUMMARY

The objective of this study is to contribute to a better knowledge of the woody species of the Kibira National Park (KNP) in Burundi used by the populations of the riparian hills in order to propose measures for the sustainable management of the woody potential of this park. The methodological approach used is based on an ethnobotanical survey that targeted 364 respondents for individual interview selected from 12 surrounding hills of the Rwegura sector. The analyzes included the calculation of citation frequency, use value, importance value and vulnerability index of listed species. Seventy-four (74) woody species corresponding to 67 genera and 39 families were identified as used. Fabaceae are the most represented (8 species), followed by Rubiaceae (7 species), Moraceae (5 species), Euphorbiaceae (4 species) and Meliaceae (3 species). The use categories with the most species are wood energy (82.4%) and timber (72.9%) and the least represented is food (1.4%). Of the 74 species, 18 species (24.3%) are considered more important to the populations surrounding the Rwegura area and 30 species (40.5%) are at very high risk of vulnerability. The study identified the woody forest species in KNP that are most valued by the populations surrounding the Rwegura sector and that require urgent management actions.

Keywords : Protected area, Conservation, Use value, Floristic composition.

I. INTRODUCTION

En Afrique, il est largement admis que les ressources naturelles présentent, pour les populations locales, un intérêt socio-économique certain et leur permettent de satisfaire leurs besoins fondamentaux. Pour les populations rurales de l'Afrique, les ressources naturelles végétales contribuent à la réduction de la pauvreté et à la sécurité alimentaire (Badjaré et al. 2018). De ce fait, elles contribuent à accroître la résilience de la population rurale face aux aléas saisonniers. Mais l'usage abusif de ces ressources provoque de plus en plus la dégradation et la déforestation des écosystèmes forestiers. De plus, pour nourrir une population croissante, les surfaces agricoles cultivées augmentent partout, les périodes de jachère diminuent de même que les rendements des cultures (Ozer et al. 2007). Cette diminution affecte les revenus agricoles et accentue la dépendance des populations aux emplois non agricoles tels que la collecte des produits alimentaires (Yaovi et al. 2021), du bois de feu, de construction, du bois de charbon, etc. (Bauer 2010). Cela provoque une grande pression même au niveau des aires protégées dédiées à la conservation (Hadonou-Yovo et al. 2019).

Le taux de déforestation sur le continent africain est ainsi l'un des plus inquiétants dans le monde (FAO 2012). Il est indiqué que l'Afrique a enregistré le taux annuel de perte forestière le plus élevé sur la période 2010-2020, avec 3,9 millions d'hectares (FAO et PNUE 2020).

Pour remédier au problème de dégradation des milieux naturels, la stratégie adoptée fut l'expansion des réseaux d'aires protégées (Naughton-Treves et al. 2005).

De son côté, le Burundi n'a pas croisé les bras et il est un des rares pays d'Afrique qui a établi les premiers parcs nationaux après l'époque coloniale. C'est à partir du décret-loi n° 1/6 du 03 mars 1980, portant création des parcs nationaux et réserves naturelles, que fut mise en place la législation relative aux aires protégées (Nzigiyimpa et Niyongabo 2017).

Le parc national de la Kibira (PNK) est une aire protégée entourée par des provinces très peuplées et surtout la province de Kayanza (MININTER 2011) et les populations environnantes font recours à la forêt pour la recherche des ressources forestières dont elles se servent pour satisfaire leurs besoins (médicaments, aliments, bois, etc.). La conséquence étant que des espèces ligneuses intéressantes de ce parc sont menacées par cette forte pression qui s'exerce sur elles (Ntahuga 2014).

Malgré la menace qui pèse sur les espèces ligneuses du PNK, on constate qu'il y a une faiblesse ou un manque de données sur l'importance et la vulnérabilité des espèces ligneuses du PNK utilisées par les populations locales. Ces données sont pourtant utiles pour orienter les mesures de conservation et de gestion rationnelle. Cet article est une contribution pour combler cette lacune et les données produites concernent le secteur Rwegura du PNK. La présente étude a pour objectif global de contribuer à une meilleure connaissance des ressources forestières ligneuses exploitées par les communautés riveraines du Parc National de la Kibira en vue d'une gestion durable du potentiel ligneux de ce parc. De façon spécifique, il s'agit d'identifier les espèces ligneuses du PNK utilisées par les populations des collines riveraines et d'évaluer leur importance et leur degré de vulnérabilité.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.1. Zone d'étude

Cette étude est réalisée au voisinage du PNK, un écosystème de forêt de montagne. Ce Parc est situé au Nord-Ouest du pays, entre 2°36'52" et 3°17'08" de latitude sud et entre 29°13'31" et 29°39'09" de longitude est (Habiyaemye et Nzigidahera 2016). Il a une superficie d'environ 40.001 ha (UICN 2011). Le PNK s'étale sur les provinces de Bubanza et Cibitoke à l'ouest, Muramvya et Kayanza à l'est (Nzigidahera et al. 2002). Selon Gourlet (1986), le PNK est subdivisé en quatre blocs ou secteurs (**Figure 1**) : Secteur Teza (5794 ha) ; Secteur Musigati (15424 ha) ; Secteur Mabayi (6359 ha) et Secteur Rwegura (12424 ha).

Le secteur Rwegura faisant l'objet de cette étude est situé entre le point de passage de la Gitenge et la frontière rwandaise (Ntahuga 2014) et entre le secteur Musigati au sud et le secteur Mabayi au nord (Habonayo et Ndiokubwayo 2012). Il s'étend sur trois provinces à savoir Kayanza (dans les communes de Kabarore et Muruta), Cibitoke et Bubanza (dans les communes Bukinyanya et Musigati respectivement). La présente étude a été entreprise au niveau du secteur Rwegura à cause de sa localisation géographique dans des zones de fortes densités.

Le secteur Rwegura est caractérisé par des précipitations annuelles supérieures à 1800 mm qui atteignent parfois 2000 mm (Habiyaemye et Nzigidahera 2016). Selon ces derniers, ces grandes quantités des pluies sont en rapport avec l'altitude comprise entre 2000 m et 2660 m. La température moyenne annuelle enregistrée à la station météorologique de Rwegura en 2018 est 26,3 °C (ISTEEBU 2018). Au cours de la nuit, surtout en

saison sèche, la température baisse des fois jusque près de 0°C (MEEATU 2013). L'insolation est faible et les brouillards sont fréquents surtout dans les vallées (Scaëtta, 1934 cité par Habiaryemye et

Nzigidahera 2016). Ce climat caractérisé par une forte intensité pluviométrique est propice à des forêts denses ombrophiles.

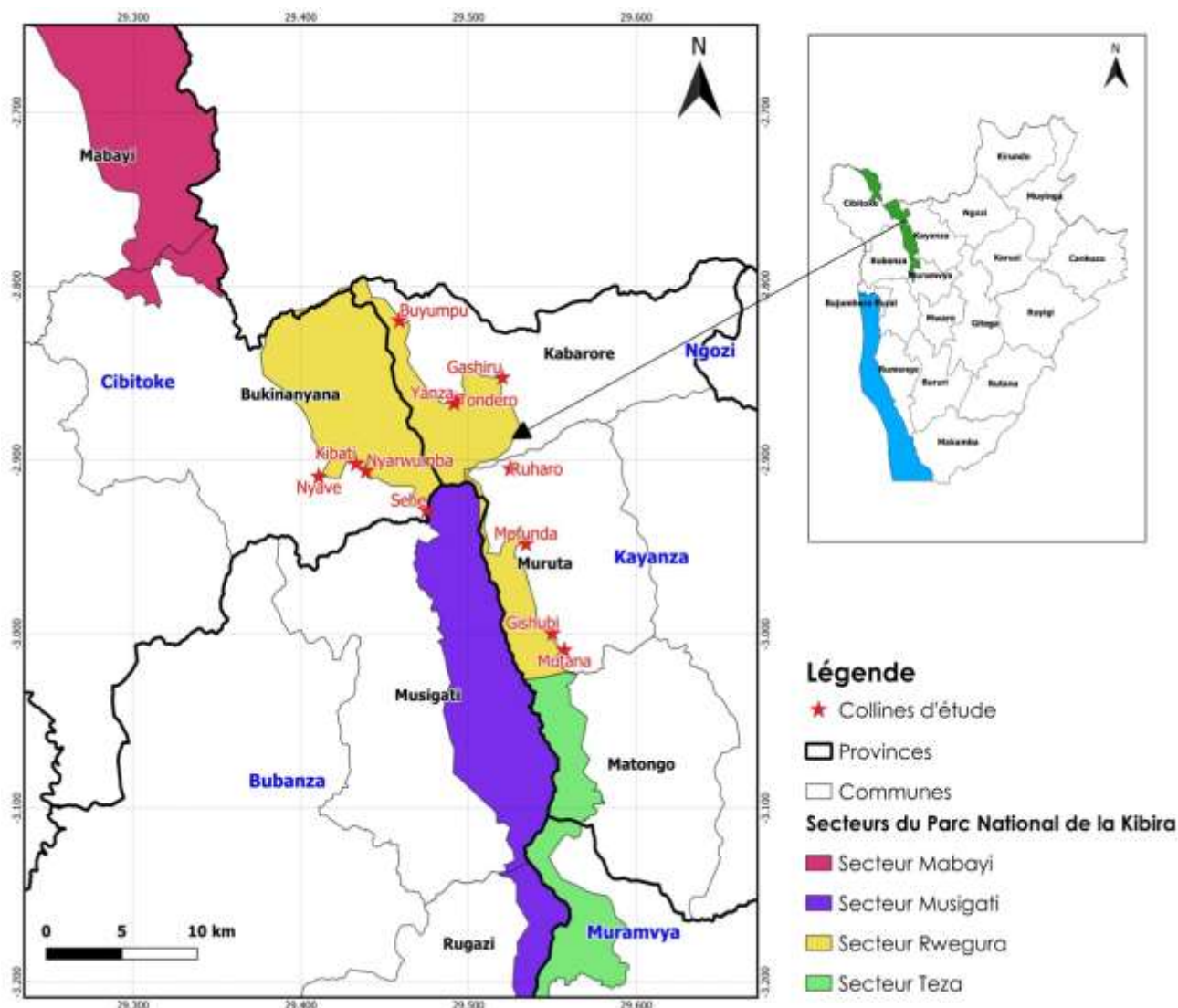


Fig. 1 : Localisation du secteur Rwegura et des collines ciblées pour l'étude au sein du Parc National de la Kibira (PNK) (carte générée à partir des données de l'OBPE et les coordonnées prises sur terrain)

II.2. Collecte des données

Dans un premier temps, toutes les collines administratives riveraines au secteur Rwegura ont été identifiées avec l'aide des administrateurs des communes d'appartenance du secteur d'étude (Muruta, Kabarore et Bukinanyana). Sur les 24 collines identifiées au total comme faisant contact à la forêt, 12 collines où conduire l'enquête ont été choisies de façon aléatoire. En effet, pour chaque commune, les noms de ces collines ont été marqués sur des petits morceaux de papiers en raison d'un nom pour chaque morceau de papier. Ces morceaux ont été placés dans un petit panier et nous avons tiré au hasard quatre collines. Il s'agit des collines, Mutana, Gishubi, Mpfunda et Ruharo

de la commune Muruta ; Buyumpu, Yanza, Tondero et Gashiru de la commune Kabarore ; Sehe, Nyarwumba, Kibati et Nyave de la commune Bukinanyana.

Sur chaque colline retenue, un entretien avec 30 à 32 personnes issues de huit groupes socio-économiques (agri-éleveurs, tradipraticiens, scieurs de bois et menuisiers, charbonniers, apiculteurs, charpentiers, artisans et herboristes) a permis d'identifier les espèces ligneuses du parc utiles pour les populations des collines avoisinant le parc.

Les enquêtes ont été ciblées avec l'appui du chef de colline et chaque enquêté a été interviewé

séparément pour ne pas influencer les autres. Les informations collectées concernent :

- Les espèces ligneuses du parc utilisées par les populations et les usages de ces espèces ;
- Les organes ou parties de l'arbre utilisés (racines, tige, feuilles, fleurs, fruits, graines, latex, etc.) et le mode de collecte de l'organe (ramassage, cueillette, coupe, etc.).

L'enquête a été conduite de février à septembre 2021. Des spécimens des espèces citées par les enquêtés ont été récoltés et mis en herbiers. La détermination de leurs noms scientifiques a été faite grâce aux divers ouvrages notamment ceux de Troupin (1978, 1982, 1985 et 1988), Havyarimana (2015), Habiyaremye et Nzigidahera (2016) et Habonayo (2019). L'Herbarium de l'Université du Burundi et celui de l'OBPE ont été également consultés. Les noms des familles ont été attribués selon APG IV (2016). Leur validation a été réalisée après la vérification des noms actualisés dans la base de données des plantes africaines sur le site : (<http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/details.php?langue=a&n&id=626>).

II.3. Traitement des données

Les paramètres ethnobotaniques calculés sont la fréquence de citation d'une espèce, la valeur d'importance de l'espèce, la valeur d'usage de l'espèce et l'indice de vulnérabilité de l'espèce.

La fréquence de citation (*FC*) d'une espèce correspond au rapport entre le nombre d'enquêtés (*n*) ayant cité l'espèce et le nombre total d'enquêtés (*N*) (Yaovi et al. 2021 ; Issoufou et al. 2021) :

$$FC = \frac{n}{N} \times 100 \quad (1)$$

La valeur d'importance de l'espèce (*VIsp*) représente le rapport entre le nombre de catégories d'usages différents pour l'espèce (*vi*) et le nombre de catégories d'usages différents pour l'ensemble des espèces répertoriées ($\sum vi$) (Badjaré et al. 2018).

$$VIsp = \frac{vi}{\sum vi} \quad (2)$$

La valeur d'usage de l'espèce citée est une manière d'exprimer l'importance relative de chaque espèce pour les populations dans les services d'approvisionnement (Phillips et al. 1994).

$$VU = \frac{\sum u}{n} \quad (3)$$

Avec *u* = nombre de citations personnelles de l'espèce par catégorie d'usages ; *n* = nombre d'enquêtés et *vu* est la valeur d'usage de l'espèce pour une catégorie considérée.

La valeur d'usage totale de l'espèce est alors calculée par la somme des valeurs d'usages de cette espèce au sein des différentes catégories d'usages par la formule :

$$VU(T) = \sum_1^p VU \quad (4)$$

Avec *VU(T)* représentant la valeur d'usage totale de l'espèce et *p* est le nombre de catégories d'usages.

Plus la valeur d'usage est élevée, plus l'espèce est importante et l'espèce ayant la valeur la plus élevée est celle dont l'usage est le plus reconnu (Badjaré et al. 2018).

L'indice du risque de vulnérabilité des espèces (*IV*) est calculé sur base de quatre paramètres qui sont la fréquence de citation de l'espèce, le nombre de catégories d'usages dans lequel se retrouve l'espèce, le mode de prélèvement de l'organe et l'organe utilisé.

Une échelle de 1 à 3 a été attribuée à ces paramètres (**Tableau 1**). Une valeur de 1 désigne un faible risque de vulnérabilité de l'espèce pour les paramètres indiqués, une valeur de 2 représente un risque moyen de vulnérabilité et une valeur de 3 un risque élevé de vulnérabilité pour l'espèce.

Tableau 2 : Paramètres majeurs pris en compte pour le calcul de l'indice de vulnérabilité (inspiré de Traoré et al. 2011)

Paramètre retenu	Faible (échelle = 1)	Moyenne (échelle = 2)	Forte (échelle = 3)
Fréquence de citation : P1	P1 < 5 %	5% ≤ P1 < 15 %	P1 ≥ 15 %
Nombre d'usages : P2	P2 < 2	2 ≤ P2 ≤ 4	P2 ≥ 5
Organe utilisé : P3	Feuille, latex, Sève	Fruit, branche	Tige, graine, écorce, racine, fleur
Mode de collecte de l'organe : P4	Ramassage	–	Cueillette, coupe, écorçage, déracinage

Sur la base des informations contenues dans le tableau 1, l'indice de vulnérabilité (IV) à la pression anthropique a été calculé à travers la formule suivante (Traoré *et al.*, 2011 ; Badjaré *et al.* 2018) :

$$IV = \frac{P1+P2+P3+P4}{4} \quad (5)$$

L'interprétation des indices de vulnérabilité (IV) a été faite suivant les seuils d'interprétations proposés par Traoré *et al.* (2011) pour des espèces ligneuses : pour $IV < 2$ l'espèce est dite faiblement vulnérable ; pour $2 \leq IV < 2,5$ l'espèce est moyennement vulnérable et la vulnérabilité forte est attribuée pour des indices totaux strictement supérieurs ou égaux à 2,5.

III. RESULTATS

III.1. Espèces ligneuses du secteur Rwegura utilisées par les populations des collines riveraines

Au total, 74 espèces ligneuses réparties en 67 genres et en 39 familles ont été identifiées comme utilisées. Les familles les plus représentées en espèces (avec au moins 4 espèces) sont les Fabaceae (8 espèces, soit 10,8 %), les Rubiaceae (7 espèces, soit 9,5 %), les Moraceae (5 espèces, soit 6,8 %), les Euphorbiaceae (4 espèces, soit 5,4 %) et les autres familles représentent 67,5 % des espèces (**Figure 2**). Sur les 39 familles, 21 (soit 53,8 %) sont monospécifiques.

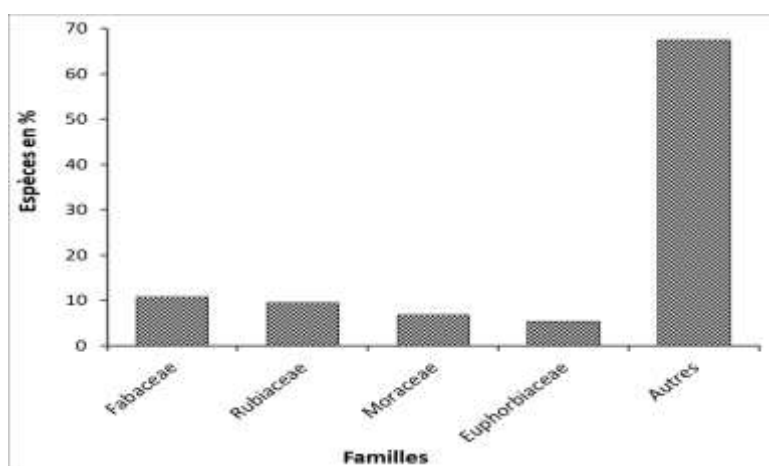


Fig. 2 : Importance spécifique des familles des espèces ligneuses répertoriées

III.2. Fréquence de citations des espèces ligneuses inventoriées

La distribution des espèces par classes de fréquence (**Figure 3**) montre globalement une allure en « J » renversée.

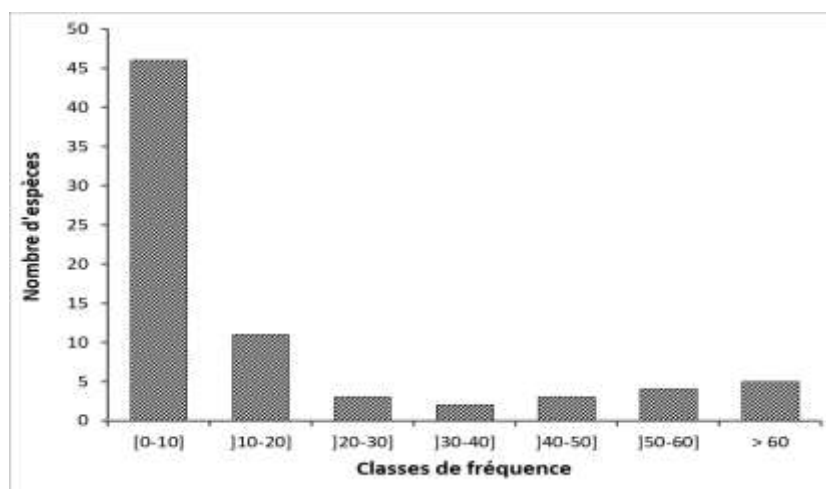


Fig. 3 : Répartition du nombre d'espèces recensées par classes de fréquence

III.3. Usages des espèces ligneuses identifiées

La typologie des catégories d'usages (huit catégories) possibles fait ressortir 4594 citations

enregistrées et 87 usages spécifiques. Sur les 74 espèces concernées, 61 espèces (soit 82,4 %) sont utilisées dans l'énergie, 54 espèces (soit 72,9 %) dans la construction, 35 espèces (soit 47,3 %) dans

l'artisanat, 26 espèces (soit 35,1 %) dans la médecine traditionnelle, 21 espèces (soit 28,4 %) dans l'agriculture, 16 espèces (soit 21,6 %) dans la menuiserie, 13 espèces (soit 17,6 %) dans le

commerce et une seule espèce dans la catégorie alimentation (soit 1,4%). La **figure 4** présente les pourcentages d'espèces en fonction des catégories d'usages.

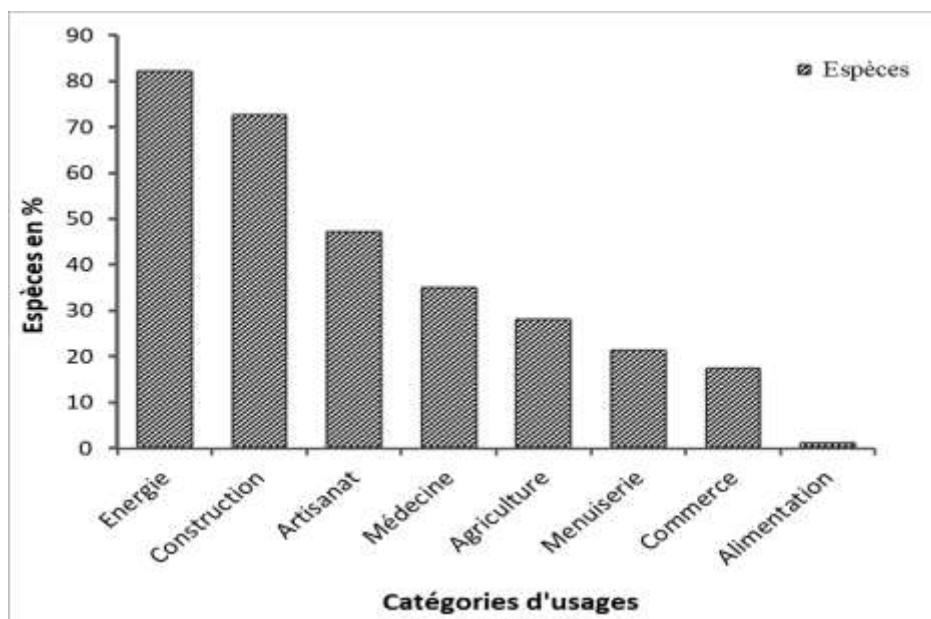


Fig. 4 : Proportion des différentes espèces ligneuses par catégorie d'usages

III.4. Valeurs d'importance et valeurs d'usages ethnobotaniques des espèces répertoriées

Les résultats de calcul de la valeur d'importance d'une espèce (VIsp) et de la valeur d'usage (VU(T)) (**Tableau 2**) ont montré que parmi les 74 espèces inventoriées, 16 espèces ligneuses peuvent être qualifiées de plus importantes (espèces dont la $VIsp \geq 0,625$) et il s'agit de *Carapa grandiflora* Sprague ($VIsp = 0,875$), *Entandrophragma excelsum* (Dawe & Sprague) Sprague ($VIsp = 0,875$), *Symphonia globulifera* L. f ($VIsp = 0,875$), *Albizia gummifera* (J.F. Gmel.) C.A. Sm. ($VIsp = 0,750$), *Aningeria adolfi-friedericii* (Engl.) Robyns & G.C.C. Gilbert ($VIsp = 0,750$), *Faurea saligna* Harv. ($VIsp = 0,750$), *Hagenia abyssinica* (Bruce) J.F. Gmel. ($VIsp = 0,750$), *Myrianthus holstii* Engl. ($VIsp = 0,750$), *Pittosporum mannii* Hook.f. ($VIsp = 0,750$), *Prunus africana* (Hook. F.) Kalkman

($VIsp = 0,750$), *Maytenus acuminata* (L. f.) Loes. ($VIsp = 0,625$), *Parinari excelsa* Sabine ($VIsp = 0,625$), *Syzygium guineense* (Willd.) DC. ($VIsp = 0,625$), *Syzygium parvifolium* (Engl.) Mildbr. ($VIsp = 0,625$), *Vitex doniana* Sweet ($VIsp = 0,625$) et *Xymalos monospora* (Harv.) Baill. ($VIsp = 0,625$) ;

Dix espèces ligneuses sont jugées de grande valeur d'usage (avec $VU(T) > 0,40$). Il s'agit de *P. fulva* ($VU(T) = 0,84$), *H. abyssinica* ($VU(T) = 0,78$), *Macaranga kilimandscharica* Lebrun ($VU(T) = 0,71$), *F. saligna* ($VU(T) = 0,66$), *P. Africana* ($VU(T) = 0,66$), *E. excelsum* ($VU(T) = 0,63$), *M. holstii* ($VU(T) = 0,61$), *P. excelsa* ($VU(T) = 0,61$), *S. globulifera* ($VU(T) = 0,54$) et *C. grandiflora* ($VU(T) = 0,47$). Au total, 18 espèces sont plus importantes (espèces dont $VIsp \geq 0,625$ et/ou $VU(T) > 0,40$).

Tableau 2 : Valeurs d'importance et valeurs d'usages des espèces ligneuses importantes répertoriées

Numéro	Espèces	Familles	VIsp	VU(T)
1	<i>Acacia sieberiana</i> DC.	Fabaceae	0,125	0,00
2	<i>Agauria salicifolia</i> (Comm. Ex Lam.) Hook. F. ex Oliv	Ericaceae	0,125	0,02
3	<i>Alangium chinense</i> (Lour.) Harms	Alangiaceae	0,125	0,03
4	<i>Albizia gummifera</i> (J.F. Gmel.) C.A. Sm.	Fabaceae	0,750	0,36
5	<i>Albizia zygia</i> (DC.) J.F. Macbr.	Fabaceae	0,250	0,08
6	<i>Allophylus africanus</i> P. Beauv.	Sapindaceae	0,125	0,02
7	<i>Allophylus buchananii</i> Gilg ex Radlk.	Sapindaceae	0,375	0,02

Numéro	Espèces	Familles	VIsp	VU(T)
8	Aningeria adolfi-friedericii (Engl.) Robyns & G.C.C Gilbert	Sapotaceae	0,750	0,25
9	Anthocleista schweinfurthii Gilg	Loganiaceae	0,500	0,24
10	Apodytes dimidiata E. Mey. ex Arn.	Icacinaceae	0,500	0,09
11	Bersama abyssinica Fresen.	Melanthaceae	0,500	0,21
12	Bridelia brideliifolia (Pax) Fedde	Euphorbiaceae	0,500	0,12
13	Carapa grandiflora Sprague	Meliaceae	0,875	0,47
14	Casearia runssorica Gilg	Salicaceae	0,250	0,01
15	Chrysophyllum gorungosanum Engl.	Sapotaceae	0,500	0,13
16	Clausena anisata (Willd.) Hook. f. ex Benth.	Rutaceae	0,250	0,04
17	Cordia africana Lam.	Boraginaceae	0,375	0,12
18	Dissotis ruandensis Engl.	Melastomataceae	0,375	0,08
19	Dombeya goetzenii K. Schum.	Sterculiaceae	0,250	0,04
20	Ekebergia capensis Sparrm.	Meliaceae	0,375	0,10
21	Entada abyssinica Steud. ex A. Rich.	Fabaceae	0,250	0,02
22	Entandrophragma excelsum (Dawe & Sprague) Sprague	Meliaceae	0,875	0,63
23	Erythrina abyssinica Lam.	Fabaceae	0,375	0,23
24	Faurea saligna Harv.	Proteaceae	0,750	0,66
25	Ficus asperifolia Miq.	Moraceae	0,125	0,00
26	Ficus congensis Engl.	Moraceae	0,250	0,01
27	Ficus ingens (Miq.) Miq.	Moraceae	0,125	0,01
28	Ficus thonningii Blume	Moraceae	0,250	0,07
29	Galiniera coffeoides Delile	Rubiaceae	0,250	0,02
30	Gardenia ternifolia Schumach. & Thonn.	Rubiaceae	0,125	0,01
31	Hagenia abyssinica (Bruce) J.F. Gmel.	Rosaceae	0,750	0,78
32	Harungana madagascariensis Lam. ex Poir.	Hypericaceae	0,250	0,04
33	Hypericum revolutum Vahl	Hypericaceae	0,250	0,03
34	Indigofera confusa Plain & Baker f.	Fabaceae	0,125	0,01
35	Kotschya africana Endl.	Fabaceae	0,125	0,03
36	Lannea edulis (Sond.) Engl.	Anacardiaceae	0,250	0,01
37	Macaranga kilimandscharica Lebrun	Euphorbiaceae	0,500	0,71
38	Maesa lanceolata Forssk.	Myrsinaceae	0,375	0,05
39	Maesopsis eminii Engl.	Rhamnaceae	0,125	0,00
40	Magnistipula butayei De Wild.	Chrysobalanaceae	0,500	0,14
41	Markhamia lutea (Benth.) K. Schum.	Bignoniaceae	0,375	0,18
42	Maytenus acuminata (L. f.) Loes.	Celastraceae	0,625	0,39
43	Maytenus heterophylla (Eckl. & Zeyh.) N. Robson	Celastraceae	0,250	0,01
44	Mitragyna rubrostipulata (K. Schum.) Havil.	Rubiaceae	0,250	0,05
45	Myrianthus holstii Engl.	Moraceae	0,750	0,61
46	Myrica salicifolia Hochst. ex A. Rich.	Myricaceae	0,500	0,09
47	Neoboutonia macrocalyx Pax	Euphorbiaceae	0,375	0,12
48	Newtonia buchananii (Baker f.) G.C.C. Gilbert & Boutique	Fabaceae	0,125	0,01
49	Nuxia floribunda Benth.	Loganiaceae	0,250	0,06
50	Ocotea michelsonii Robyns & R. Wilczek	Lauraceae	0,500	0,12

Numéro	Espèces	Familles	VIsp	VU(T)
51	<i>Olinia rochetiana</i> A. Juss.	Oliniaceae	0,125	0,01
52	<i>Oncoba bukobensis</i> (Gilg) Hul & Breteler	Salicaceae	0,375	0,02
53	<i>Oxyanthus speciosus</i> DC.	Rubiaceae	0,125	0,01
54	<i>Parinari excelsa</i> Sabine	Chrysobalanaceae	0,625	0,61
55	<i>Pavetta urundensis</i> Bremek.	Rubiaceae	0,375	0,17
56	<i>Pittosporum mannii</i> Hook.f.	Pittosporaceae	0,750	0,26
57	<i>Polyscias fulva</i> (Hiern) Harms	Araliaceae	0,250	0,84
58	<i>Protea madiensis</i> Oliv.	Proteaceae	0,250	0,02
59	<i>Prunus africana</i> (Hook. F.) Kalkman	Rosaceae	0,750	0,66
60	<i>Pseudospondias microcarpa</i> (A. Rich.) Engl.	Anacardiaceae	0,375	0,03
61	<i>Rutidea orientalis</i> Bridson	Rubiaceae	0,125	0,01
62	<i>Rytigynia kiwuensis</i> (K. Krause) Robyns	Rubiaceae	0,250	0,04
63	<i>Sapium ellipticum</i> (Hochst.) Pax	Euphorbiaceae	0,250	0,01
64	<i>Schefflera abyssinica</i> (Hochst. ex A. Rich.) Harms	Araliaceae	0,500	0,04
65	<i>Schrebera alata</i> (Hochst.) Welw.	Oleaceae	0,500	0,06
66	<i>Strombosia scheffleri</i> Engl.	Olacaceae	0,125	0,38
67	<i>Symphonia globulifera</i> L. f	Clusiaceae	0,875	0,54
68	<i>Syzygium guineense</i> (Willd.) DC.	Myrtaceae	0,625	0,23
69	<i>Syzygium parvifolium</i> (Engl.) Mildbr.	Myrtaceae	0,625	0,21
70	<i>Tabernaemontana johnstonii</i> (Stapf) Pichon	Apocynaceae	0,375	0,27
71	<i>Teclea grandifolia</i> Engl.	Rutaceae	0,375	0,04
72	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Ulmaceae	0,125	0,00
73	<i>Vitex doniana</i> Sweet	Lamiaceae	0,625	0,13
74	<i>Xymalos monospora</i> (Harv.) Baill.	Monimiaceae	0,625	0,24

III.5. Vulnérabilité des espèces ligneuses utilisées

Les résultats de calcul de la valeur de l'indice de vulnérabilité (IV) ont montré que les 74 espèces inventoriées sont vulnérables (IV égale au moins à 1 pour toutes les espèces). Il apparaît que 30 espèces ligneuses sont fortement vulnérables ($IV \geq 2,5$) ; 15 espèces sont moyennement vulnérables (2

$\leq IV < 2,5$) et 29 espèces sont faiblement vulnérables ($IV < 2,5$). Le spectre de vulnérabilité réalisé (**Figure 5**) a permis de mettre en évidence 14 espèces ayant une valeur de l'indice de vulnérabilité très élevée ($IV = 3$). Ces espèces sont *A. gummifera*, *C. grandiflora*, *E. excelsum*, *F. saligna*, *H. abyssinica*, *M. kilimandscharica*, *M. lutea*, *M. acuminata*, *M. holstii*, *P. excelsa*, *P. fulva*, *P. africana*, *S. globulifera* et *S. parvifolium*.

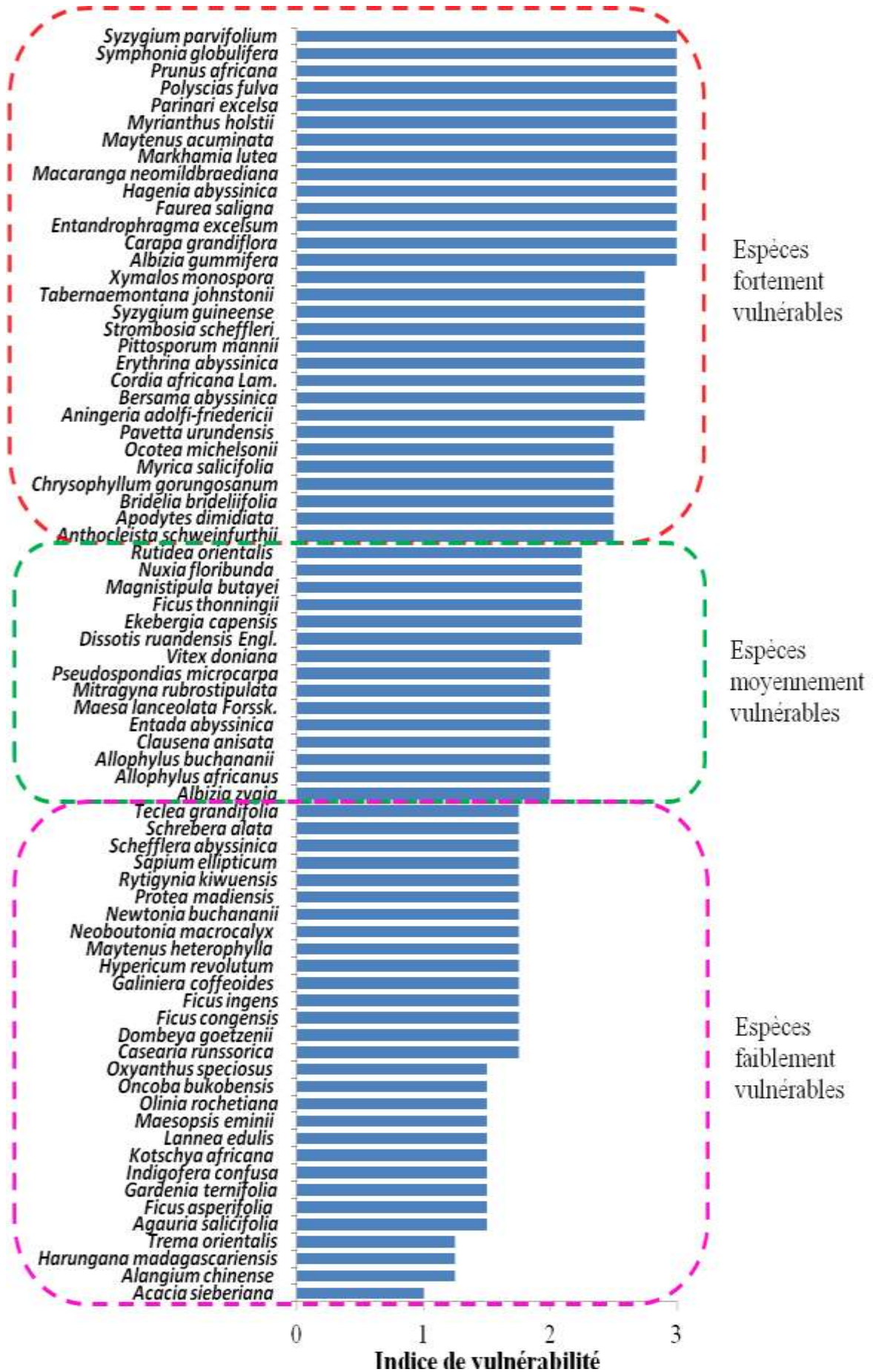


Fig. 5 : Spectre de vulnérabilité des espèces utilisées par les riverains du secteur Rwegura

IV. DISCUSSIONS

IV.1. Composition floristique des espèces ligneuses identifiées dans la zone d'étude

Les investigations ethnobotaniques menées ont permis de dénombrer 74 espèces ligneuses utiles. Ce nombre d'espèces (74) est important et pourrait être la preuve que le massif forestier de la Kibira renferme beaucoup d'espèces ligneuses utiles connues par les communautés riveraines. Lougbégnon et al. (2011) ont inventorié un nombre similaire d'espèces dans une étude sur l'importance culturelle et valeur d'usage des ressources végétales de la réserve forestière marécageuse de la vallée de Sitatunga et zones connexes au Bénin. Par contre, ce nombre d'espèces végétales trouvé dans la présente étude est inférieur à ceux dénombrés dans le cadre d'autres études comme celle de Tugume et al. (2016) sur les espèces de plantes médicinales utilisées par les communautés autour de la réserve forestière centrale de Mabira en Uganda, celle de Hadonou-Yovo et al. (2019) sur la diversité et formes d'usages des espèces ligneuses de la Réserve de biosphère du Mono au Bénin et de celle de Cisse et al. (2020) sur la diversité végétale et usages des plantes dans une zone de savane soudanienne en Côte d'Ivoire. Ils ont respectivement observé 101, 190 et 192 espèces végétales. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que seules les espèces végétales ligneuses ont été prises en compte dans la présente étude. De plus, il existerait également beaucoup d'autres espèces ligneuses qui ne suscitent aucun intérêt d'exploitation pour les populations riveraines du secteur Rwegura.

Dans les milieux naturels, chaque type de végétation est caractérisé par une diversité floristique marquée par des dominances de familles, de genres ou d'espèces (Jaffré et Veillon 1991 cité par Badjaré et al. 2018). Les résultats de la présente étude ont montré que la famille des Fabaceae est la plus représentée (8 espèces, soit 10,8 %). Cela est conforme aux observations de Stéphane et al. (2020) et Aboudou et Koffi (2021) dans leurs études portant sur les plantes alimentaires utilisées en médecine traditionnelle au Togo. D'après Dardour et al. (2013), la forte représentativité de la famille des Fabaceae serait due à leur capacité d'adaptation aux différentes conditions climatiques et édaphiques du milieu dans lequel elle se trouve.

Il faut aussi noter que la famille des Fabaceae est la famille ligneuse la plus diversifiée au Burundi (Ndayishimiye 2011).

IV.2. Fréquence de citations des espèces ligneuses identifiées

La répartition du nombre d'espèces recensées par classes de fréquence a montré globalement une allure en « J » renversée indiquant qu'un petit nombre d'espèces sont les plus citées (Dossou et al. 2012). Ces espèces (avec FC > 40 %) sont notamment *Hagenia abyssinica*, *Macaranga kilimandscharica*, *Polyscias fulva*, *Prunus africana*, *Entandrophragma excelsum*, *Parinari excelsa*, *Faurea saligna*, *Myrianthus holstii*, *Symphonia globulifera*, *Carapa grandiflora*, *Strombosia scheffleri* et *Albizia gummifera*. La fréquence élevée de ces espèces pourrait être expliquée par la forte demande dans les différents usages à cause de la qualité de leurs produits. En effet *S. globulifera* est la seule identifiée comme espèce libérant un latex utilisé pour la fabrication de la « colle » à *Symphonia* utilisée pour colmater plusieurs types d'objets troués.

IV.3. Usages des espèces ligneuses identifiées

Parmi les catégories d'usages répertoriées (huit), deux catégories jugées plus représentées en espèces et comprenant plus de 50 %, sont l'énergie et la construction. En effet, le pourcentage élevé (61 %) des espèces utilisées dans la catégorie énergie pourrait être expliqué par le fait que la recherche du bois d'énergie ne nécessite par la sélection des espèces. Pour les besoins en bois-énergie, les espèces principalement mentionnées sont notamment *Macaranga kilimandscharica*, *Faurea saligna*, *Polyscias fulva*, *Carapa grandiflora* et *Bersama abyssinica*. Dans le cadre des autres études, Mangambu et al. (2015) dans leur étude sur l'usage des ressources forestières ligneuses par la population habitant la zone submontagnarde du Parc National de Kahuzi-Biega ont montré que *M. kilimandscharica*, *B. abyssinica*, *S. scheffleri*, etc., sont les espèces plus exploitées comme bois énergie. Cela pourrait être expliqué par le fait que ces dernières sont surtout les espèces récoltées et utilisées sans attendre leur séchage.

Dans la catégorie construction, *Parinari excelsa*, *Carapa grandiflora*, *Maytenus acuminata*, *Strombosia scheffleri*, *Entandrophragma excelsum* et *Pittosporum mannii* figurent parmi les plus utilisées. Contrairement à nos résultats, Nzigidahera (2000) a identifié *N. buchananii*, *A. zygia*, *M. lutea*, *C. gorungosanum*, *S. scheffleri*, *A. adolfi-friedericii*, *S. parvifolium* comme espèces utilisées en construction des maisons et enclos. Ces espèces servent également dans la construction des ponts et beaucoup d'autres usages courants (MEEATU 2013) ce qui suppose l'usage des espèces diversifiées dans cette catégorie.

IV.4. Valeurs d'importance et valeurs d'usages ethnobotaniques des espèces répertoriées

Les résultats de calcul de la valeur d'importance d'une espèce (VIsp) ont montré que 16 espèces ligneuses sont jugées de plus importantes (espèces dont la $VIsp \geq 0,625$) par les populations riveraines du secteur Rwegura (tableau 3). Ces espèces sont utilisées dans au moins cinq catégories d'usages. Ainsi, deux espèces ont sept catégories d'usages, sept espèces en ont six et le reste en a cinq. Ces résultats montrent que les valeurs d'importance des espèces varient en fonction du nombre de catégories d'usages. Plus l'espèce est utilisée dans plusieurs catégories d'usages, plus la valeur d'importance est élevée.

Selon la valeur d'usage, 10 espèces ligneuses sont jugées de plus importantes (espèces avec $VU(T) > 0,40$). Parmi ces dix espèces, cinq ont été rapportées par d'autres auteurs comme ayant une grande valeur d'usage. C'est notamment *P. africana*, *S. globulifera*, *P. excelsa*, *E. excelsum* et *M. kilimandscharica* (Mangambu et al. 2015). La valeur d'usage la plus élevée de 0,84 trouvée dans cette étude est par contre de loin supérieure à celle de 36,4 % trouvée par Mangambu et al. (2015), ce qui traduit plus d'usages et probablement plus de pression sur le milieu naturel (Issoufou et al. 2021).

Les résultats de la présente étude traduisent un degré élevé du recours à la forêt et à ses espèces pour la satisfaction des besoins des communautés riveraines du secteur Rwegura et par voie de conséquence une forte pression exercée sur elles. Ainsi, le nombre de ces espèces végétales ligneuses utilisées du secteur Rwegura traduit, d'une part, le niveau élevé de connaissance des ressources végétales des populations et d'autre part, révèle l'importance de ces ressources dans l'existence des riverains. On peut donc affirmer que le milieu dispose des espèces importantes car l'importance accordée à une espèce ne dépend pas de sa disponibilité, mais de sa capacité à satisfaire les besoins des populations dans les différentes catégories d'usages (Dossou et al. 2012).

IV.5. Vulnérabilité des espèces ligneuses utilisées

La présente étude a montré que toutes les espèces répertoriées (74 espèces) sont vulnérables. Trente espèces le sont fortement ($IV \geq 2,5$) dont 14 avec un indice de vulnérabilité égale à 3 ; 15 espèces le sont moyennement ($2 \leq IV < 2,5$) et 29 espèces le sont faiblement ($IV < 2,5$). La pression sur les ressources végétales et leur accessibilité plus facile les rend plus vulnérables.

Les résultats de la présente étude sont sensiblement similaires à ceux de Traoré et al. (2011) et de Yaovi

et al. (2021) dans la Forêt Classée du Kou (FCK) et dans deux villages riverains (Kokorowé et Nasso), qui ont trouvé respectivement le nombre de 60 et 55 d'espèces vulnérables dont 15 et 14 sont très vulnérables. Parmi les espèces identifiées dans cette étude, quatre sont déjà classées sur la liste rouge de l'UICN. Il s'agit de *Magnistipula butayei* (en danger), *Prunus africana* et *Pavetta urundensis* (Vulnérables) et *Rytigynia kiwuensis* (quasi menacée) (IUCN 2021). Huit espèces sont sur la liste des espèces menacées du Burundi établie par Nzigidahera (2000). Parmi celles-ci, l'on distingue trois espèces en danger dont *Cordia africana*, *Albizia zygia* et *Markhamia lutea* ; cinq espèces vulnérables dont *Entandrophragma excelsum*, *Albizia gummifera*, *Maesopsis eminii*, *Newtonia buchananii* et *Prunus africana*. Le mode de collecte des organes et les organes végétaux utilisés peuvent avoir un impact négatif sur la dynamique des espèces utilisées et semble être la principale cause de la vulnérabilité. Selon Thiombiano (2012), l'écorçage intensif entraîne une perte de la vigueur des arbres. La récolte d'écorces, des tissus de la tige et des racines tue presque tous les arbres (Betti 2001).

V. CONCLUSION

L'étude a permis, à base des données récoltées auprès des populations locales, d'identifier et de mettre en relief l'importance et la vulnérabilité des espèces ligneuses du secteur Rwegura utilisées par les populations locales. Même si le nombre des espèces utilisées est relativement élevé, le fait que la valeur d'usage et la vulnérabilité soient élevées témoigne d'un grand recours à la forêt par les populations des collines riveraines. Des mesures de gestion rationnelle et de conservation ex situ doivent être prises pour la pérennité de ces services rendus.

Les données de cette étude méritent d'être complétées par l'évaluation du stock et des prélèvements de chaque espèce identifiée comme utilisée au niveau du secteur Rwegura pour établir la dynamique. Étendre cette étude aux autres secteurs fournira des données complémentaires pour la compréhension de l'importance et de la vulnérabilité des espèces du Parc de la Kibira dans son ensemble.

VI. REMERCIEMENTS

Nous remercions la Direction Générale de l'Office Burundais pour la Protection de l'Environnement (OBPE) et le centre de recherche en Sciences des Productions Animales, Végétales et Environnementales (CRAVE) pour la contribution financière à l'effort de collecte de données.

VII. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aboudou, A. D. & Koffi, K. (2021). Enquête ethnobotanique sur les plantes médicinales utilisées dans la prise en charge traditionnelle des maladies infectieuses dans la région sanitaire Lomé-commune du Togo. *European Scientific Journal*, 17 (21) : 46-65.

Badjaré, B., Kokou, K., Bigou-laré, N., Koumantiga, D., Akpakouma, A., Bétidé Adjayi M. & Abbévi Abbey, G. (2018). Étude ethnobotanique d'espèces ligneuses des savanes sèches au Nord-Togo : diversité, usages, importance et vulnérabilité. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 22 (3) : 152-171.

Bauer, L. (2010). Forêts et réduction de la pauvreté dans les pays en développement : une relation à déchiffrer. Essai de master en ingénierie et management de l'environnement et du développement durable, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, 119 p.

Betti, J. L. (2001). Vulnérabilité des plantes utilisées comme antipaludiques dans l'arrondissement de Mintom au sud de la réserve de Biosphère du Dja (Cameroun). *Systematics and Geography of Plants*, 71 (2) : 661-678.

Cisse, A., Ouattara, M., N'guessan, E. A. & N'Gouan Abrou, J. E. (2020). Diversité végétale et usages des plantes dans une zone de savane soudanienne : Cas de la localité de Ferkessédougou (Nord, Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14 (8) : 2807-2825.

Dardour, M., Daroui, E. A., Boukroute, A., Kouddane, N. E. & Abdelbasset, B. (2013). Inventaire et état sanitaire des arbres d'alignement de la ville de Saïdia (Maroc oriental). *Nature et Technologie*, 6 (1) : 02-09.

Dossou, M. E., Houessou, G. L., Lougbégnon, O. T., Tenté, A. H. B. & Codjia J. T. C. (2012). Etude ethnobotanique des ressources forestières ligneuses de la forêt marécageuse d'Agonvè et terroirs connexes au Bénin. *Tropicicultura*, 30 (1) : 41-48.

FAO & PNUE. (2020). La situation des forêts du monde. Forêts, biodiversité et activité humaine. Rome, 197p.

FAO. (2012). Rapport de l'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture sur la situation des forêts en 2012. Rome, 221p.

Gourlet, S. (1986). Le Parc National de la Kibira. Quelle potentialité pour quel avenir ? Rapport de stage, ENGREF (Montpellier), 97 p.

Habiyaremye, M. F. & Nzigidahera, B. (2016). Habitat du Parc National de la Kibira (Burundi). Lexique des plantes pour connaître et suivre l'évolution des forêts du secteur Rwegura. Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles, 144 p.

Habonayo, R. & Ndiokubwayo, N. (2012). Détermination d'indicateurs de dégradation du Parc National de la Kibira (Burundi) : cas du secteur Rwegura. Mémoire de Master en Sciences de l'Environnement, Université du Burundi, 92 p.

Hadonou-Yovo, A. G., Houessou, L. G., Lougbégnon, T. O., Adebé, Y., Sinasson, G. K. S., Fifonsi Semevo, D. F., Lange, U. & Boko, M. (2019). Diversité et formes d'usage des espèces ligneuses de la Réserve de biosphère du Mono (Bénin). *VertigO, la revue électronique en science de l'environnement*, 19 (2) : 1-21.

Issoufou, B., Moussa, M. Y. & Toudou, A. (2021). Analyse de la vulnérabilité des ressources végétales ligneuses : Cas du département de Guidan-Roundji, Niger. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 14 (9) : 29-42.

ISTEEBU. (2013). Rapport des projections démographiques 2008-2030. Bujumbura, 20 p.

ISTEEBU. (2018). Annuaire statistique. Bujumbura, 312 p.

IUCN. (2021). The Red List of Threatened Species. <https://www.iucnredlist.org/>

Lougbégnon, T. O., Tente, B. A. H., Amontcha, M. & Codjia, J. T. C. (2011). Importance culturelle et valeur d'usage des ressources végétales de la réserve forestière marécageuse de la vallée de Situngu et zones connexes. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 70 : 35-46.

Mangambu, M. J. D., Muyisa, K. S., Birhashirwa, R. N. & Ntahobavuka, H. H. (2015). Usage des ressources forestières ligneuses par la population habitant la zone submontagnarde du Parc National de Kahuzi-Biega (R D. Congo). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 11 (2) : 508-521.

- MEEATU. (2013). Plan Stratégique de Développement et de Renforcement des Capacités dans le domaine de la Biodiversité 2013-2020. Bujumbura, 55 p.
- Naughton-Treves, L., Holland, B. & Brandon, M. K. (2005). The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. *Annual Review of Environment and Resources*, 30 : 219-252.
- Ndayishimiye, J. (2011). Diversité, endémisme, géographie et conservation des Fabaceae de l'Afrique Centrale. Thèse de doctorat, ULB, 94 p.
- Ntahuga, L. (2014). Plan d'aménagement et de gestion du Parc National de la Kibira. OBPE, Bujumbura, 122 p.
- Nzigidahera, B. (2000). Analyse de la diversité biologique végétale nationale et identification des priorités pour sa conservation. INECN, 126 p.
- Nzigidahera, B. (2006). Etude de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques au Burundi : Ecosystèmes terrestres. Projet PANA/PNUD-FEM, 50 p.
- Nzigidahera, B. (2007). Ressources biologiques sauvages du Burundi : Etat des connaissances traditionnelles. INECN, Bujumbura, 115 p.
- Nzigidahera, B., Nzojibwami, C., Misigaro, A. & Maneno, B. (2002). Plan communautaire de conservation du Parc National de la Kibira en commune Muramvya. INECN, Bujumbura, 59 p.
- Nzigiympa, L. & Niyongabo, J. (2017). Evaluation de l'Efficacité de Gestion des Aires Protégées du Burundi avec l'outil IMET. OBPE, Bujumbura, 43 p.
- Ozer, P., Gassani, J., Hountondji, Y. C., Niang, A. J. & Ambouta, K. (2007). La désertification est-elle en recul au Sahel ? *Bois et Forêts des Tropiques*, 293 (3) : 23-28.
- Stéphane, E., Efui Holaly, G., Mamatchi, M., Amégninou, A., Tchadjobo, T., Elogo, O., Damintoti Simplicite, K. & Kouami, K. (2020). Étude ethnobotanique des plantes alimentaires utilisées en médecine traditionnelle dans la région Maritime du Togo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14 (8) : 2837-2853.
- Thiombiano, D. N. E., Lamien N., Dibong, D. S., Boussim, I. J. & Belem, B. (2012). Le rôle des espèces ligneuses dans la gestion de la soudure alimentaire au Burkina Faso. *Sécheresse*, 23 (2) : 86-93.
- Traoré, L., Ouédraogo, I., Ouédraogo, A. & Thiombiano, A. (2011). Perceptions, usages et vulnérabilité des ressources végétales ligneuses dans le Sud-ouest du Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5 (1) : 258-278.
- Troupin, G. (1978). Flore du Rwanda: Spermatophytes. Vol 1. Annales du Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren (Bruxelles). Série in- 8° Sciences Econ. N°9, 413 p.
- Troupin, G. (1982). Flore des plantes ligneuses du Rwanda. Institut National de Recherche Scientifique, Butare (Rwanda), 747 p.
- Troupin, G. (1985). Flore du Rwanda: Spermatophytes. Vol 3. Annales du Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren (Bruxelles). Série in- 8° Sciences Econ. N°15, 729 p.
- Troupin, G. (1988). Flore du Rwanda: Spermatophytes. Vol 4. Annales du Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren (Bruxelles), 651 p.
- Tugume, P., Kakudidi, E. K., Buyinza, M., Namaalwa, J., Kamatenesi, M., Mucunguzi, P. & Kalema, J. (2016). Ethnobotanical survey of medicinal plant species used by communities around Mabira Central Forest Reserve, Uganda. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 12 (1) : 1-28.
- Yaovi, C. R., Hien, M., Kabore, S. A., Sehoubo, Y. J. & Somda, I. (2021). Usage et vulnérabilité des espèces végétales et stratégies d'adaptation des populations riveraines de la Forêt Classée du Kou (Burkina Faso). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15 (3) : 1140-1157.



Etude de la dynamique des principales espèces d'arbres de la forêt dense de Kigwena et de la forêt claire de Rumonge au Burundi

Hakizimana P.^{1*}, Habonimana B.¹, Ndayishimiye J.¹, Bangirinama F.² & Masharabu T.¹

¹Université du Burundi, Centre de Recherche en Sciences Naturelles et de l'Environnement, B.P 2700 Bujumbura, Burundi

²Ecole Normale Supérieure, B.P 6983 Bujumbura, Burundi

*Auteur pour correspondance : paul.hakizimana@ub.edu.bi

Reçu: le 21 Octobre 2021

Accepté: le 6 Janvier 2023

Publié: le 31 Janvier 2023

RESUME

L'objectif principal de cette étude est de tracer la dynamique des forêts de Kigwena et de Rumonge au Burundi à travers l'analyse du renouvellement de leurs principales espèces d'arbres en utilisant la mesure du Diamètre à Hauteur de Poitrine. Les types phénologiques, la distribution diamétrique et l'importance des catégories sylvigénétiques des individus des principales espèces d'arbres dans les deux forêts ont été documentées dans le cadre de cette étude. Les résultats montrent que les types phénologiques sont discontinus, annuels et réguliers. Au niveau de la distribution diamétrique des individus d'arbres, les effectifs ne cessent de décroître au fur et à mesure que le diamètre augmente, ce qui indique que les deux forêts se régénèrent. En outre, la catégorie des arbres d'avenir est de loin prépondérante par rapport à celle des arbres du présent et du passé. Dans la forêt de Kigwena, on remarque qu'avec le temps, les espèces caractéristiques de forêt dense comme *Pseudospondias microcarpa* A. Rich. (1883) et *Pycnanthus angolensis* Welw. (1895) pourraient prendre le pas sur les espèces de forêt secondaire telle que *Myrianthus arboreus* P. Beauv. (1805). Dans la forêt de Rumonge, la population de *Brachystegia microphylla* Harms (1900) tend à progresser pendant que celle de *B. bussei* Harms (1902) se maintient alors que celle de *B. utilis* Burt Davy & Hutch. (1923) tend à régresser.

Les résultats de cette étude montrent aussi qu'avec le temps la forêt dense de Kigwena pourrait reconquérir du terrain alors que la forêt claire de Rumonge tend à se secondariser davantage.

Face à cette situation, les Services de l'Office Burundais pour la Protection de l'Environnement (OBPE) sont interpellés pour créer une zone tampon en vue d'optimiser la régénération des principales espèces d'arbres dans les deux forêts.

Mots clés : Catégorie sylvigénétique, distribution diamétrique, régénération, type phénologique, zone tampon.

ABSTRACT

The objective of the study is to assess the dynamics of Kigwena and Rumonge forests through the analysis of the regeneration of their principal tree species by measuring their Diameter at Breast Height. Phenology, diametric distribution and the importance of the sylvigenetic categories of the principal tree species in these forests were documented in the framework of this study. The results show that the phenology types are discontinuous, annual and regular. On the level of the diametric distribution of trees, the proportions of trees decrease as well as the diameter increases, which indicates that the forests are regenerated. Moreover, the category of trees of the future tense is dominating, compared to the trees of the present and the past tenses. In the Kigwena forest, we notice that the main species of dense forest, like *Pseudospondias microcarpa* and *Pycnanthus angolensis*, could take the step on the species of secondary forest, such as *Myrianthus arboreus*. In the Rumonge forest, the population of *Brachystegia microphylla* tends to progress. The population of *B. bussei* is maintained while *B. utilis* tends to regress.

According to the results of this study, Kigwena forest could reclaim land where Rumonge forest tends to be more secondary. In front of this situation, the Burundian Office in charge of Environment Protection should create a buffer zone around these forests to optimize their regeneration.

Key words: Buffer zone, diametric distribution, phenology type, regeneration, sylvigenetic category.

I. INTRODUCTION

Une forêt évolue naturellement selon des cycles sylvigénétiques qui caractérisent des dynamiques successives d'évolution interne partant d'un stade pionnier à un stade climacique (Oldeman, 1983 ; Loffeier, 1989 ; Mortier, 1990). Chez les arbres, chaque stade de la succession est caractérisé par des types particuliers de stratégies de compétition ou d'exclusion, de reproduction, de potentiel d'expression physiologique et de comportement (Hallé *et al.*, 1978 ; Torquebiau, 1981 ; Riéra, 1983 ; Whitmore, 1989 ; Riéra *et al.*, 1990). Ainsi, Aubreville (1938) et Oldeman (1990) affirment qu'une forêt ne peut plus être considérée comme une entité homogène, mais comme un ensemble hétérogène de sous-unités sylvigénétiques d'âge et de dimensions variables.

De manière simplifiée et théorique, Oldeman (1974), Hallé *et al.* (1978) et Puig (2001) distinguent trois catégories sylvigénétiques : les arbres du passé, les arbres du présent et les arbres d'avenir. Les catégories sylvigénétiques sont définies en fonction de la hauteur et du diamètre des arbres. La première catégorie est constituée par des individus d'arbres en régression ou en sénescence dont la phytomasse ne fait que diminuer. La deuxième catégorie comprend les individus d'arbres ayant atteint leur développement maximal et qui sont abondamment réitérés. La troisième catégorie englobe les arbres n'ayant pas encore atteint leur développement forestier complet et qui sont encore très peu réitérés. Selon Oldeman (1974), la réitération est un processus qui conduit à la production d'une copie du modèle architectural d'un arbre suite à un facteur environnemental et par le développement de ses méristèmes.

L'hypothèse centrale est que, observée à un instant donné, l'image de la forêt apparaît comme un système composé de petites sous-unités interdépendantes et qui suivent dans le temps une séquence de développement (Oldeman, 1990). Cette dernière est essentiellement le reflet des processus de défeuillaison/feuillaison, de floraison, de fructification et de distributions de classes différentes de diamètre des arbres (Pélissier & Riéra, 1993 ; Riéra *et al.*, 1998 ; Puig, 2001 ; Vande Weghe, 2004).

Il convient alors de répondre à la question suivante : « La dynamique de renouvellement des espèces d'arbres des forêts de Kigwena et de Rumonge pourrait-elle conduire au maintien ou à la reconstitution de ces forêts ou plutôt davantage à leur secondarisation » ?

Cette étude aborde donc l'aspect du renouvellement des principales espèces d'arbres des forêts de Kigwena et de Rumonge. Elle vise à évaluer les proportions des individus des principales espèces d'arbres dans les classes de diamètre, à mettre en évidence l'importance des catégories sylvigénétiques et à déterminer le cycle phénologique de ces espèces dans les deux forêts.

En effet, Oldeman (1974) et Puig (2001) affirment que ces éléments renseignent sur l'histoire et la dynamique forestière. Leur connaissance et leur prise en compte sont par conséquent essentielles dans les programmes de conservation et de gestion durable des écosystèmes forestiers.

II. MÉTHODOLOGIE

II.1. Milieu d'étude

Les forêts de Kigwena et de Rumonge sont localisées au Sud-Ouest du Burundi, en Commune et province de Rumonge (Fig. 1). Le climat de la région de Rumonge est caractérisé par une saison des pluies pendant les mois d'octobre à mai alternant avec une saison sèche de juin jusqu'au mois de septembre. Il s'agit d'un climat de type AW4s selon Köppen (1923). La moyenne des précipitations annuelles est de 1170 mm. Grâce à ces conditions climatiques favorables, une agriculture s'y est développée depuis longtemps occasionnant la réduction de la couverture végétale naturelle. Au niveau de l'élevage, seules quelques têtes de vaches appartenant à une minorité d'éleveurs sont recensées dans les villages riverains de la forêt de Kigwena (Nzigidahera, 2000).

La forêt de Kigwena s'étend en bordure du lac Tanganyika sur une superficie de 500 ha où l'altitude ne dépasse pas 820 m. Elle subit l'influence guinéo-congolaise et est caractérisée par la présence des espèces d'arbres comme *Pseudospondias microcarpa*, *Pycnanthus angolensis* et *Spathodea campanulata* qui peuvent atteindre 30 m de haut. C'est une forêt dense de type-péri-guinéen presque impénétrable. Cependant, la présence d'*Albizia adianthifolia*, *Albizia gummifera*, *Dracaena afromontana* et *Myrianthus arboreus* témoigne de la secondarisation de cette forêt (Lewalle, 1972).

La forêt de Rumonge (~600 ha) s'étend sur un relief collinaire surplombant la plaine de l'Imbo. C'est l'unique forêt claire du Burundi qui correspond au type Miombo de la région zambézienne selon Malaisse (1982, 1984) et Mutamba (2007). L'altitude la plus élevée atteint 1000 m et le sol est

caillouteux aux sommets des collines. Cette forêt sclérophylle est dominée principalement par des arbres du genre *Brachystegia* et *Uapaca*. Le sous-bois est très peu abondant et est dominé par des espèces de graminées (Lewalle, 1972 ; Malaisse, 1984).

La proximité des deux forêts avec plusieurs villages accroît le risque de leur anthropisation. Même si les forêts de Kigwena et de Rumonge sont des réserves naturelles forestières depuis respectivement 1952 et 1972, leur superficie continue de décroître. Les habitants des villages riverains des deux forêts ne peuvent pas s'empêcher de pénétrer dans les deux aires protégées pour prélever illicitement des ressources végétales variées. On observe aussi des phénomènes de défrichement, de dépassement des limites des deux forêts au profit de l'agriculture extensive, et des feux de brousse surtout en saison sèche. Dans ces conditions, les effets de l'action anthropique sur les forêts de Kigwena et de Rumonge se font sentir avec acuité et la biodiversité tant végétale qu'animale ne cesse de s'éroder. Ainsi, il en résulte une hétérogénéité spatiale de la végétation en sous-unités sylvigénétiques (Oldeman, 1990). Celles-ci sont induites notamment par un gradient de perturbations anthropiques observable surtout dans la forêt de Kigwena (Hakizimana et al., 2012). Dans la forêt de Rumonge, cette hétérogénéité spatiale de la végétation est discrète et est également tributaire de la dégradation localisée surtout en zone de lisière et aux sommets des collines (Nzigidahera, 2000).

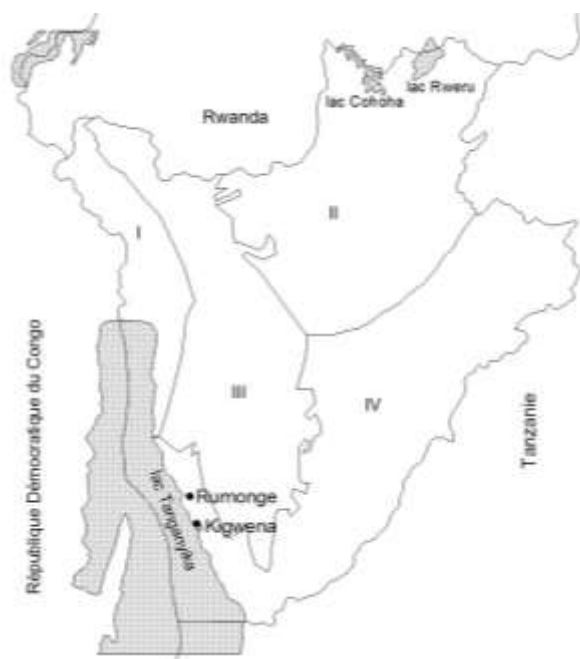


Figure 1: Localisation des sites des forêts de Kigwena et de Rumonge sur la carte des Districts phytogéographiques du Burundi modifiée à partir du modèle phytogéographique de Ndabaneze

(1983) sur base de Lambinon & Sérusiaux (1977).

I : District du Graben occidental, II : District du Rwanda-Burundi, III : District Afromontagnard, IV : District du Mosso et de la Malagarazi

II.2. Collecte des données

La collecte des données a été réalisée en 2008 par la mesure du diamètre à hauteur de poitrine (*dhp*, en cm). Cependant, seules les données de $dhp \geq 10$ cm (Blanc, 1998) ont été retenues pour la suite des analyses en conformité avec les indications de Dallmeier (1992).

Dans la forêt dense de Kigwena, les mesures de *dhp* ont été faites dans le noyau central de la forêt, le long d'un transect représentatif (Kouka, 2000 ; Malaisse, 1974) de 40 m de large et 400 m de long. Dans la forêt claire de Rumonge, les mesures ont été réalisées sur 12 collines le long de 12 transects dont la largeur est restée de 20 m alors que la longueur a varié de 100 à 250 m suivant la taille de la colline concernée. Il n'a pas été possible d'appliquer la même méthode que dans la forêt dense de Kigwena (transect représentatif) car dans la forêt claire de Rumonge, la zonation de la végétation n'est pas nettement définie.

Pour des raisons pratiques, les recherches se sont limitées aux trois espèces d'arbres les plus abondantes dans chacune des deux forêts. Pour la forêt dense de Kigwena, il s'agit de *Myrianthus arboreus*, *Pseudospondias microcapa* et *Pycnanthus angolensis* dont la densité atteint respectivement 44 pieds/ha, 31 pieds/ha et 57 pieds/ha. Pour la forêt claire de Rumonge, les trois espèces sont *Brachystegia bussei*, *B. microphylla* et *B. utilis* dont la densité est respectivement de 248 pieds/ha, 44 pieds/ha et 121 pieds/ha (Hakizimana et al., 2011).

Le nombre de plantules ou arbres juvéniles ($dhp < 10$ cm) de chacune des trois espèces d'arbres les plus abondantes dans chacune des deux forêts a été relevé en vue de déterminer la distribution diamétrique complète des individus. Leur hauteur (en m) a également été notée.

En se référant à Fournier (1990, 1991), Kouka (2000), Puig (2001), Vande Weghe (2004) et Toko (2010), les observations phénologiques faites sur terrain durant deux ans ont été complétées par des informations fournies par les Gardes forestiers. Il s'agissait de relever les mois de défeuillaison, de feuillaison, de floraison et de fructification des trois espèces d'arbres les plus abondantes dans chacune des deux forêts.

II.3. Analyse des données

Les catégories sylvigénétiques ont été caractérisées en analysant la relation entre la hauteur (H) mesurée en m et le diamètre (d) mesuré en cm des espèces d'arbres. Hallé *et al.* (1978) et Pélissier (1995) affirment que cette approche permet de décrire la structure verticale de la forêt. Selon Oldeman (1974), Hallé *et al.* (1978) et Puig (2001), la catégorie des arbres à $H < 100d$ est constituée par des individus du passé ; les arbres dont $H = 100d$ constituent la catégorie des arbres du présent et les arbres à $H > 100d$ sont des arbres d'avenir. Ces relations renseignent sur l'état de la croissance primaire (en hauteur) et de la croissance secondaire (en diamètre).

Les classes de diamètre ont été définies par tranche de 10 cm (Pélissier & Riéra, 1993 ; Blanc, 1998 ; Kouka, 2000 ; Puig, 2001). La comparaison de l'importance des catégories sylvigénétiques et des classes de diamètre a été déterminée au moyen de l'indice d'équitabilité de Piélou (R) (Piélou, 1966 ; Gillet, 2000 ; Dajoz, 2006) et du test χ^2 (Scherrer, 2007).

L'indice d'équitabilité a été appliqué pour vérifier l'hypothèse selon laquelle, « dans la forêt, la catégorie des arbres juvéniles est plus prépondérante que les catégories des arbres matures ». En effet, la valeur de R tend vers 0 lorsqu'un trait biologique domine largement dans la série et tend vers 1 lorsque tous les traits biologiques ont la même abondance (Gillet, 2000). Cette valeur s'obtient par la formule suivante :

$$R = \frac{H}{H_{\max}}$$

où H correspond à l'indice de

diversité de Shannon-Weaver (diversité observée) ; H_{\max} correspond à la diversité maximale théorique calculée en supposant une équirépartition des traits biologiques.

Quant au test χ^2 , il a été réalisé pour vérifier s'il y a une différence significative entre l'allure des proportions des individus dans les classes de diamètre pour les trois espèces d'arbres faisant objet d'étude.

III. RÉSULTATS

III.1. Répartition diamétrique des individus d'arbres

Dans la forêt dense de Kigwena, sept classes de diamètre croissant ont été déterminées. La figure 2 montre la répartition diamétrique des individus des

trois espèces d'arbres les plus abondantes dans cette forêt. La fréquence ne cesse de décroître au fur et à mesure qu'on passe des classes de petit diamètre (individus juvéniles) aux classes de grands diamètres (individus âgés). La répartition diamétrique traduit la prédominance de la classe des individus juvéniles par rapport aux classes suivantes.

Cette prédominance est confirmée par l'indice d'équitabilité qui équivaut à $R = 0,20$ pour *Myrianthus arboreus*, à $R = 0,22$ pour *Pseudospondias microcarpa* et à $R = 0,26$ pour *Pycnanthus angolensis*. Ces valeurs proches de zéro montrent que les individus d'arbres ne sont pas équitablement répartis dans les sept classes de diamètre pour les trois espèces. En outre, les résultats du test χ^2 montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre l'allure des proportions des individus dans les classes de diamètre pour les trois espèces d'arbres testées car $\chi^2 = 9,2$ avec $p > 0,05$ et $ddl = 12$.

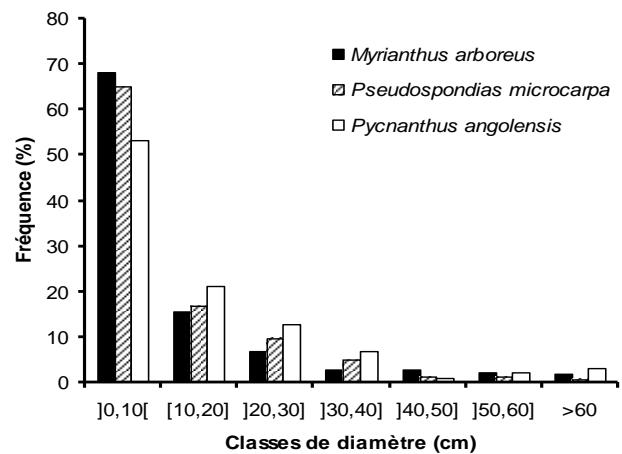


Figure 2: Histogramme de répartition diamétrique des individus d'arbres des trois espèces les plus abondantes dans la forêt dense de Kigwena (Burundi)

Pour la forêt claire de Rumonge, quatre classes de diamètre croissant ont été déterminées. La répartition diamétrique des individus des trois espèces d'arbres les plus abondantes dans cette forêt est illustrée sur la figure 3. Les valeurs de l'indice d'équitabilité R confirment que pour chacune des trois espèces, la classe des plantules ($d_{hp} < 10$ cm) renferme plus d'individus que les autres classes de diamètre. En effet, cet indice équivaut à $R = 0,16$ pour *Brachystegia bussei* et *B. utilis*, et à $R = 0,14$ pour *B. microphylla*. Les classes de diamètre ne se partagent donc pas équitablement les proportions des individus d'arbres car ces valeurs de l'indice d'équitabilité sont proches de zéro. De plus, l'analyse comparative de la répartition des proportions des fréquences des différentes classes de diamètre pour les trois espèces d'arbres indique

qu'il n'y a pas de différence significative car $\chi^2 = 3,1$ avec $p > 0,05$ et $ddl = 6$.

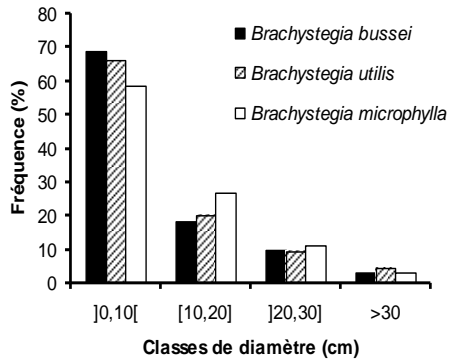


Figure 3 : Histogramme de répartition diamétrique des individus d'arbres des trois espèces les plus abondantes dans la forêt claire de Rumonge (Burundi)

III.2. Importance des catégories sylvigénétiques

Le tableau 1 présente les proportions des individus d'arbres dans les catégories sylvigénétiques pour la forêt dense de Kigwena. La catégorie des arbres d'avenir est plus prépondérante par rapport à celles des arbres du présent et du passé pour les trois espèces concernées (*Myrianthus arboreus*, *Pseudospondias microcarpa* et *Pycnanthus angolensis*). Cette prédominance est confirmée par l'indice d'équitabilité dont les valeurs sont : $R = 0,22$; $R = 0,19$ et $R = 0,15$ respectivement pour *Myrianthus arboreus*, *Pseudospondias microcarpa* et *Pycnanthus angolensis*. Pour les trois espèces, la tendance des proportions d'arbres dans les trois catégories sylvigénétiques ne montre pas de différence significative car $\chi^2 = 8,7$ avec $p > 0,05$ et $ddl = 4$.

Tableau 1 : Catégories sylvigénétiques des trois espèces d'arbres les plus abondantes dans la forêt péri-guinéenne de Kigwena (Burundi). H : hauteur (en m) ; d : diamètre (en cm) ; N : nombre de pieds ; H < 100d : arbres du passé ; H = 100d : arbres du présent ; H > 100d : arbres d'avenir

Espèce	H < 100d		H = 100d		H > 100d	
	N	%	N	%	N	%
<i>Myrianthus arboreus</i>	9	12,7	21	29,6	41	57,7
<i>Pseudospondias microcarpa</i>	3	6,0	11	22,0	36	72,0
<i>Pycnanthus angolensis</i>	5	5,5	18	19,8	68	74,7

Pour la forêt claire de Rumonge, les proportions des individus dans les catégories sylvigénétiques sont présentées dans le tableau 2. Pour les trois espèces considérées, la catégorie des arbres du futur est plus prépondérante par rapport à la catégorie des arbres du passé et à celle des arbres du présent. Cette prépondérance est attestée par les valeurs de l'indice d'équitabilité qui sont proches de zéro.

Cet indice équivaut à $R = 0,10$; $R = 0,08$ et à $R = 0,19$ respectivement pour *Brachystegia bussei*, *B.*

microphylla et *B. utilis*. Les trois catégories ne se partagent pas équitablement les proportions des individus d'arbres. Les résultats du test χ^2 montrent que pour les trois espèces, il y a une différence hautement significative au niveau de la tendance des proportions des arbres dans les catégories sylvigénétiques car $\chi^2 = 22,6$ avec $p < 0,001$ et $ddl = 4$.

Tableau 2 : Catégories sylvigénétiques des trois espèces d'arbres les plus abondantes dans la forêt claire de Rumonge (Burundi). H : hauteur (en m) ; d : diamètre (en cm) ; N : nombre de pieds ; H < 100d : arbres du passé ; H = 100d : arbres du présent ; H > 100d : arbres d'avenir

Espèce	H < 100d		H = 100d		H > 100d	
	N	%	N	%	N	%
<i>Brachystegia bussei</i>	84	8,5	180	18,2	726	73,3
<i>Brachystegia microphylla</i>	26	5,4	42	8,7	416	86,0
<i>Brachystegia utilis</i>	24	14,7	48	29,4	91	55,8

III.3 Phénologie des principales espèces d'arbres

L'évolution phénologique des trois espèces d'arbres les plus abondantes dans la forêt dense de Kigwena est donnée dans le tableau 3. La floraison de *Myrianthus arboreus* et de *Pseudospondias microcarpa* a lieu de février à mars et d'avril à mai respectivement, en pleine saison pluvieuse. Pour

Pycnanthus angolensis, cette phénophase a lieu en début de la saison sèche, de juin à juillet. La fructification démarre en août avec la fin de la saison sèche et se poursuit jusqu'en octobre, début de la saison pluvieuse. La floraison et la fructification sont décalées dans le temps pour les deux premières espèces alors qu'elles sont rapprochées pour la dernière espèce.

Tableau 3 : Evolution phénologique des trois espèces d'arbres les plus abondantes dans la forêt périguinéenne de Kigwena (Burundi). + : phénophase en cours.

Espèces et stades phénologiques	Mois 2008											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Myrianthus arboreus</i>												
Floraison				+	+							
Fructification								+	+	+		
<i>Pseudospondias microcarpa</i>												
Floraison		+	+									
Fructification									+	+		
<i>Pycnanthus angolensis</i>												
Floraison						+	+					
Fructification								+	+	+		

Dans la forêt claire de Rumonge, le suivi phénologique montre que les trois espèces d'arbres les plus abondantes (*Brachystegia bussei*, *B. microphylla* et *B. utilis*) perdent leurs feuilles aux mois de juillet et août, en pleine saison sèche (Tableau 4). La chute abondante des feuilles débute par les arbres de la canopée supérieure et progresse vers les strates inférieures. Cette défeuillaison aboutit à la constitution d'une litière assez épaisse. La reprise des feuilles démarre au mois de septembre en fin de saison sèche. En début de la feuillaison, la couleur des jeunes feuilles est brun-rougeâtre, puis brun-verdâtre, ensuite verdâtre pour devenir finalement vert foncé.

La floraison de *Brachystegia bussei* est décalée de la feuillaison d'au moins quatre mois et a lieu en

pleine saison des pluies en mars et avril tandis que celle de *B. microphylla* et *B. utilis* est quasi-concomittente avec la feuillaison en fin de saison sèche et en début de saison des pluies. Aucune des trois espèces ne fleurit en pleine saison sèche.

La fructification peut être observée quelque temps seulement après la floraison pour *Brachystegia bussei* qui fructifie en début de saison sèche au mois de juin. Pour *B. microphylla*, la fructification se manifeste sept mois après la floraison et a lieu durant la saison sèche. Pour *B. utilis*, la fructification débute avec la fin de la floraison et se poursuit durant toute la saison des pluies.

Tableau 4 : Mois correspondant aux stades phénologiques des trois espèces d'arbres les plus abondantes dans la forêt claire de Rumonge. + : phénophase en cours.

Espèces et stades phénologiques	Mois											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<i>Brachystegia bussei</i>												
Défeuillaison							+	+				
Feuillaison									+	+		
Floraison			+	+								
Fructification						+						
<i>Brachystegia microphylla</i>												
Défeuillaison							+	+				
Feuillaison									+	+		
Floraison									+	+		
Fructification						+	+	+	+			
<i>Brachystegia utilis</i>												
Défeuillaison							+	+				
Feuillaison									+			
Floraison									+	+		
Fructification	+	+	+	+	+					+	+	+

IV. DISCUSSION

La perte quasi-totale des feuilles observées en période de saison sèche chez les espèces d'arbres de la forêt claire de Rumonge correspond à l'adaptation de ces espèces aux conditions de faible humidité du sol des collines occupées par cette forêt. Cette conclusion avait également été dégagée par Vande Weghe (2004) à l'issue de son étude sur les forêts d'Afrique Centrale. Mais ce phénomène n'est pas observé chez les espèces d'arbres de la forêt de Kigwena localisée près du lac Tanganyika (Lewalle, 1972).

De façon générale, la floraison et la fructification des espèces d'arbres des deux forêts sont discontinues, annuelles et régulières. Ces phénophases se manifestent avec une nette périodicité corrélée à la saisonnalité (Sabatier & Puig, 1986; Newstrom *et al.*, 1994). Ce type phénologique avait déjà été observé par Whitmore (1990) et par Puig (2001) notamment pour les espèces d'arbres émergents comme *Symphonia globulifera* L. F. (1782), *Viola michelii* Heckel (189), *Eperua falcata* Aublet (1775) et *parahancornia fasciculata* (Poir.) Benoist (1933) dans les forêts tropicales humides.

En outre, Sabatier & Puig (1986) avaient également déjà remarqué que les espèces à cycle phénologique plus court jouissent d'un potentiel élevé d'expansion végétative. En effet, le synchronisme de la floraison des individus d'arbres d'une même espèce accroît les chances de pollinisation, surtout pour les espèces à fécondation croisée car, dans ce

cas, il n'y a pas de compétition entre les phénomènes végétatifs et les phénomènes reproductifs.

L'analyse de la tendance de la répartition diamétrique des espèces d'arbres de la forêt de Kigwena (Fig. 2) montre une reconstitution progressive de la forêt dense caractérisée par *Pycnanthus angolensis*. En effet, cette espèce présente des proportions importantes au niveau des classes moyennes de diamètre. Par contre, les proportions de *Myrianthus arboreus*, espèce caractéristique des forêts secondaires (Lewalle, 1972), tendent à diminuer. La même tendance s'observe au niveau des catégories sylvigénétiques où les arbres d'avenir ont des proportions plus importantes (Tableau 1). On remarque encore que, dans cette catégorie, *P. angolensis* est plus représentée. La décroissance régulière du nombre d'individus des classes de petit diamètre vers les classes de grand diamètre reflète l'absence de perturbations majeures dans le noyau central de la forêt (Rollet, 1974).

Dans la forêt de Rumonge, l'allure de l'histogramme de répartition diamétrique des individus d'arbres traduit une augmentation rapide du nombre d'individus avec la décroissance du diamètre. La tendance montre une progression de *Brachystegia microphylla* dans les classes moyennes (Fig. 3). Cette progression s'expliquerait par le fait que cette espèce, colonisant les sols moins profonds aux sommets des collines, profite des conditions pédologiques favorables créées par les effets de l'érosion qui emporte sans cesse la terre

fine vers les bas-fonds des collines (Lewalle, 1972 ; Nzigidahera, 2000). Les proportions du tableau 2 attestent également cette progression. La population de *Brachystegia bussei* se maintient également alors que celle de *Brachystegia utilis* a tendance à régresser. Cette régression des effectifs de *B. utilis* serait due à sa distribution dispersée dans la zone d'étude.

V. CONCLUSION

Au terme de cette étude, il ressort que l'abondante régénération des principales espèces d'arbres dans la forêt dense de Kigwena montre que cette forêt pourrait reconquérir du terrain, si l'on cesse de la réduire au niveau de sa superficie. Cependant, son extension reste actuellement impossible suite aux vastes plantations industrielles d'*Elaeis guineensis* Jacq. (1934) qui lui sont contigües.

Au contraire, la tendance du renouvellement des principales espèces d'arbres de la forêt claire de Rumonge montre que celle-ci va continuer de se secondariser, avec la dominance non seulement de *B. bussei*, mais aussi de *B. microphylla* au détriment de *B. utilis*.

Face à cette situation, les Services de l'Office Burundais pour la Protection de l'Environnement (OBPE) sont interpellés pour procéder à des actions urgentes de délimitation et d'aménagement d'une zone tampon autour de la forêt dense de Kigwena et de la forêt claire de Rumonge en vue d'optimiser la régénération des principales espèces d'arbres dans les deux forêts.

VI. BIBLIOGRAPHIE

Aubreville, A., (1938). La forêt coloniale : les forêts de l'Afrique Occidentale Française. *Annales de l'Académie des Sciences Coloniales*, **9** : 1-245.

Blanc, L., (1998). *Les formations forestières du Parc National de Cat Tien (Viêt-Nam) : caractérisation structurale et floristique, étude de la régénération naturelle et de la dynamique successionnelle*. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard, Lyon 1, 207 p.

Dajoz, R., (2006). *Précis d'écologie*. 8^{ème} édition, Dunod, Paris, 631 p.

Dallmeier, F., (Ed.), (1992). *Long term monitoring of biological diversity in tropical areas: methods for establishment and inventory of permanent plots*. Man and Biosphere Digest 11, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris, 72 p.

Fournier, A., (1990). Variation de la dynamique foliaire chez les graminées pérennes le long d'un gradient climatique en Afrique de l'Ouest. *Mitteil. Staatssinst. Allg. Bot. Hambourg*, **23** : 823-839.

Fournier, A., (1991). *Phénologie, croissance et production végétales dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest. Variation selon un gradient climatique*. Coll. Etudes et Thèses ORSTOM, Paris.

Gillet, F., (2000). *La Phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique*. 4^{ème} édition revue et corrigée. Documents du Laboratoire d'Ecologie Végétale 1, Université de Neuchâtel-Institut de Botanique, 68 p.

Hakizimana, P., Bangirinama, F., Masharabu, T., Habonimana, B., De Cannière, Ch. & Bogaert, J., (2012). Caractérisation de la végétation de la forêt dense de Kigwena et de la forêt claire de Rumonge au Burundi. *Bois et Forêts des Tropiques*, **312** (2) : 43-52.

Hakizimana, P., Bangirinama, F., Habonimana, B. & Bogaert, J., (2011). Analyse comparative de la flore de la forêt dense de Kigwena et de la forêt claire de Rumonge au Burundi. *Bulletin de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature*, **9** : 52-61.

Hallé, F., Oldeman, R.A.A. & Tomlinson, P.B., (1978). *Tropical trees and forests. An architectural analysis*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, New York, 441 p.

Köppen, W., (1923). *Die Klimate der Erde-Gundriss der Klimakunde*. Walter de Gruyter & Co., Berlin, Leipzig, 369 p.

Lambinon J. & Sérusiaux E., (1977). Contribution à l'étude des lichens du Kivu (Zaïre), du Rwanda et du Burundi, I. Introduction. Genres *Everniopsis*, *Normandia* et *Placopsis*. *Bulletin du Jardin Botanique de Belgique* 47: 459-471.

Lewalle, J., (1972). Les étages de végétation du Burundi occidental. *Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique*, **42** (1/2) : 1-247.

Loffeier, M. E., (1989). *Sylviculture et sylvigénèse en forêt sempervirente du Coorg (sud-ouest de l'Inde)*. Travaux de la Section Scientifique et Technique, Tome XXVI. Institut Français de Pondichéry, Inde, 211 p.

- Malaisse, F., (1984). Structure d'une forêt sèche à feuillage persistant bordant le fleuve Zambèze dans les environs de Lubumbashi (Zaire). *Bulletin de la Société Royale Botanique de Belgique*, **117** : 428-458.
- Malaisse, F., (1982). Evolution of the woody structure in a regressive zambesian succession: dry evergreen forest-open forest-wooded savanna. *Revue internationale de géologie, de géographie et d'écologie tropicales*, **6** (4).
- Malaisse, F., (1974). *Quelques méthodes d'étude de la structure en forêt. Exemple d'application au miombo zaïrois, écosystème tropical*. Dans : La pratique de l'écologie. Place du champ de Mars, Bruxelles, 104 p.
- Mortier, F., (1990). *Sylvigénèse et structures spatiales en forêts tempérées. Mémoire bibliographique et technique*. DEA Biologie Végétale et Forestière, Université de Nancy, 177 p.
- Mutamba, M., (2007). *Farming or Foraging? Rural livelihoods in Mafulira and Kabompo districts of Zambia*. Center for International Forestry Research and Rhodes University, 20 p.
- Ndabaneze P., (1983). La flore graminéenne du Burundi, Taxonomie et Ecogéographie. Thèse de doctorat, Université de Liège, 293 p.
- Nzigidahera, B., (2000). *Analyse de la diversité biologique végétale nationale et identification des priorités pour sa conservation*. Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature, 126 p.
- Oldeman, R. A. A., (1990). *Forests: elements of sylvology*. Springer-Verlag, Berlin, 624 p.
- Oldeman, R. A. A., (1983). *Tropical rain forest, architecture, sylvigenesis, diversity*. In S. L. Sutton, T.C. Whitmore & A. C. Chadwicks (Eds.). *Tropical rain forest: ecology and management*, 139-150. Blackwell Scientific Publications Ltd., Oxford, England.
- Oldeman, R.A.A., (1974). L'architecture de la forêt guyanaise. *Mémoires ORSTOM*, **73** : 1-204
- Pélissier, R., (1995). *Relations entre l'hétérogénéité spatiale et la dynamique de renouvellement d'une forêt dense humide sempervirente : forêt d'Uppangala, Ghâts occidentaux de l'Inde*. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard, Lyon, 239 p.
- Pélissier, R. & Riéra, B., (1993). Dix ans de dynamique d'une forêt dense humide de Guyane française. *Revue d'Ecology (Terre et Vie)*, **48**: 21-33.
- Pielou, E.C., (1966). Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology*, **10**: 370-383.
- Puig, H., (2001). *La forêt tropicale humide*. Editions Belin, Paris, 448 p.
- Riéra, B., (1983). *Chablis et cicatrisation en forêt guyanaise*. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, France, 165 p.
- Riéra, B., Pélissier, R. & Houllier, F., (1998). Caractérisation d'une Mosaïque Forestière et de sa Dynamique en Forêt Tropicale humide Sempervirente. *Biotropica*, **30** (2) : 251-260.
- Riéra, B., Puig, H. & Lescure, J.P., (1990). La dynamique de la forêt naturelle. *Bois et Forêts des Tropiques*, **219** : 69-78.
- Scherrer, B., (2007). *Biostatistique*. Volume 1, 2^{ème} édition, Gaëtan Morin (éditeur), Montréal, 816 p.
- Sonké, B., (1998). *Etudes floristiques et structurales des forêts de la Réserve de Faune du Dja (Cameroun)*. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, 256 p.
- Toko, I., Sinsin, B & Orthman, B., (2010). *Ecologie et dynamique temporelle d'Afrotilapis pilosa sur les inselbergs de Wari-Marô (Bénin)*. In: X. van der Burgt, J. van der Maesen & J-M. Onana (eds). *Systématique et Conservation des Plantes Africaines*, 731-739. *Royal Botanic Gardens*, Kew.
- Torquebiau, E., (1981). *Analyse architecturale de la forêt de Los Tuxtlas, Mexique*. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France, 185 p.
- Vande Weghe, J.P., (2004). *Forêts d'Afrique Centrale. La Nature et l'Homme*. Lannoo SA, Tielt-Belgique, 367 p.
- Whitmore, T.C., (1975). *Tropical Rain Forests of the Far East*. Clarendon Press, Oxford, England, 282 p.



Effets des extraits de feuilles de *Mangifera indica* L. sur certaines souches bactériennes et parasites intestinaux

Nizigiyimana L.^{1,2}, Kwigize P. C.¹ & Mpawenimana E.¹

¹Département de Chimie. Faculté des Sciences.

2. Centre de Recherche en Sciences Naturelles et de l'Environnement

B.P. 2700. Bujumbura, Burundi. E-mails: liberata.nizigiyimana@ub.edu.bi

Reçu: 21 mars 2023

Accepté: 20 juillet 2023

Publié : 30 août 2023

RÉSUMÉ

L'arbre fruitier *Mangifera indica* L. (manguier) est connu pour ses délicieux fruits mais aussi pour les différentes utilisations de ses feuilles dans le traitement de certaines maladies bactériennes et parasitaires. Le but de cette étude est de mettre en évidence l'existence de substances bioactives trouvées dans les feuilles de manguier cultivé au Burundi ainsi que leurs effets parasitologiques et bactériologiques. Le criblage phytochimique a indiqué que les feuilles de manguier contiennent des flavonoïdes, des tanins, des saponosides, des terpènes et des stéroïdes en quantité suffisante tandis que les leucoanthocyanes et les quinones sont en plus faible quantité et que les alcaloïdes sont absents. Les résultats des tests parasitologiques des extraits organiques et aqueux préparés à partir des feuilles de *Mangifera indica* L. ont montré que ces substances agissent sur certains parasites, à savoir les amibes, les flagellés (*Chilomastix* et *Embadomonas*) mais inactives sur les ankylostomes, les ascaris, les anguillules et les giardia. Après analyse des résultats des tests de sensibilité bactérienne effectués sur quatre des extraits utilisés dans les tests parasitologiques, il a été constaté que toutes les souches étudiées ont montré une sensibilité différente de moyenne à faible pour l'une ou l'autre extrait. Ainsi celles qui ont révélé une sensibilité sont: *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* pour l'extrait de tanins; *Vibrio cholerae*, *Providencia stuartii* et *Staphylococcus aureus* pour l'extrait des saponosides et *Klebsiella pneumonia* pour les extraits flavonoïde et aqueux. Ces résultats obtenus dans les tests de sensibilité parasitologique et bactérienne semblent justifier l'utilisation de cette plante en médecine traditionnelle dans le traitement, entre autres, des maladies diarrhéiques causées par les amibes et les flagellés ainsi que diverses infections causées par les divers microbes testés.

Mots clé: *Mangifera indica* L., substances bioactives, activité antibactérienne, activité antiparasitaire, médecine traditionnelle.

ABSTRACT

The fruit tree *Mangifera indica* L. is known for its delicious fruits but also for the different uses of its leaves in the treatment of some bacterial and parasitic diseases. The aim of this study is to highlight the existence of bioactive substances found in the leaves of *Mangifera indica* L. cultivated in Burundi as well as their parasitological and bacteriological effects. Indeed, phytochemical screening indicated that *Mangifera indica* L. leaves contain flavonoids, tannins, saponosides, terpenes and steroids in sufficient quantities while leucoanthocyanins and quinones are in lower quantities and alkaloids are absent. The results of parasitological tests of organic and aqueous extracts prepared from *Mangifera indica* L. leaves showed that these substances act on some parasites, namely amoebae, flagellates (*Chilomastix* and *Embadomonas*) but inactive on hookworms, roundworms, anguillulus and giardia. After analysis of the results of the bacterial sensitivity tests carried out on four of the extracts used in the parasitological tests, it was found that all the strains studied showed a different sensitivity from medium to low for one or the other extract. Thus, those that showed a medium sensitivity are: *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* for the tannin extract; *Vibrio cholerae*, *Providencia stuartii* and *Staphylococcus aureus* for the saponoside extract and *Klebsiella pneumonia* for the flavonoid and aqueous extracts. Those results obtained in the parasitological and bacterial sensitivity tests seem to justify the use of this plant in traditional medicine in the treatment of, among others, diarrheic diseases caused by amoebae and flagellates as well as various infections caused by the different microbes tested.

Keywords: *Mangifera indica* L., bioactive substances, antibacterial activity, antiparasitic activity, traditional medicine.

1. INTRODUCTION

Les plantes médicinales ont été de tout temps utilisées pour se procurer des remèdes nécessaires à la guérison de certaines maladies. Pour l'utilisation de ces plantes, on se base sur la connaissance pratique des vieillards sur leur qualité ainsi que sur celle des mamans toujours habiles dans la confection de breuvages et autres préparations pour le traitement de leurs enfants (Malgras, 1992). Vu que les utilisateurs de la médecine traditionnelle sont des personnes âgées et que dans de nombreux cas, l'information n'est pas enregistrée, il y a risque de perdre à jamais cet héritage culturel et base pour la recherche future (Sofowora, 1996). Comme dans l'ancienne civilisation, la survie des gens dépendait essentiellement de la flore et de la faune locale (Graham, 2003), il est intéressant de mettre en exergue les matières fondamentales qui permettaient d'assurer la survie en cas de maladies par exemple. Selon l'OMS, les plantes médicinales seraient la source la plus importante pour obtenir une large gamme de médicaments à propriétés antimicrobiennes (Nascimento *et al.*, 2000). C'est ainsi que des études sont menées sur diverses plantes médicinales afin de connaître les substances actives qu'elles renferment et qui seraient responsables dans le traitement des maladies citées par les tradi-praticiens (Sereme *et al.*, 2008; Dibong, 2010; Mustapha *et al.*, 2014). Par ailleurs, les parasitoses intestinales touchent plus de $\frac{3}{4}$ de la population mondiale. En 1986, Gentilini et Duflo estimaient que près de 500 millions de personnes en Asie, 60 millions en Afrique et 42 millions en Amérique du Sud et du centre souffraient d'ascaris; 10% de la population mondiale était porteuse d'amibes pathogènes; $\frac{1}{4}$ de cette population était atteint d'ankylostomes; 300 millions souffraient de bilharziose et 35 millions étaient porteuses d'anguillules.

Il est évident que les parasitoses sont fréquentes chez des populations à faible niveau de vie pour lesquelles les conditions d'hygiène sont précaires. Une étude menée, pendant une période de 4 mois (mars-juillet 1996), sur le diagnostic des parasitoses intestinales pour 563 sujets du site des déplacés de Carama l'a confirmé puisque 92,5 % souffraient de parasitoses diverses (Bukuru, 1996). Les effets anthelminthique et antiallergique des extraits de feuilles de *Mangifera indica* L. ont été rapporté par Garcia *et al.*, 2003 ainsi que Ezuruiken et Prieto, 2014.

De plus, diverses parties de la plante sont utilisés comme dentifrice, antiseptique, laxatif, diurétique et pour le traitement de nombreuses maladies : diarrhée, dysenterie, anémie, asthme, bronchite, toux, hypertension, insomnie, rhumatismes, maux de dents, leucorrhée, hémorragie, hémorroïdes (Shah *et al.*, 2010).

Le manguier ou *Mangifera Indica*, est originaire de l'Inde et de la Birmanie, mais est largement cultivé dans tous les pays tropicaux d'Afrique, d'Amérique du sud et dans les Caraïbes depuis le 17^èS. *Mangifera indica* L. appartient à la famille des anacardiaceae comptant plus de 30 genres et plus de 1000 espèces réparties dans les tropiques et sous tropiques du monde (Parvez, 2016).

La mangue, fruit du *Mangifera indica* L., est l'un des fruits tropicaux les plus populaires. La mangiférine, qui en est extrait est un antioxydant polyphénolique et une glucosyl xanthone qui possède de fortes activités antioxydantes, antiperoxydantes, immunomodulatrices, cardiotoniques, hypotensives, cicatrisantes, antidégénératives et antidiabétiques (Parvez, 2016). La plante, *Mangifera Indica* L, ou manguier du nom vernaculaire « umwembe » est très feuillue (Fig. 1) et ses feuilles sont citées pour leur utilisation dans le traitement traditionnel de diverses maladies.



Figure 2: Photo de la plante *Mangifera indica* L. par Nizigiyimana L, mars 2022

Leur efficacité dans ces divers traitements proviendrait de leur contenu en constituants à propriétés thérapeutiques (Mustapha *et al.*, 2014). Les feuilles du manguier sont utilisées aussi au Ghana, en Ouganda, en Côte d'Ivoire, au Burkina Faso comme au Nigéria pour aider dans le traitement du paludisme (Tabuti, 2007 ; Kayode *et al.*, 2008 ; Asase et Oppong-Mensah, 2009)

L'objet de cette étude est d'extraire les principes actifs des feuilles de *Mangifera Indica* L., afin de tester leur activité antiparasitaire et bactérienne sur quelques parasites et souches bactériennes reconnues pathogènes pour l'homme. Le but ultime est de pouvoir aider, dans la mesure du possible, le pouvoir public dans la résolution des problèmes liés au parasitisme intestinal et à certaines infections bactériennes.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 Matériels

2.1.1 Echantillonnage et traitement préliminaire

Afin d'extraire les substances bioactives sur lesquelles seront réalisés des tests bactériologiques et contre les parasites intestinaux, des feuilles de *Mangifera indica* L. (manguier) ont été récoltées en Mairie de Bujumbura à deux périodes et deux sites différents aux mois de janvier 2009 et 2015 (au projet maraicher de Ngagara et près des homes universitaires (campus Mutanga) respectivement). La récolte a été effectuée au moment de leur développement mais avant la formation des boutons floraux qui diminuent la teneur en principes actifs (Debuigne, 1984). Le choix de la période de récolte est très déterminant car la valeur de la drogue varie qualitativement et même quantitativement avec le cycle végétatif de la plante si bien que les feuilles se récoltent de préférence au début de la floraison.

Les feuilles récoltées ont été séchées à température ambiante sur les paillasses du Laboratoire du Centre de Recherche Universitaire pour la Pharmacopée et la Médecine Traditionnelle (CRUPHAMET) pendant trois semaines. Ensuite, ces feuilles ont été réduites en poudre dans un mortier en bois à l'aide d'un pilon en bois bien lavé et sec. Après tamisage à l'aide d'un tamis métallique de mailles d'environ 200 µm de diamètre, une poudre fine et homogène a été obtenue. Cette poudre, qui va ensuite servir pour l'identification et l'extraction des principes actifs, est conservée dans un flacon propre et bien fermé.

2.1.2. Matériel microbiologique

Les essais antibactériens ont porté sur six souches bactériennes : *Escherichia coli*, *Klebsiella oxytoca*, *Proteus vulgaris*, *Klebsiella pneumonia*, *Providencia stuartii*, *Staphylococcus aureus*, et *Vibrio cholerae* isolées des patients. Le milieu de culture de Mueller Hinton Agar (MHA), reconnu actuellement pour être de référence pour la majorité des espèces bactériennes, a été utilisé pour la culture de chaque souche bactérienne. La gélose de MHA comprend pour 1 l d'eau distillée: 17.5 g de peptone de caséine, 2 g d'infusion de viande de bœuf, 1.5 g d'amidon de maïs et 17 g d'agar. Une colonie de chaque souche bactérienne est fortement diluée et homogénéisée dans 5 ml d'une solution physiologique.

Le milieu de culture MHA est préparé en homogénéisant 38 g de poudre (extrait) dans 1 l d'eau distillée tout en chauffant sous agitation jusqu'à ébullition. Dans l'entre-temps, la gélose est stérilisée à l'autoclave à 115°C pendant 15 minutes puis répartie dans des boîtes de Pétri jusqu'à couvrir une superficie d'environ 4 mm d'épaisseur. Les boîtes de pétri sont ensuite séchées de 20 à 30 minutes à 35-37°C à l'étuve pour éliminer l'excès d'humidité puis ramenées à la température normale d'incubation.

2.1.3. Matériel parasitologique

Les parasites intestinaux testés sont ceux retrouvés dans les selles de patients du CHUK à savoir *Entamoeba histolytica*, kystes d'*Entamoeba coli* et *histolytica*, *Chilome stix*, *Ankylostoma duodenale*, *Ascaris lumbricoides* (ascaris), *Enteromonas hominis*, *Embadomonas*, *Strongyloides stercoralis* (anguillule) et *Giardia intestinalis* ou *Giardia duodenalis* (giardia). Ces parasites appartiennent à la classe soit des nématodes, soit des rhizopodes, soit des flagellés.

2.2. Méthodes

2.2.1. Screening phytochimique

Le screening phytochimique est un passage obligé si l'on veut isoler le(s) constituant(s) d'une partie d'une plante ayant une activité particulière. Les techniques générales utilisées dans le screening phytochimique permettent de détecter un certain nombre de groupes de substances considérées comme des principes actifs c.à.d. des substances végétales physiologiquement actives présentes dans une matière naturelle brute (Paris & Hurabielle, 1981). Ces substances sont les alcaloïdes, les flavonoïdes, les leucoanthocyanes, les saponosides, les tannins, les quinones, les terpènes et stéroïdes. Leur détection repose sur des tests standards des réactions de coloration ou de précipitation.

L'extraction des principes actifs contenus dans la poudre est effectuée à l'aide d'un solvant minéral (HCl) ou organique (chloroforme, éther). L'extrait ainsi obtenu est traité par des réactifs spécifiques et l'apparition d'une coloration spécifique ou d'un précipité indique la présence du groupe de principes actifs recherché.

Détection des alcaloïdes

Faire macérer 5 g de poudre des feuilles de *Mangifera indica* L. dans 50 ml HCl à 5% et filtrer après 24 h. Prélever une portion de 10 ml du filtrat à répartir dans 3 tubes à essai et y ajouter 2 à 3 gouttes de l'un des réactifs de Dragendorff (D), de Mayer (M) et de Wagner (W). La présence d'alcaloïdes est marquée par la formation d'une suspension ou d'un précipité.

Détection des flavonoïdes (Méthode de Willstater)

Faire une infusé à 10% de la poudre des feuilles de *Mangifera indica* L. puis filtrer. A 3 ml du filtrat, ajouter 3 ml du mélange HCl-méthanol-eau (1 :1 :1(V/V)) et quelques tournures de magnésium. L'apparition d'une coloration orange indique la présence de flavones tandis que celle d'une coloration rouge indique la présence de flavonols et celle violette ou rose les flavonones.

Détection des saponosides

Prélever 10 ml du filtrat de l'infusé à 5% de la poudre dans un tube à essai et agiter pendant un moment et mesurer la hauteur de la mousse épaisse qui persiste après 20 minutes. Une mousse persistante de hauteur supérieure à 1 cm atteste la présence de saponosides.

Détection de tannins

Agiter 5 g de poudre avec 100 ml d'eau distillée chaude pendant quelques minutes, puis filtrer pour obtenir une infusé à 5%. A 10 ml de l'infusé, ajouter quelques gouttes d'une solution de chlorure de fer (III) à 3%. La formation d'un précipité bleu-noir indique la présence de tannins hydrolysables (galliques) alors qu'un précipité brun-verdâtre indique la présence de tannins catéchiques ou condensés.

Détection des terpènes et stéroïdes (test de Lieberman-Burchard)

Faire macérer 1 g de poudre dans 20 ml d'éther pendant 24 h. Evaporer 10 ml du filtrat de macération sur un verre de montre. Dissoudre le résidu dans 1 ml d'anhydride acétique et ajouter 2 ou 3 gouttes de H₂SO₄ concentré. L'apparition d'une coloration mauve qui tourne au vert indique la présence des terpènes-stéroïdes (Bruneton, 1999).

Détection des Leucoanthocyanes

Préparer une infusé à 5% de la poudre des feuilles de

Mangifera indica. Prélever 5 ml de l'infusé et y ajouter 2 ml de HCl 2N. Porter ce mélange à l'ébullition : l'apparition d'une coloration rouge violacée indique la présence des leucoanthocyanes.

Détection des quinones

Humecter 2 g de poudre des feuilles de *Mangifera indica* L. avec une solution de HCl 10%. Laisser macérer dans 5 ml de mélange CHCl₃ – ether (3 :1 (V/V)) pendant 24 h. Traiter 1 ml du filtrat avec NaOH 10% (réaction de Bornträger). Une coloration rose, violacée, ou rouge signale la présence de quinones. La coloration rouge témoigne de la présence d'anthraquinones.

2.2.2. Extraction des principes actifs.

A l'aide de l'appareil de Soxhlet, 30 g de poudre des feuilles de *Mangifera indica* L. ont été extraits successivement par les solvants hexane/heptane, éther diéthylique, chloroforme, acétone, acétate d'éthyle, méthanol et eau. Chaque fois 200 ml du solvant extracteur étaient utilisés. Les extraits ainsi recueillis ont été concentrés grâce à un évaporateur rotatif jusqu'à l'obtention d'un volume de 10-15ml. Ensuite, ces extraits ont été conservés au frigo à 4°C dans des flacons bruns préalablement stérilisés et emballés en papier aluminium avant d'être utilisés dans des tests parasitologiques et bactériologiques.

Un décocté de 10g de poudre dans 100 ml d'eau distillée a aussi été préparé en portant ce mélange à ébullition pendant 15 min. Le décocté résultant a été aussi conservé au frigo en attendant son emploi dans des tests bactériologiques.

Par ailleurs, quatre des principes actifs présents en plus grande quantité dans les feuilles du manguier ont été extraits afin de vérifier leur activité contre quelques parasites intestinaux et certaines souches bactériennes.

Avant de commencer l'extraction proprement dit, on procède d'abord au dégraissage de la poudre par un solvant non polaire comme l'hexane/heptane, l'éther de pétrole ou le chloroforme. Ainsi, la poudre des feuilles de *Mangifera indica* L. a été débarrassée des graisses, terpènes, cires et autres substances lipophiles qui sont susceptibles de gêner le bon déroulement du processus d'extraction (Bruneton, 1999).

Extraction des terpènes et stéroïdes.

La solution hexanique ou heptanique de l'étape de dégraissage est utilisée pour en extraire les terpènes et les stéroïdes. Il est préalablement concentré à l'aide d'un évaporateur rotatif et le résidu résultant est traité par une solution méthanolique de KOH 0.5N. Le mélange est chauffé à reflux pendant 2 h à 65°C. Le méthanol est ensuite évaporé et le résidu est dissous dans de l'eau distillée chaude. Les terpènes et stéroïdes sont extraits de cette solution aqueuse par l'éther diéthylique à l'aide d'une ampoule à décanter et cela à trois reprises pour maximiser l'extraction du principe actif. Les extraits éthers combinés sont ensuite concentrés par rotavap. Un test de Liebermann-Burchard effectué sur ce concentré a permis de confirmer que ce dernier contenait des terpènes et des stéroïdes et l'extrait concentré a alors été conservé pour servir aux analyses ultérieures.

Extraction des tannins.

20 g de la poudre de feuilles dégraissée ont été introduit dans une nouvelle cartouche et l'extraction au Soxhlet s'est poursuivie en utilisant 200 ml du système acétone-eau (3:2 (V/V)). L'extrait hydro-acétonique a été concentré grâce à l'évaporateur rotatif pour éliminer l'acétone. Le résidu aqueux est traité avec du chloroforme afin d'en extraire les pigments et les lipides. Par décantation, la phase aqueuse contenant les tannins a été séparée de la phase de chloroformique. Les tests au FeCl₃ 3% et à la gélatine salée menés sur cette phase aqueuse ont été rassurants quant à la présence des tannins. Ainsi l'extrait aqueux tannique a été conservé au frigo dans un flacon préalablement stérilisé pour servir ultérieurement dans des tests d'activité antiparasitaire et bactériologiques.

Extraction des saponosides

20 g de la poudre dégraissée au n-hexane ou n-heptane sont séchés et extraits à l'aide de l'appareil de Soxhlet par 200 ml du système de solvants méthanol-eau (4:1 (V/V)). L'extrait obtenu est concentré à l'aide d'un évaporateur rotatif pour éliminer le méthanol.

Au résidu aqueux obtenu, il est ajouté le mélange solvant eau-n-butanol (1:1 (V/V)) tout en agitant. Ensuite, grâce au rotavap, on élimine le n-butanol et le résidu aqueux résultant qui renfermerait une mixture de glycosides est dissous dans du méthanol puis de l'acétate d'éthyle y est ajouté lentement pour précipiter ces glycosides. Après élimination de l'acétate d'éthyle par un évaporateur rotatif, le résidu est redissous dans du méthanol et l'extrait méthanolique obtenu a été utilisé dans les analyses ultérieures.

Extraction des flavanoïdes

20 g de poudre obtenue après dégraissage au n-hexane ou n-heptane sont séchés puis introduits dans une nouvelle cartouche et sont traités, au Soxhlet, avec 200 ml d'acétate d'éthyle, un solvant de polarité requise pour l'extraction des flavonoïdes.

L'extrait obtenu est concentré à l'aide d'un évaporateur rotatif pour en éliminer l'acétate d'éthyle; puis il a été conservé au frigo en attendant son utilisation dans les analyses bactériologique et parasitologique ultérieures.

2.2.3. Analyse des parasites intestinaux

Les parasites intestinaux (amibes, flagellés, anguillules, ascaris et ankylostomes), trouvés dans des échantillons de sels prélevés chez des patients, ont été détectés par analyse au microscope.

Tout le matériel est préalablement désinfecté au chlorhexidine. Une petite portion de selles diluées avec du sérum physiologique est analysée au microscope afin de visualiser la mobilité des trophozoïtes de protozoaires. Et, à l'aide d'une pipette pasteur, trois à quatre gouttes des cinq extraits aqueux, flavonoïde, saponoside, tannique et terpène et stéroïdique sont prélevées et déposées sur les lames portant l'échantillon de selles contenant les parasites. Après une bonne homogénéisation, les lames sont recouvertes avec une lamelle. Après environ 5 minutes de repos, les examens microscopiques sont effectués pour constater si le parasite garde la même mobilité qu'avant l'application de l'extrait ou pas.

2.2.4 Détermination de la sensibilité bactérienne

Au moyen d'un perforateur, des disques, en papier filtre adsorbant de qualité spéciale à imprégnation exacte, de 5.7 mm de diamètre sont préparés. Après une stérilisation préalable à l'étuve à 100°C pendant 8 h, ces disques ont été trempés pendant 24 h dans les différents extraits préparés à partir des feuilles de *Mangifera indica* L. Après ce temps, ils ont été retirés puis séchés à 80°C à l'étuve durant 20 minutes. Ensuite en attendant leur utilisation, ils ont été conservés au réfrigérateur à 4°C dans un flacon stérile.

A l'aide d'un écouvillon, une suspension microbienne, obtenue en diluant une colonie de chaque souche bactérienne dans 5 ml d'eau physiologique, a été étalée sur le milieu de culture Mueller Hinton (MHA) se trouvant dans une boîte de Pétri. Ensuite, au moyen d'une pince stérilisée, les disques en papier filtré

stérilisés et imprégnés de l'extrait sont appliqués sur le milieu de culture juste après l'ensemencement. Après 24 h d'incubation à 37°C dans l'étuve, les résultats du test de sensibilité ont été relevés.

3. PRESENTATION DES RESULTATS

Les résultats obtenus sont présentés dans les tableaux 1 à 3 dans lesquels on retrouve les résultats du screening phytochimique des feuilles de *Mangifera indica* L., des tests parasitologiques et bactériologiques des extraits de feuilles de la plante. Les résultats de screening phytochimique trouvés pour les feuilles récoltées en 2009 et celles récoltées en 2015 sont presque similaires (Tableau 1). En effet, pour les deux échantillons, il a été trouvé que les feuilles de manguier renferment trois principes actifs (flavonoïdes, saponosides ainsi que les tannins) en grande quantité.

Tableau 3: Screening phytochimique des feuilles de *Mangifera indica* L.

Principes actifs		Barèmes pour R1	Barèmes pour R2
Alcaloïdes	D	-	-
	M	-	-
	W	-	-
Flavonoïdes		+++	+++
Tannins		+++	+++
Saponosides		+++	+++
Quinones		-	+
Leucoanthocyanes		-	++
Terpènes & stéroïdes		+++	-

D : réactif de Dragendorff, M : Réactif de Mayer, W: Réactif de Wagner

R1 : Echantillon de feuilles récoltées en janvier 2009 au projet maraîcher localisé en zone Ngagara, commune Muha en Mairie de Bujumbura

R2 : Echantillon de feuilles récoltées en janvier 2015 près du Home universitaire communément appelé G.H.

- : absence de coloration ou précipitation (absence de substances recherchées)

+ : coloration ou précipitation faible (présence des substances recherchées en quantité faible)

++ : coloration ou précipitation nette (présence des substances recherchées en quantité moyenne)

+++ : coloration ou précipitation importante (présence des substances recherchées en quantité importante).

Au vu de l'abondance en principes actifs des feuilles de *Mangifera indica*, différents extraits aqueux et organiques ont été réalisés afin qu'il soit testé leur activité contre les parasites intestinaux et aussi leur sensibilité bactérienne. Ainsi, les données du tableau 2 montrent comment les parasites intestinaux ont réagi

face aux différents extraits des feuilles récoltées en 2009.

Tableau 2: Résultats des tests parasitologiques effectués sur les extraits de feuilles de *Mangifera indica* L.

Extrait	E1	E2	E3	E4	E5
Parasites					
<i>Entamoeba histolitica</i>	++	+	++	++	+
Kystes d' <i>E. histolitica</i>	-	-	-	-	-
Kystes d' <i>E. coli</i>	-	-	-	-	-
<i>Chilomastix mesnili</i>	+++	+++	+++	+++	+
<i>Ascaris lumbricoides</i>	-	-	-	-	-
<i>A. duodenale</i>	-	-	-	-	-
<i>Enteromonas hominis</i>	++	++	++	+	+
Levures	-	-	-	-	-
Filaments mycéliens.	-	-	-	-	-
Kystes de <i>Giardia</i>	-	-	-	-	-
<i>Embdomonas</i>	+	++	++	++	+
<i>S. stercoralis</i>	-	-	-	-	-

E1 : Saponosides; E2 : Tannins; E3 : Terpènes et stéroïdes ; E4 : Flavonoïdes ; E5 : Extrait aqueux de la poudre; +++ : réaction rapide; ++ : réaction lente; + : réaction faible; - : pas de réaction

Les tests de sensibilité bactérienne ont été réalisés sur des extraits et infusés de l'échantillon des feuilles de *Mangifera indica* L. récoltées près des homes universitaires (G.H) en 2015. Trois extraits organiques et un infusé aqueux ont été préparés en vue du test de sensibilité bactérienne et les résultats sont synthétisés dans le tableau 3.

Tableau 3: Test de sensibilité bactérienne des extraits organiques et infusés de l'échantillon des feuilles récoltées en 2015

Extrait	F	T	Sa	Aq
Souches				
<i>Escherichia coli</i>	-	+++ (10 mm)	+	-
<i>Klebsiella pneumonia</i>	+++ (9 mm)	-	-	++ (6.5 mm)
<i>Klebsiella oxytoca</i>	+	-	+	-
<i>Providencia stuartii</i>	-	-	+++ (8 mm)	-
<i>Vibrio cholerea</i>	+	-	++ (7.5 mm)	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	+	+++ (8 mm)	++ (7.2 mm)	-
<i>Proteus vulgaris</i>	+	-	+	-

- : pas de sensibilité (pas de zone d'inhibition); + : sensibilité faible (zone d'inhibition d'au plus 4 mm de diamètre) ; ++ : sensibilité moyenne (zone d'inhibition entre 5-8 mm de diamètre); +++ : sensibilité importante (zone d'inhibition supérieure ou égale à 8 mm de diamètre);

Sa : Saponosides; T : Tannins; F : Flavonoïdes; Aq: Infusé de la poudre des feuilles sèches

4. DISCUSSION DES RESULTATS

La présence des tannins dans les feuilles de manguier avait déjà été soulevée par Seremé *et al.* (2008) au Burkina Faso vu que le manguier y est classé comme plante tannifère. Même si l'échantillon des feuilles récoltées à Ngagara contient des terpènes et stéroïdes en quantité importante, ces derniers sont absents dans l'échantillon de feuilles récoltées au Campus Mutanga.

Par ailleurs, le même échantillon du projet maraîcher de Ngagara a révélé la présence de quinones et de leucoanthocyanes non détectés dans l'échantillon du Campus Mutanga près du Grand Home. Par ailleurs, les deux échantillons se sont caractérisés par l'absence totale d'alcaloïdes ce qui contraste avec les résultats de Mustapha *et al.*, 2014 où les alcaloïdes se sont retrouvés en grande quantité. Cette différence en principes actifs détectés pour les deux échantillons s'expliquerait par plusieurs facteurs comme la nature du sol, l'âge de la plante, les conditions de séchage et de conservation, le climat,... (Rwangabo, 1986). Le contenu en principes actifs des feuilles de *Mangifera indica* L. est comparable à celui précédemment trouvé pour les feuilles de *Psidium guajava* L (Nizigiyimana *et al.*, 2020) même si les barèmes utilisés peuvent être différents pour l'un ou l'autre groupe de principe actif.

Du tableau 2, il est à noter que chacun des extraits organiques (flavonoïdes, saponosides, tannins, terpènes et stéroïdes) a une activité moyenne sur la forme végétative de l'*Entamoeba histolytica* et une activité appréciable sur le flagellé *Chilomastix mesnili* et moyenne à faible sur les deux autres flagellés *Enteromonas hominis* et *Embadomonas*. Ces extraits restent sans effet sur les autres parasites intestinaux analysés. Il est aussi lisible que l'extrait aqueux de la poudre des feuilles est faiblement actif sur les parasites *Entamoeba histolytica*, *Chilomastix mesnili*, *Enteromonas hominis* et *Embadomonas* ; mais complètement inactif sur les kystes d'*Entamoeba coli*, d'*Entamoeba histolytica* et de *Giardia* tout comme sur les larves d'anguillule et les œufs d'*Ascaris lumbricoides* et d'*Ancylostoma duodenale*. Les levures et les filaments mycéliens sont aussi restés insensibles à tous les extraits. L'extrait aqueux de la poudre a répondu positivement mais avec une sensibilité faible que les extraits tannique, flavonoïde ainsi que terpènes et stéroïdes en séparé sur l'ensemble des parasites étudiés. Il serait sûrement intéressant de tester ces différents extraits sur d'autres parasites intestinaux différents.

L'expression et l'interprétation des résultats des tests de sensibilité actérienne sont seulement qualitatives, en se référant à la fiche technique d'antibiogramme (Frotte & Vergez, 1994), qu'il y a sensibilité clinique, résistance clinique ou sensibilité intermédiaire dans la frontière d'incertitude. Il est remarqué que les souches d'*Escherichia coli* (10 mm) et de *Staphylococcus aureus* (8 mm) ont montré une activité importante pour l'extrait tannique, tandis que l'extrait des flavonoïdes a montré une activité importante sur les souches de *Klebsiella pneumonia* (9 mm) d'une part et une faible sensibilité sur les souches, *Klebsiella oxytoca* (2.5 mm), *Vibrio cholerae* (3 mm), *Staphylococcus aureus* (3.4 mm) et *Proteus vulgaris* (3 mm) d'autre part. Une sensibilité moyenne à l'extrait des saponosides été relevée pour les trois souches bactériennes de *Providencia stuartii* (8 mm), *Vibrio cholerae* (7.5 mm) et *Staphylococcus aureus* (7.2 mm). Pour ce même extrait de saponosides, une faible sensibilité a été notée pour les souches d'*Escherichia coli* (2 mm), *Klebsiella oxytoca* (2.3 mm) et de *Proteus vulgaris* (2.5 mm). Parmi les sept souches étudiées, seule la souche de *Klebsiella pneumonia* a manifesté une résistance à cet extrait des saponosides. A l'infusé aqueux, seule la souche de *Klebsiella pneumonia* a montré une sensibilité moyenne (6.5 mm) tandis que les six autres souches bactériennes sous études ont été résistantes.

Il est donc à noter que l'extrait des saponosides est plus réactif face aux sept souches bactériennes que les extraits tannique et flavonoïde ou même l'infusé de la poudre des feuilles. Comme l'infection de chaque souche bactérienne est à l'origine d'une maladie donnée, on peut dire que l'extrait tannique des feuilles du manguier pourrait être efficace pour combattre les maladies induites par *Escherichia coli* alors que pour celles induites par *Klebsiella pneumonia*, on se servirait de l'extrait des flavonoïdes ou l'infusé aqueux. Pour lutter contre l'invasion bactérienne de *Providencia stuartii* ou *Vibrio cholerae*, seul l'extrait des saponosides pourrait être utilisé alors que pour les souches de *Staphylococcus aureus*, deux extraits sont possibles, l'extrait tannique ou celui des saponosides. Bien que le screening phytochimique des feuilles de *Mangifera indica* L. donne un spectre similaire à celui des feuilles de *Psidium guajava* en termes du contenu en groupes de principes actifs (Nizigiyimana *et al.*, 2020), la réactivité de ces derniers face aux parasites intestinaux et les souches bactériennes communs aux deux études est différente.

Par ailleurs, avec la thèse de Ghoulot, 2018, l'intérêt

thérapeutique des différentes parties de *Mangifera indica* L. a été démontré puisque les extraits aqueux et éthanolique de ces différentes parties ont montré différentes activités antibactériennes, antifongiques, antiparasitaires, anti inflammatoires,... Dans cette thèse, l'activité antibactérienne des extraits aqueux de feuilles a été testée sur les bactéries prélevées sur un échantillon de gencive enflammée et les différents micro-organismes isolés ont été sensibles à l'extrait aqueux de feuilles de manguier. L'activité antibactérienne de l'extrait méthanolique de l'écorce de *Mangifera indica* L. a aussi été révélée envers *Klebsiella pneumonia* et *Staphylococcus aureus*. Selon Mustapha et al. 2014, les souches microbiennes étudiées de *Shigella flexneri*, *Pseudomonas fluorescens*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* et *Bacillus spp* ont été plus sensibles à l'extrait au vin de palme des feuilles de manguier par rapport à leur extrait éthanolique. La sensibilité trouvée des souches *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus* pour l'extrait de vin de palme dans l'étude de Mustapha (2014) est similaire à celle de notre extrait tannique.

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Compte tenu des résultats du screening phytochimique montrant une abondance des feuilles de *Mangifera indica* L. en substances actives, l'emploi de cette plante dans plusieurs domaines de la médecine traditionnelle n'est pas surprenant. Les tests parasitologiques, réalisés sur les extraits organiques et aqueux des feuilles de cette plante, confirment qu'ils renferment des principes actifs qui agissent sur certains parasites comme les amibes, le *Chilomastix*, les *Embadomonas* et *Enteromonas hominis*. Ce qui justifierait l'utilisation des feuilles de *Mangifera indica* L. dans le traitement des maux liés à ces parasites. Les tests de sensibilité bactérienne des souches bactériennes disponibles vis-à-vis des extraits organiques et infusés montrent que l'extrait des saponosides a donné une sensibilité plus ou moins significative sur plusieurs souches bactériennes alors que l'extrait tannique n'a manifesté un effet inhibiteur que sur deux des souches étudiées à savoir *E. coli* et *S. aureus*. L'extrait aqueux a moyennement été sensible pour la souche de *Klebsiella pneumonia* seulement. En plus de l'activité importante avérée pour la souche de *Klebsiella pneumonia*, l'extrait des flavonoïdes répond aussi mais faiblement aux autres souches bactériennes sauf *Escherichia coli* et *Providencia stuartii* auxquels il reste inactif.

Même si la médecine traditionnelle au Burundi ne rapporte aucun usage de cette plante dans le traitement

des pathologies induites par les parasites intestinaux et les souches bactériennes ayant été sensibles aux extraits flavonoïdes et saponosides, l'usage de cette plante ailleurs est rapporté dans la littérature. Il serait bénéfique à toute la population burundaise de connaître les bienfaits et les vertus thérapeutiques avérés de cette plante. Une domestication à grande échelle de cette plante est à promouvoir sur toute l'étendue nationale. Il serait aussi intéressant de révéfier et confirmer ou l'infirmier la présence des principes actifs ayant donné un test négatif au screening phytochimique en faisant la récolte des feuilles pendant différentes saisons de l'année, à différents âges de la plante et à différentes heures de la journée. En effet selon Sofowara, 1996, ces différents paramètres ont une influence sur l'existence ou non d'une substance dans une plante. Par ailleurs il serait aussi intéressant de connaître les concentrations minimales inhibitrices afin de confirmer l'usage effectif des différents extraits ayant donné un effet inhibiteur net. Dans cette perspective, les extraits, n'ayant donné de sensibilité appréciable pour certaines souches, devraient être réanalysées pour pouvoir statuer sur leur inefficacité.

6. RÉFÉRENCES

Bruneton J. 1999. Pharmacognosie, phytochimie et plantes médicinales, In: Technique et Documentation Lavoisier, Paris.

Bukuru E, 1996. Contribution au dépistage des parasitoses intestinales dans les centres de déplacés de Bujumbura: cas du site de Carama. Mémoire, Université du Burundi, Faculté des Sciences, Bujumbura.

Debuigne G., 1984. Larousse des plantes qui guérissent. Librairie Larousse, Paris

Ezuruike U. F. & Prieto J. M., 2014. The use of plants in the traditional management of diabetes in Nigeria: Pharmacological and toxicological considerations, *Journal of Ethnopharmacology* 155, 857-924.

Garcia D., Escalante M., Delgado R., Ubeira F. M. and Leiro J., 2003. Anthelmintic and Antiallergic Activities of *Mangifera indica* L. Stem Bark Components Vimang and Mangiferin, *Phytother. Res.* 17, 1203-1208.

Gentilini M, Duflo B. et Danis M., 1986. Médecine tropicale, 4ème Ed., Paris, Flammarion, 839 p

Graham L.P., 2003. Chimie Pharmaceutique, traduction

Ghoulot C., 2018. Le manguier: intérêt pour la phytothérapie, Thèse.

Malgras D., 1992. Arbres et arbustes guérisseurs des savanes maliennes, ACCT Karthala, Paris, 478 p.

Mustapha A. A., Enemali M. O., Olose M., Owuna G., Ogaji J. O., Idris M. M., Aboh V. O., 2014. Phytoconstituents and Antibacterial efficacy of Mango (*Mangifera indica*) leave extracts, *Journal of plants medicinal studies*, 2(5): 19-23.

Nascimento G. G., Locatelli J, Freitas P.C., Silva G. L., 2000. Antibacterial activity of plant extracts and phytochemicals on antibiotic-resistant bacteria. *Brazilian Journal of Microbiology*; 31:247-256.

Nizigiyimana L, Nahimana S, Ndayiziga L., 2020. Tests d'activités antiparasitaires et antibactériennes des extraits des feuilles de *Psidium guajava* L. (ipera) du Burundi, *Revue de l'Université du Burundi, Série-Sciences Exactes et Naturelles*, p13-22.

Paris M. & Hurabielle M., 1981. Abrégé de matière médicale (pharmacognosie). Tome 1, Généralités, monographies, Paris; New York: Masson.

Parvez GM, 2016. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*; 5(3): 01-07.

Rwangabo P.C., 1986. Recherche des substances chimiques susceptibles de justifier l'activité biologique de quelques plantes utilisées largement en médecine traditionnelle rwandaise. Thèse, 357 p.

Seremé A., Millogo J, Guinko S., Nacro M., 2008. Concentration en tanins des organes de plantes tannifères du Burkina Faso, *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie* 25; 55 -61.

Shah K. A., Patel M. B., Patel R. J., and Parmar P. K., 2010. *Pharmacognosy Review*, 4(7): 42–48.

Sofowora A., 1996. Plantes médicinales et médecine traditionnelle en Afrique, ed. Karthala, Paris, 378 p.



Contribution à la caractérisation des plantes envahissantes des marais de la rivière Ruvubu

Igirukwishaka J.B.¹, Bararunyeretse P.³, Habonayo R.² & Bangirinama F.¹

¹Ecole Normale Supérieure de Bujumbura, Département des Sciences Naturelles, Centre de Recherche en Sciences et de Perfectionnement professionnel (CReSP). B.P. 6983 Bujumbura-Burundi, Emails: igiru2015@gmail.com; bangifre2003@yahoo.fr

²Université du Burundi, Faculté d'Agronomie et de Bio-Ingénierie (FABI), Centre de Recherche en Sciences des Productions Animales, Végétales et Environnementales (CRAVE). B.P. 2940. Bujumbura, Burundi. E-mails: richard.habonayo@ub.edu.bi

³Université du Burundi, Faculté des Sciences, Centre de Recherche en Sciences naturelles et Environnement. B.P. 2700 Bujumbura. E-mail : prudencebara@gmail.com
Auteur correspondant : igiru2015@gmail.com

Reçu: 31 mars 2023

Accepté: 28 août 2023

Publié : 6 septembre 2023

RESUME

Les invasions biologiques constituent la deuxième source de destruction des écosystèmes terrestres et aquatiques. Néanmoins, les connaissances sur les taxons envahissants, leur niveau de prolifération et les zones affectées restent lacunaires au Burundi. Afin d'apporter des connaissances utiles aux gestionnaires des plantes envahissantes, une étude a été conduite dans les marais de l'une des plus importantes rivières du Burundi, la rivière Ruvubu. L'objectif étant de : (i) Faire un inventaire floristique ; (ii) mettre en relief la diversité des plantes envahissantes du site prospecté et (iii) déterminer un gradient floristique des plantes envahissantes. L'approche systématique basée sur des relevés phytosociologiques a été utilisée pour établir la richesse floristique. La détermination des plantes envahissantes a nécessité la combinaison du taux de recouvrement moyen et des caractéristiques biologiques de la plasticité spécifique envahissante des espèces dominantes. Les résultats ont fait état de 161 espèces réparties dans 125 genres et 54 familles. La combinaison du taux de recouvrement moyen des espèces avec les caractéristiques de la plasticité envahissante a permis de retenir 13 espèces envahissantes avérées et sept autres espèces de plantes envahissantes potentielles. Les plantes envahissantes retenues se répartissent dans six familles botaniques dont deux (Poaceae et Asteraceae) sont les plus représentées regroupant à elles seules 69,23% des espèces envahissantes. Le gradient floristique des plantes envahissantes retenues augmente de l'amont vers l'aval de la rivière.

Mots clés : Diversité, Plasticité envahissante, Degré d'envahissement, Gradient floristique, Burundi

ABSTRACT

Biological invasions are the second most important source of destruction of terrestrial and aquatic ecosystems. However, knowledge on invasive taxa, their level of proliferation and the areas affected is still lacking in Burundi. In order to provide useful knowledge to invasive plant managers, a study was conducted in the marshes of one of the most important rivers in Burundi, Ruvubu river. The objectives were to (i) make a floristic inventory; (ii) highlight the diversity of invasive plants in the surveyed site and (iii) determine a floristic gradient of invasive plants. The systematic approach based on phytosociological surveys was used to establish the floristic richness. The determination of invasive plants required the combination of the average cover rate and the biological characteristics of the invasive specific plasticity of the dominant species. The results showed 161 species in 125 genera and 54 families. The combination of the average species cover rate with the characteristics of invasive plasticity allowed the selection of 13 proven invasive species and seven other potential invasive plant species. The selected invasive plants are distributed in six botanical families of which two (Poaceae and Asteraceae) are the most represented, accounting for 69.23% of the invasive species. The floristic gradient of the selected invasive plants increases from the upstream to the downstream of the river.

Keywords: Diversity, invasive specific plasticity, degree of invasion, Floristic gradient, Burundi

1. INTRODUCTION

Les plantes envahissantes causent des dommages et ont des potentialités de détruire l'environnement, la santé ou la production agricole. Les nombreux impacts causés par les plantes envahissantes sont principalement liés à leurs capacités d'adaptation, de reproduction et de dispersion qui les avantagent par rapport aux espèces indigènes (Abram & Moffat, 2018; Akodéwou *et al.*, 2019). L'expansion des espèces envahissantes dans un milieu se fait toujours au détriment des autres espèces indigènes. Par leur capacité d'occupation du milieu, les plantes envahissantes étouffent et neutralisent les autres espèces, en réduisant aussi bien leur densité que leur diversité (Natacha *et al.*, 2009). Elles peuvent modifier le fonctionnement des écosystèmes et les caractéristiques de l'environnement abiotique (Osawa *et al.*, 2013). Elles sont à l'origine d'une nouvelle répartition plus homogène des espèces. Cette nouvelle répartition est si importante que certains scientifiques parlent d'une nouvelle ère d'évolution dénommée « Homogéocène » (Jacques *et al.*, 2006; Jean-François *et al.*, 2012). Or, l'homogénéisation biotique a un impact négatif sur la capacité des communautés à fournir des services écosystémiques multiples. En effet, toutes les espèces ne fournissent pas les mêmes services avec la même intensité (Van Der Plas *et al.*, 2016). Néanmoins, les connaissances sur les taxons envahissants, leur niveau de prolifération et les zones affectées restent lacunaires au Burundi. Cela illustre que le gestionnaire burundais de la biodiversité manque encore des outils de référence pour une lutte préventive et curative des plantes envahissantes.

Quelques études sur les plantes envahissantes ont été déjà faites au Burundi (Nzigidahera, 2017; Habonayo *et al.*, 2019). Cependant il a été remarqué que, ce sont les aires protégées, surtout le parc national de la Rusizi, celui de la Kibira, la réserve naturelle forestière de Bururi et le paysage aquatique protégé de Bugesera qui ont été beaucoup ciblés par rapport au reste du pays.

Il est reconnu que les espaces humides sont particulièrement vulnérables aux invasions biologiques surtout végétales (Joy & Kercher, 2004). Or ces espaces avec leurs biodiversités relatives, sont particulièrement intéressants dans la mesure où ils présentent des fonctions écologiques et socio-économiques particulières (MEEATU, 2014). Au Burundi, ce sont les marais qui constituent les zones humides. Ces marais occupent 117993 hectares soit environ 4,24% du territoire national et sont actuellement beaucoup perturbés par les activités anthropiques surtout l'agriculture (Bizuru, 2005). En plus, ces espaces perturbés revêtent un rôle important vis-à-vis des

invasions de plantes exotiques. Ils interviennent en effet au premier plan dans les flux d'espèces envahissantes entre les différents compartiments du paysage (Groupe espèces envahissantes, 2011). Il est donc nécessaire, dans le cadre d'une démarche systémique, de les intégrer dans l'analyse des invasions de plantes au sein des milieux naturels.

Cette étude est menée dans l'une des zones les moins ou non prospectées du Burundi (Masabo & Nindorera, 2019), les marais de la rivière Ruvubu. Cette dernière draine plus d'un quart des eaux du Burundi et est l'affluent le plus méridional du fleuve Nil. Elle prend ses sources dans les montagnes de la crête Congo-Nil et fait partie du bassin de la haute Akagera. Les écosystèmes des marais du Burundi restent mal connus dans leur ensemble (Bizuru, 2005) ; et les marais de la rivière Ruvubu n'échappent pas à cette situation.

L'objectif global de la présente recherche est de contribuer à la connaissance des plantes envahissantes présentes dans les marais de la rivière Ruvubu. Spécifiquement, le travail a consisté à : (i) Faire un inventaire floristique ; (ii) mettre en relief la diversité des plantes envahissantes du site prospecté et en fin (iii) déterminer un gradient floristique des plantes envahissantes de l'amont à l'aval.

2. METHODOLOGIE

2.1. Milieu d'étude

La rivière Ruvubu fait partie du grand bassin du fleuve Nil, étant donné que le réseau hydrologique du Burundi comprend deux grands bassins hydrologiques : le bassin du Congo et le bassin du Nil, le plus long fleuve du continent et qui prend sa source méridionale au Burundi (MEEATU, 2014).

La plus grande partie (plus d'un quart) des eaux burundaises qui approvisionnent le Nil est drainée par la Ruvubu, cours d'eau le plus important au Burundi et l'affluent le plus méridional de ce fleuve (Bizuru, 2005). Au Burundi, avec ses 285 km, la Ruvubu reçoit de nombreux affluents dont les principales sont la Kinyankuru, la Ndurumu, la Nyakigezi, la Mubarazi, la Ruvyironza, la Nyabaha et la Kayongozi. La plupart de ces cours d'eau prennent leur source sur la crête Congo-Nil. La Ruvubu passe par trois régions naturelles écologiquement différentes qui sont Buyenzi, Kirimiro et Bweru (APRN/BEPB, 2012). Le bassin versant de la Ruvubu représente 10200 km² et les marais de la Ruvubu sont en grande partie inondés et occupés par des marécages permanents (Bizuru, 2005; Masharabu, 2011). La figure 1 situe la rivière Ruvubu et la zone d'étude. Cette dernière s'étale sur 20 ponts se trouvant

sur la rivière Ruvubu avant son entrée dans le parc national de la Ruvubu. Le premier pont se trouve sur la route nationale n°1 (RN1) et joint les collines Camizi de la commune Matongo et Gitwa de la commune Kayanza toutes de la province Kayanza ; et le dernier pont se trouve sur la route nationale n°12 (RN12) et joint les collines Kiryama de la commune Shombo en province Karusi et Gisagara de la commune Giheta en province Gitega.

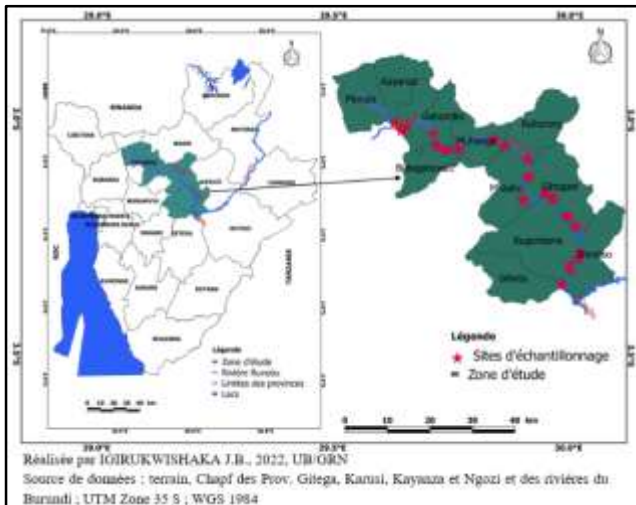


Fig.3 : Localisation de la rivière Ruvubu et zone d'étude

2.2. Collecte de données

La démarche phytosociologique dans la collecte des données a été privilégiée. L'échantillonnage a été fait sur 38 relevés phytosociologiques répartis en 19 sites d'espaces semi-naturels aux environs des ponts traversant la rivière Ruvubu. Le choix de tels sites a été motivé par leur forte perturbation suite à leur accessibilité rendue facile par la présence des ponts (Rejmánek *et al.*, 2013). La récolte a été effectuée en utilisant la technique d'aire minimale (Bangirinama *et al.*, 2010; Meddour, 2011) et les limites des relevés ont été fixées de manière à éviter les zones de contact entre phytocénoses différentes. Lors du présent travail, l'on a considéré une aire minimale variant entre 32 m² et 64 m² selon la diversité des espèces présentes sur une surface à relever et selon leur degré d'homogénéité.

Sur le terrain, des spécimens de toutes les espèces recensées ont été récoltés et mis en herbier. La détermination des noms scientifiques des espèces a été faite de façon préliminaire par la mise à profit des connaissances des guides. On a ensuite consulté les ouvrages de Merlier & Montegut (1982) ; Reekmans & Niyongere (1983); Troupin (1978, 1983, 1985, 1988) ;

LeBorgeois & Merlier (1995); Fischer & Killmann (2008) ; Habiyaemye & Nzigidahera (2016) et Nzigidahera *et al.* (2020). De plus, les échantillons ont été comparées aux collections de l'herbarium de la faculté des sciences à l'Université du Burundi.

2.3. Traitement des données

L'analyse de la flore a porté sur l'établissement de la composition du milieu en espèces (richesse spécifique) et sur le calcul des indices de diversité : diversité de Shannon (H), de Simpson (D) et de régularité (équitabilité) de Piélou (E). En effet, L'indice de Shannon (H) est, selon Ramade (2009), relativement indépendant de la taille de l'échantillon . Il est donné par l'expression :

$$H = \frac{\sum(n_i)}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \text{ ou } H = - \sum p_i \log_2 p_i$$

avec $\begin{cases} n_i : \text{l'abondance de l'espèce} \\ N : \text{nombre total d'espèces} \\ p_i : \text{l'abondance proportionnelle} \\ \text{de chaque espèce} \end{cases}$

L'indice de Shannon est nul lorsqu'il y a une seule espèce et sa valeur maximale est égale à $\log_2 N$ lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Dajoz, 2006). L'indice de Simpson est un indice de dominance. D'une part, la valeur 1 est atteinte s'il y a une seule espèce présente (N=1) c'est-à-dire qu'il y a dominance complète. D'autre part, on obtient des valeurs qui tendent vers 0 s'il y a un grand nombre d'espèces (absence de dominance). Cet indice est donné par le rapport :

$$D = \frac{\sum(n_i)^2}{N} \text{ ou } D = \sum(p_i)^2 \text{ avec}$$

$\begin{cases} N : \text{l'ensemble de toutes les valeurs d'importance} \\ \text{définie} \\ n_i : \text{la valeur d'importance de chacun des constituants} \\ \text{de chaque espèce} \\ p_i : \text{probabilité de chacune des parties de l'ensemble ou} \\ \text{abondance relative de chaque espèce.} \end{cases}$

La diversité de cet indice de Simpson est donnée par son indice réciproque (1-D) de sorte qu'un indice élevé reflète une diversité élevée.

L'indice d'équitabilité ou de régularité reflète la stabilité des espèces. Il mesure le degré de diversité atteint par un peuplement par rapport à sa valeur maximale et permet de comparer deux groupements qui n'ont pas le même nombre d'espèces. Il utilise lui aussi, de façon non directe, le rapport n_i/N et sa valeur maximale est égale à 1. Il est obtenu par :

$$E = \frac{H}{\log_2 N}$$

L'utilisation de ces trois indices de manière concomitante permet une étude plus complète des informations concernant la structure des communautés (Grall & Coic, 2006).

L'analyse de la flore a également fait recours à des descripteurs non taxonomiques (types biologiques, types de diaspores, types phytogéographiques). En effet, pour les types biologiques (TB), le système de Raunkiaer (1934) tel que modifié par Lebrun (1947) a été utilisé. C'est un système utilisé par d'autres auteurs (Bangirina, 2010; Bizuru, 2005; Hakizimana *et al.*, 2012; Masharabu, 2011; Nduwimana, 2014) et reconnaît les phanérophytes (Ph), les chaméphytes (Ch), les hémichryptophytes (Hc), les Thérophytes (Th), Géophytes (Gé) et les Hydrophytes (Hy).

Pour les types phytogéographiques, le système de Lebrun (1947) modifié par (White 1979, 1983) a été utilisé. Ce système a été utilisé dans les travaux réalisés au Burundi (Bangirina, 2010; Bizuru, 2005; Hakizimana *et al.*, 2012; Masharabu, 2011; Nduwimana, 2014) où on reconnaît les espèces à large distribution sur le globe terrestre (Cos), espèces pantropicales (Pan); espèces paléo-tropicales (Pal); espèces afrotropicales (Afr trop); espèces plurirégionales africaines (Plur Afr); espèces montagnardes (Mo), les espèces de liaisons (Li Mo-SZ, Li G-Mo); espèces soudano-zambéziennes (SZ).

Pour les types de diaspores, la reproduction sexuée a été considérée. Les diaspores concernées sont les fruits ou les graines. Le système utilisé de classification est celui de Dansereau & Lems (1957) qui reconnaît les Sarcobores (sarco), les Desmobores (Desmo), les Sclérobores (Scléro), les ptérobores (ptéro), les pogobores (Pogo), les ballobores (Ballobores), les Barobores (Baro) et les Hydrobores (Hy).

Pour ces descripteurs non taxonomiques, il a été établi les spectres pondérés. Le spectre pondéré (SP) en % est le rapport de la somme des valeurs de recouvrement (Ri) de toutes les espèces (U) présentant le trait de vie sur la somme des valeurs de recouvrement de toutes les espèces (N).

$$SP = \frac{\sum_{i=1}^u R_i}{\sum_i^N R_i} \cdot 100$$

Pour l'individualisation des groupements, le logiciel MVSP (Multi Variate Statistical Package) a été utilisé. Ce dernier effectue une ségrégation des relevés en se basant sur l'affinité entre eux et en caractérisant les groupements formés par les espèces et leur indice d'abondance-dominance. La classification hiérarchique

ascendante est réalisée suivant l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis.

La détermination des espèces envahissantes a nécessité la combinaison de trois critères : le taux de recouvrement moyen, la fréquence des espèces et les caractéristiques biologiques de la plasticité spécifique envahissante des espèces dominantes (Blanfort *et al.*, 2009; Braun-blanquet, 1932; Van Kleunen *et al.*, 2010). L'analyse des caractéristiques biologiques de la plasticité spécifique envahissante a concerné les espèces présumées envahissantes selon leur taux de recouvrement moyen (2%) et de la fréquence (60%) des espèces dominantes.

La caractérisation d'une invasion biologique doit se référer à un certain nombre de critères. Les caractéristiques prises dans ce travail sont groupées en huit catégories. Il s'agit de : 1° reproduction sexuée (par fleur entomogame ou fleur bisexuée) ; 2° reproduction asexuée ou végétative (par feuille, bouture, rhizome, stolon) ; 3° dissémination (anémochorie, zoochorie, hydrochorie,...); 4° banque de graines (fruits par tige ≥ 10 , graines par fruit ≥ 10); 5° taille de graines ($>$ ou $<$ à la taille d'éleusine) ; 6° résistance aux intempéries (présence d'épines ou de poils, réserve de l'eau, résistance au feu, goût amer) ; 7° durée de vie (annuelle ou pluriannuelle) ; 8° absence ou présence de prédateurs (Van Kleunen *et al.*, 2010).

Une espèce aura le maximum de chances d'être envahissante lorsque toutes les caractéristiques de ces catégories sont présentes. Elle aura le minimum de chance si une des caractéristiques de chaque catégorie est présente mais en soulignant qu'une caractéristique absente dans une catégorie peut être remplacée par une caractéristique d'une autre catégorie (Bavumiragiye & Niyonkuru, 2018). Dans ce cas, l'espèce peut avoir un nombre de caractéristiques supérieur ou égal à 8 indépendamment des catégories de caractéristiques.

3. RESULTATS

3.1. Composition floristique du milieu

Le bilan floristique fait état de 161 espèces réparties dans 125 genres et 54 familles. Les Dicotylédones sont les mieux représentées (70,18%). Les Monocotylédones représentent 26,70% tandis que les Ptéridophytes sont faiblement représentées (3,10%). Le tableau 1 montre la répartition des plantes inventoriées en taxons supérieurs.

Les familles les plus représentées en espèces sont, par ordre décroissant, les Poaceae avec 29 espèces soit 17,39%, les Asteraceae avec 24 espèces soit 14,91%, les Fabaceae avec 17 espèces soient 10,56%, les Cyperaceae avec 8 espèces soit 4,97%, les Malvaceae avec 6 espèces

soit 3,73% et les Euphorbiaceae avec 5 espèces soit 3,11% d'espèces inventoriées.

Tableau 1: Répartition des plantes inventoriées dans les marais de la rivière Ruvubu en taxons supérieurs

		Effectifs		
Sous-embranchement	Classes	Familles	Genres	Espèces
Pteridophyta	Filicopsida	4 (7,40%)	4 (3,2%)	5 (3,10%)
Magnoliophyta	Liliopsida	8 (14,81%)	28 (22,4%)	43 (26,70%)
	Magnoliopsida	42 (77,77%)	93 (74,4%)	113 (70,18%)
Totaux		54 (100%)	125 (100%)	161 (100%)

Les résultats du calcul du spectre pondéré des types biologiques (Fig.2) placent les chaméphytes en première position avec 33,73% de tous les types biologiques, suivis des thérophytes (19,70%) et des géophytes (16,93%), ensuite viennent les phanérophytes (15,78%) et hémicryptophytes (13,77%). En dernier lieu viennent les hydrophytes (0,096%).

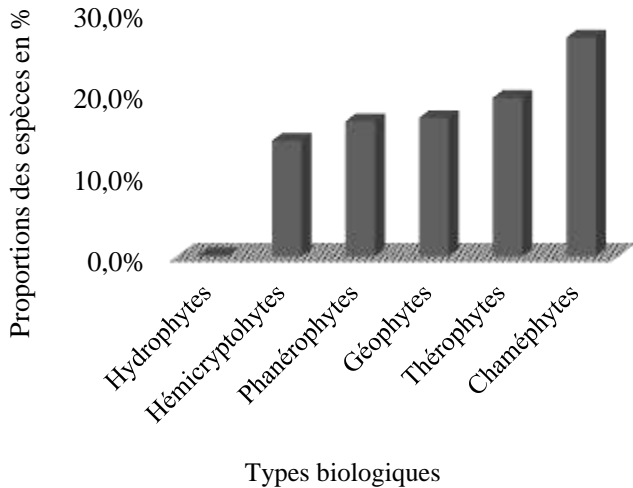


Fig. 4: Spectre pondéré des types biologiques

L'analyse des types de diaspores (Fig.3) a montré que les anémochores (pogonochores, ptérochores et sclérochores) sont à 56,37%, les autochores (ballochores et barochores) à 23,49% et les zoochores (sarcochores et desmochores) à 20%.

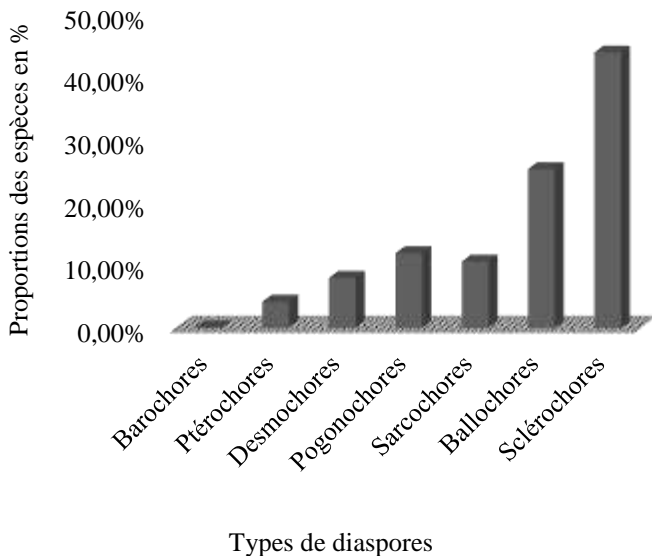


Fig. 5: Spectre pondéré des types de diaspores

L'observation des types phytogéographiques (Fig.4) fait remarquer que les espèces largement répandues (Cos, Pan, Pal, Subcos, Afr-Am) sont les plus abondantes avec 62,04%. Elles sont suivies des espèces plurirégionales africaines (Plur Afr, Afro-Trop, Afr-Mal) avec 19,42% et des espèces à distribution régionale (Mont, SG, SZ) avec 11,70%. Il vient ensuite les espèces introduites

américaines (5,30%) et enfin les espèces de liaison (L.SZ-G, LSZ-Mo) avec 1,54% des espèces inventoriées.

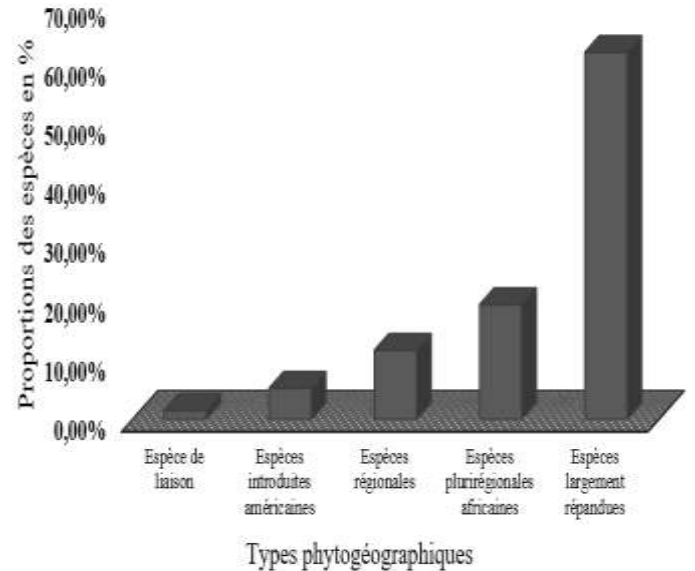


Fig. 6: Spectre pondéré des types phytogéographiques

Le calcul des indices de diversité de Shannon (H) et d'Equitabilité (E) a montré des valeurs de H égale à 5,94 et une valeur de E égale à 0,99. Ces valeurs sont relativement élevées car supérieures à la moitié de leurs valeurs maximales qui sont respectivement de 7,33 et de 1. S'agissant de l'indice de diversité de Simpson, sa valeur trouvée est de 0,98 (Tableau 1).

Tableau 2 : Valeurs des indices de diversité floristique des plantes inventoriées

Indices de diversité	de H	1-D	E
Valeur	5,94	0,98	0,99

La classification hiérarchique montre une séparation de quatre groupements par communauté végétale (Fig.5). Les groupements ont une dissemblance située entre 30 à 40%. La reconstitution des quatre groupements montre que le groupement à *Ageratum conyzoides* L. et *Oplismenus burmanni* (Retz.) P.Beauv. (G1) constitué de 13 relevés possède 83 espèces. Le groupement à *Centella asiatica* (L.) Urb. et *Galinsonga parviflora* Cav. (G2) constitué de 9 relevés possède 67 espèces. Le groupement à *Centella asiatica* (L.) Urb. et *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (G3) constitué de 6 relevés possède 77 espèces. Et le groupement à *Pennisetum trachyphyllum* Pilg. et *Nephrolepis undulata* (Afzel. ex Sw.) J. Sm. (G4) possède 10 relevés avec 92 espèces.

Tableau 3. Espèces présumées envahissantes

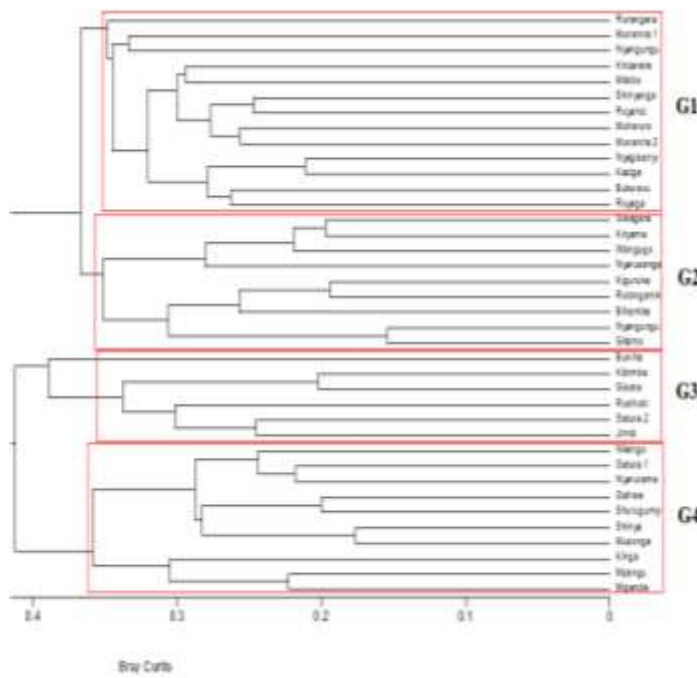


Fig. 7: Hiérarchisation des groupements

3.2. Espèces végétales envahissantes déterminées

La figure 6 illustre les résultats de la combinaison du taux de recouvrement moyen (2% et plus) et de la fréquence (60% et plus) des espèces dominantes. Treize espèces affichant le caractère envahissant ont été identifiées. Il s'agit des espèces du tableau 3 avec leurs taux de recouvrement moyen et fréquence respectifs.

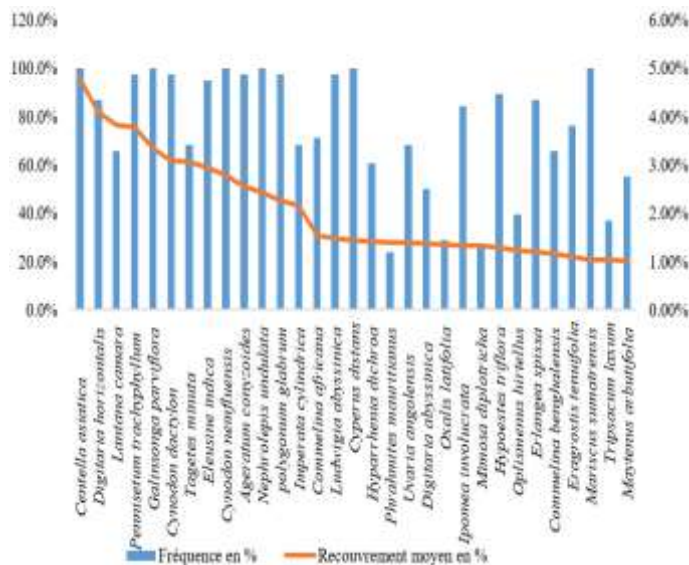


Fig. 8 : Taux de recouvrement moyen et fréquence des espèces présumées envahissantes

Espèces	Recouvrement	Fréquence
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	4,79%	100
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	4,10%	85
<i>Lantana camara</i> L.	3,82%	67,5
<i>Pennisetum trachyphyllum</i> Pilg.	3,79%	97,5
<i>Galinsonga parviflora</i> Cav.	3,35%	100
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	3,09%	97,5
<i>Tagetes minuta</i> L.	3,07%	65
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	2,93%	92,5
<i>Cynodon nemfluensis</i> Vanderyst.	2,80%	97,5
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	2,55%	92,5
<i>Nephrolepis undulata</i> (Afzel. ex Sw.) J. Sm.	2,43%	100
<i>Polygonum glabrum</i> Willd.	2,26%	97,5
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv.	2,17%	70

L'analyse des caractéristiques biologiques des 13 espèces présumées envahissantes fait remarquer que leur plasticité spécifique envahissante est élevée. La plasticité de 12 espèces d'entre elles dépassent 70% (Tableau 4).

Tableau 4. Analyse des caractéristiques biologiques de la plasticité spécifique envahissante des espèces présumées envahissantes

Espèces	Recouvrement	Fréquence
<i>Centella asiatica</i> (L.) Urb.	4,79%	100
<i>Digitaria horizontalis</i> Willd.	4,10%	85
<i>Lantana camara</i> L.	3,82%	67,5
<i>Pennisetum trachyphyllum</i> Pilg.	3,79%	97,5
<i>Galinsonga parviflora</i> Cav.	3,35%	100
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	3,09%	97,5
<i>Tagetes minuta</i> L.	3,07%	65
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	2,93%	92,5
<i>Cynodon nemfluensis</i> Vanderyst .	2,80%	97,5
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	2,55%	92,5
<i>Nephrolepis undulata</i> (Afzel. ex Sw.) J. Sm.	2,43%	100
<i>Polygonum glabrum</i> Willd.	2,26%	97,5
<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv.	2,17%	70

L'association du taux de recouvrement moyen, de la fréquence et des caractéristiques biologiques de la plasticité spécifique envahissante montre que 13 espèces peuvent être qualifiées d'espèces envahissantes dans les marais de la rivière Ruvubu. Il s'agit de *Centella asiatica*, *Digitaria horizontalis*, *Lantana camara*, *Pennisetum trachyphyllum*, *Galinsonga parviflora*, *Cynodon dactylon*, *Tagetes minuta*, *Eleusine indica*, *Cynodon nemfluensis*, *Ageratum conyzoides*, *Nephrolepis undulata*, *Polygonum glabrum* et *Imperata cylindrica*.

En plus, certaines espèces affichent des signes d'envahissement si l'on considère ces critères séparément. Tenant compte du taux de recouvrement des espèces dans

leurs sites respectifs, *Oxalis latifolia* (3,35%), *Mimosa diplotracha* (4,34%), *Mimosa pigra* (3,43%), *Xanthium strumarium* (4,98%), *Panicum maximum* (5,23%), *Acanthospermum australe* (3,74%), *Kyllinga erecta* (2,55%), *Phragmites mauritanus* (5,40%) et *Paspalum notatum* (5,20%) semblent plus recouvrant dans leurs milieux respectifs bien qu'elles ne soient pas fréquentes dans toute la zone d'étude. Cependant parmi celles-ci, 2 espèces (*Kyllinga erecta* et *Phragmites mauritanus*) sont rejetées car elles sont des espèces caractéristiques des marais ou des zones inondées.

Bien que leur fréquence ne soit pas élevée, les espèces *Oxalis latifolia* (28,95%), *Mimosa diplotracha* (26,32%), *Mimosa pigra* (10,53%), *Xanthium strumarium* (39,47%), *Panicum maximum* (13,16%), *Acanthospermum australe* (23,68%) et *Paspalum notatum* (7,89%) sont des espèces potentiellement envahissantes dans la zone.

En analysant le gradient floristique des plantes envahissantes retenues selon les sites de relevés, la tendance de la courbe montre que nombre de plantes envahissantes augmente de l'amont vers l'aval de la rivière (Fig.7).

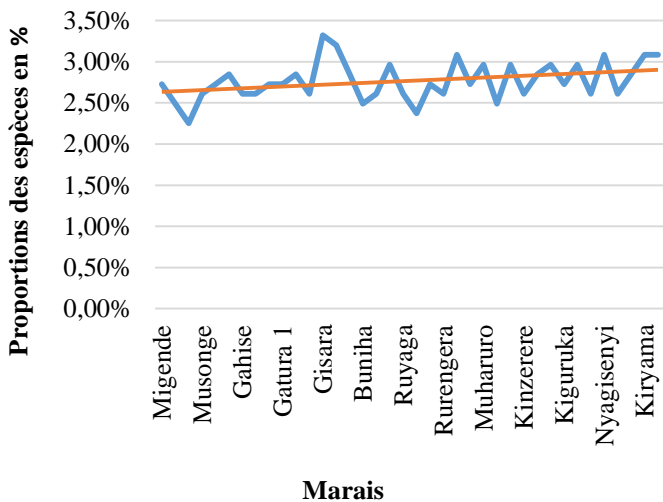


Fig. 9 : Gradient floristique des espèces envahissantes retenues suivant les sites de relevés

L'analyse des familles représentatives des espèces envahissantes (Fig.8) montre que ces espèces se répartissent en six familles (Poaceae, Asteraceae, Apiaceae, Nephrolepidaceae, Polygonaceae et Verbenaceae) avec la prédominance des Poaceae (46,15%) et des Asteraceae (23,08%) sur les autres (7,69% chacune).

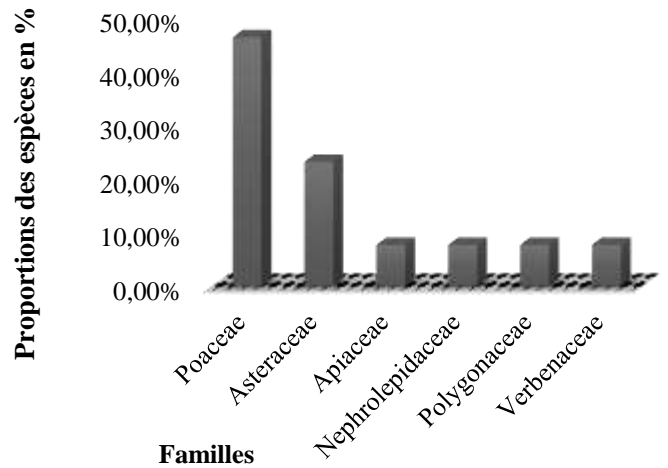


Fig. 10: Richesse spécifique des familles les plus représentées en espèces envahissantes

Quant aux types phytogéographique (Fig.9), toutes les 13 espèces envahissantes retenues se répartissent en espèces paléo-tropicales (70%), en espèces afro-tropicales (23,33%), en espèces montagnardes et américaines avec 3,33% pour chaque type.

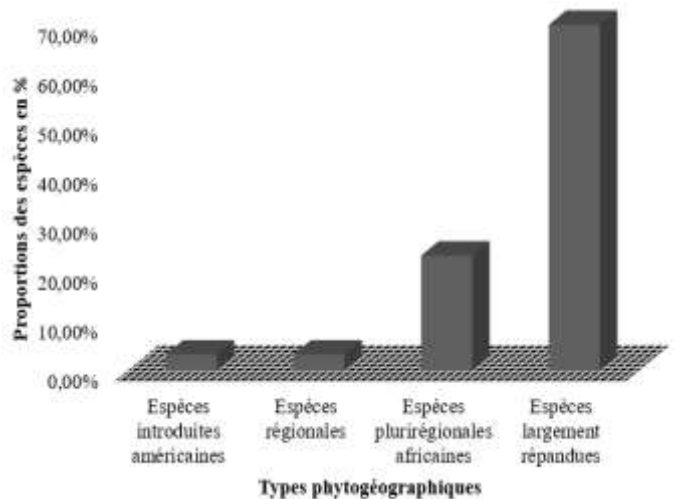


Fig. 11: Spectre brut des types phytogéographiques des espèces envahissantes retenues

Les résultats du calcul du spectre brut des types biologiques des espèces envahissantes (Fig.10) placent les chaméphytes en première position avec 38,71% de tous les types biologiques, suivis des géophytes et des hémicryptophytes (19,35%) pour chaque type. Les thérophytes (12,90%) et les phanérophytes (9,68%) viennent respectivement en quatrième et cinquième positions.

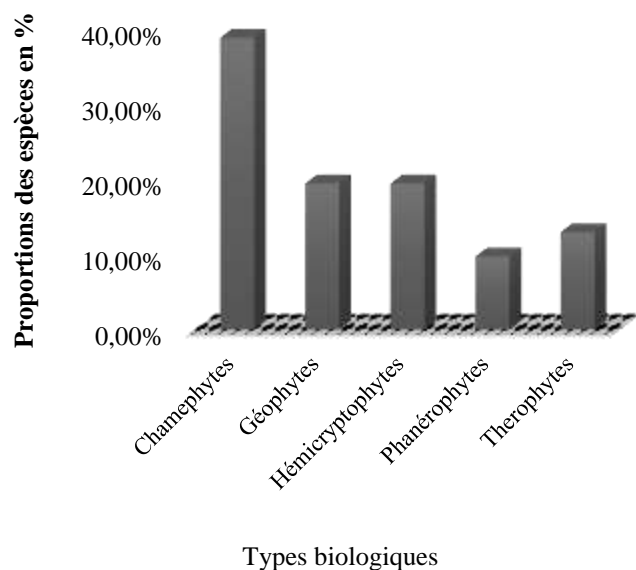


Fig. 12: Spectre brut des types biologiques des espèces envahissantes retenues

Pour la multiplication sexuée, la plupart des espèces envahissantes retenues se disséminent par le vent à plus de 60% (Sclérochores : 50,00% et Pogonochores : 10,71%) et par la plante elle-même (Ballochores) à 28,57% ou encore par les animaux à 10% (Sarcochores : 7,14% et Desmochores : 3,57%) (Fig.11).

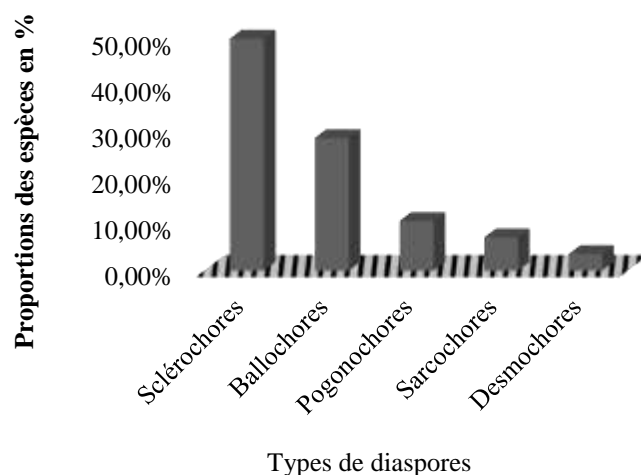


Fig. 13: Spectre brut des types de diaspores des espèces envahissantes retenues

4. DISCUSSION

4.1. Composition floristique

Les résultats ont montré que la classe des dicotylédones domine les marais de la rivière Ruvubu avec 113 espèces réparties en 93 genres et 42 familles. Parallèlement, la classe des Monocotylédones est représentée par 43 espèces réparties en 28 genres et 8 familles. Quant aux Ptéridophytes, ils sont moins représentés avec 5 espèces appartenant en 4 genres et familles. La prédominance des deux classes d'angiospermes serait lié à leur pouvoir

colonisateur élevé que celui des gymnospermes et des ptéridophytes comme l'ont constaté Bangirinama et ses collaborateurs (2008). Ces auteurs soulignent la plasticité végétative et reproductive des angiospermes due à une activité méristématique bien supérieure à celle des autres groupes. De tels résultats coïncident avec ceux du bilan de la flore vasculaire du Burundi fait par Bigendako (Bigendako, dans Bizuru, 2005) et d'autres auteurs ayant travaillé sur la flore du Burundi (Dushimirimana et al., 2010; Masharabu, 2011; Masharabu et al., 2014; Nduwimana et al., 2021).

La famille des Poaceae est plus représentée dans les marais de la Ruvubu (17,39%) suivie des Asteraceae (14,91%) et des Fabaceae (10,56%). La prédominance de ces trois familles s'expliquerait par leur mode de dissémination avec des individus produisant un nombre élevé de diaspores et surtout leur plasticité écologique leur permettant de répondre aux modifications de l'environnement (Bangirinama et al., 2008). Ces résultats corroborent ceux trouvés par Bavumiragiye & Niyonkuru (2018) ayant travaillé dans la vallée de la rivière Murembwe.

Les résultats montrent que la famille des Cyperaceae n'est pas importante dans les marais de la Ruvubu bien qu'elle soit plus adaptée en milieu humide (Dushimirimana et al., 2010). De plus, les Rubiaceae, les Orchidaceae, les Euphorbiaceae et les Lamiaceae sont moins importantes ou absentes alors que ces familles sont importantes dans l'ensemble de la flore du Burundi (Bizuru, 2005; Dushimirimana et al., 2010). Ceci traduirait une tendance régressive de la végétation suite à une empreinte anthropique de plus en plus accrue dans les marais de la Ruvubu.

Les résultats du calcul du spectre pondéré des types biologiques ont montré une abondance élevée des chaméphytes (33,73%). Cette tendance chaméphytique caractérisant les régions humides mais froides s'expliquerait par le fait que la plus grande partie des marais étudiés sont de haute altitude. Les chaméphytes adoptent la stratégie de tolérance au stress, le stress pouvant être souvent d'ordre trophique, hydrique ou d'incendies destructrices (Masharabu, 2011). L'importance des chaméphytes s'explique par leur tolérance au facteur hydrique étant donné que notre zone d'étude est inondée en période pluvieuse. Les thérophytes y sont présentes à 19,70%. Ce sont des plantes annuelles qui passent la mauvaise saison sous forme des graines ou de spores. En effet, les marais de la rivière Ruvubu sont dominés par les deux familles (Poaceae et Asteraceae) qui sont en grande partie des plantes annuelles (Bangirinama et al., 2008). L'abondance des chaméphytes et des thérophytes a confirmé le caractère herbacé de la zone d'étude du fait de sa dégradation et de sa perturbation par des cultures répétitives

L'analyse des types de diaspores a montré que les marais de la Ruvubu sont dominés par des plantes anémochores

(pogonochores, ptérochores, sclérochores). Ces résultats corroborent les résultats des études menées dans des milieux similaires (Bizuru, 2005; Masharabu, 2011). En effet, l'anémochorie constitue une stratégie principale de dissémination pour les plantes des milieux ouverts (Nduwimana et al., 2021), comme les marais de la rivière Ruvubu.

Dans les marais de la Ruvubu, les espèces largement répandues dominent la flore. L'analyse des résultats des types phytogéographiques montre que les espèces largement répandues représentent 62,04%, suivies des espèces plurirégionales africaines (19,42%) contre 11,07% des espèces à distribution régionale. Ceci témoigne que les marais de la rivière Ruvubu sont perturbés, ce qui aurait entraîné la disparition des espèces de la région parallèlement à l'installation des espèces venant d'autres régions. Les actions anthropiques constituent le moteur de ladite perturbation comme l'ont conclu Dushimirimana et al. (2010) dans les marais de Nyamuswaga.

Les résultats de l'inventaire floristique (161 espèces) et ceux du calcul des indices de diversité ($H = 5,94$; $D = 0,98$ et $E = 0,99$) permettent de conclure que la diversité spécifique des marais de la rivière Ruvubu est relativement élevée. Ces résultats corroborent ceux trouvés par Bizuru (2005) dans les marais de montagne.

Cette diversité spécifique serait imputable à la diversité des biotopes existant dans les marais de la rivière Ruvubu. En effet les marais de la rivière Ruvubu se trouvent à des altitudes différentes. En outre, les sites de relevés se situent à proximité des ponts, aux environs des routes traversant la rivière. Ces endroits étant beaucoup fréquentés et par conséquent perturbés suite à leur accessibilité, ils peuvent servir de portes d'entrée à de nouvelles espèces.

La classification ascendante hiérarchique a permis de reconnaître quatre groupements au niveau la zone d'étude. Elle permet de voir que les espèces se rangent suivant le gradient altitudinal. En effet, l'altitude décroît dans le sens d'écoulement de la rivière Ruvubu et on constate que le groupement des relevés se fait suivant qu'ils ont des diversités spécifiques plus proches. Ces dernières se constituent, elles-mêmes, suivant qu'elles sont à des altitudes plus proches. Ainsi, le groupement G4 associe les relevés se trouvant à une altitude qui se situe entre 1690 m et 1565 m (dans les marais des communes Kayanza, Gatara, Butaganzwa et Gahombo). Le groupement G3 associe les relevés se trouvant à une altitude qui se situe entre 1539 m et 1525 m (dans les marais des communes Muhanga et Ruhororo). Le groupement G1 associe les relevés se trouvant à une altitude qui se situe entre 1503 m et 1461 m (dans les marais des communes Ruhororo, Mutaho et Gihogazi). Le groupement G2 associe les relevés se trouvant à une altitude qui se situe entre 1452 m et 1411 m (dans les marais des communes Bugendana, Gihogazi, Shombo et Giheta).

Cependant, la richesse spécifique diminue dans l'ordre de ces groupements : G4-G3-G1-G2. Ce constat est similaire à ce qu'a remarqué Bizuru (2005) dans les marais du Burundi. Cet auteur a remarqué que les marais de montagne présentent une plus grande diversité spécifique. Tassin et al., (2004) avait montré que dans les zones montagneuses, la végétation est souvent sous forme de zones écologiques discontinues se succédant lorsque l'on progresse le long d'un gradient altitudinal.

4.2. Espèces envahissantes déterminées

La combinaison des critères (taux de recouvrement moyen et les caractéristiques biologiques de la plasticité spécifique envahissante) des espèces dominantes a permis de retenir 13 espèces pouvant être qualifiées d'espèces envahissantes dans les marais de la rivière Ruvubu. Il s'agit de *Centella asiatica*, *Digitaria horizontalis*, *Lantana camara*, *Pennisetum trachyphyllum*, *Galinsoga parviflora*, *Cynodon dactylon*, *Tagetes minuta*, *Eleusine indica*, *Cynodon nemfluensis*, *Ageratum conyzoides*, *Nephrolepis undulata*, *Polygonum glabrum* et *Imperata cylindrica*. Nzigidahera, (2017) avait déjà identifié certaines d'elles lorsqu'il établissait la situation des espèces envahissantes au Burundi. Il s'agissait de *Centella asiatica*, *Lantana camara*, *Galinsoga parviflora*, *Cynodon dactylon*, *Tagetes minuta*, *Ageratum conyzoides* et *Imperata cylindrica*. D'autres espèces sont déjà citées dans d'autres localités du Burundi. C'est le cas de *Cynodon dactylon* trouvée envahissante en ville de Bujumbura par Ndayisaba (2018) et de *Eleusine indica* et de *Ageratum conyzoides* rapportées par Bavumiragiye & Niyonkuru (2018) dans les vallées de la rivière Murembwe. Les espèces *Tagetes minuta*, *Ageratum conyzoides*, *Lantana camara*, *Eleusine indica*, *Galinsoga parviflora*, etc. sont rapportées même ailleurs comme envahissantes (OSS, 2020).

Les plantes envahissantes dominantes se répartissent dans six familles botaniques dont deux (*Poaceae* et *Asteraceae*) sont les plus représentées et regroupent à elles seules 69,23 % des espèces envahissantes. Akodéwou et al. (2019), qui avaient fait un constat similaire pour ces deux familles, justifient leur grande part dans la richesse des espèces envahissantes par le fait de leur capacité importante de dispersion et de leur grande plasticité écologique.

Les espèces *Oxalis latifolia*, *Mimosa diplotricha*, *Mimosa pigra*, *Xanthium strumarium*, *Panicum maximum*, *Acanthospermum australe* et *Paspalum notatum* sont des espèces montrant un caractère envahissant dans leurs milieux respectifs du site prospecté. Elles sont déjà citées dans d'autres régions du Burundi (Nzigidahera, 2017; Bavumiragiye & Niyonkuru, 2018) comme espèces envahissantes et ailleurs comme des plantes envahissantes potentielles (Osawa et al., 2013; UICN/PACO, 2013; Benghabrit et al., 2018; Akodéwou et al., 2019).

L'analyse des types phytogéographiques des espèces envahissantes retenues montre que toutes ces dernières

sont espèces largement répandues ; ce qui explique leur grand pouvoir de colonisation. En plus, elles figurent, toutes, parmi les espèces exotiques. S'installant souvent sur des terrains perturbés, elles peuvent être indicatrices de cette perturbation (Lisan, 2014). Par leur prolifération inquiétante (selon la plasticité spécifique envahissante observée) au détriment des espèces locales, elles produisent des changements significatifs de composition, de structure et par conséquent de fonctionnement des écosystèmes (Bousquet et al., 2016).

L'analyse de types de diaspores confirme la plasticité spécifique envahissante des espèces retenues comme envahissantes. Ces espèces se caractérisent par une adaptation à la dissémination par le vent dans un milieu ouvert comme les marais de la rivière Ruvubu et à de longues distances (Dushimirimana et al., 2010). Ce mode de dissémination anémochore justifie cette grande richesse des Poaceae et d'Asteraceae. Ces dernières se composent d'espèces dont les graines sont de petite taille et plus légères (Bangirinama et al., 2008). A cela s'ajoute l'adaptation à la reproduction asexuée dont disposent les espèces envahissantes.

Les résultats sur les formes de vie ont montré que les chaméphytes constituent la forme de vie particulièrement abondante (38,71%) pour les espèces envahissantes retenues dans les marais. Cette forme constitue une adaptation pour pouvoir résister aux conditions défavorables du milieu conquis. Selon Masharabu (2011), les chaméphytes sont tolérants au stress. Pour le cas des marais de la rivière Ruvubu, le stress est en grande partie d'ordre hydrique surtout avec les périodes de crue en saison pluvieuse et d'étiage en saison sèche.

Le gradient floristique des plantes envahissantes retenues selon différents relevés augmente de l'amont vers l'aval de la rivière. Les espèces envahissantes ont une plasticité écologique plus élevées par rapport aux autres et s'installent facilement et rapidement (Natacha et al., 2009). En conséquence, elles empêchent le développement des autres espèces. Par contre, la richesse spécifique augmente dans le sens opposé du sens d'écoulement de la rivière. Certaines espèces comme *Aspilia pluriseta*, *Vernonia lasiopus*, *Sphaeranthus suaveolens*, *Setaria pumila*, *Microglossa pyrifolia*, *Hypoestes triflora*, *Gynandropsis gynandra*, *Guizotia scabra*, *Euphorbia tirucalli*, *Emilia caespitosa*, *Drymaria cordata*, *Crassocephalum vitellinum*, *Cassia corymbosa* et *Asplenium onopteris* fréquentes dans les relevés situés en amont de la rivière sont rares voire absentes dans les relevés situés en aval. Cette situation expliquerait, en plus de l'effet altitude, la diminution de la richesse spécifique en aval de la rivière.

5. CONCLUSION

Le présent travail avait pour objectif global de contribuer à la connaissance des plantes envahissantes présentes dans les marais de la rivière Ruvubu. A son terme, la composition floristique et les plantes envahissantes des

marais de la rivière Ruvubu ont été mises en évidence. Ainsi, 13 plantes envahissantes ont été retenues et se répartissent dans six familles botaniques dont les Poaceae et les Asteraceae sont les plus représentées, regroupant à elles seules 69,23 % des espèces envahissantes. Le gradient floristique des plantes envahissantes mise en exergue augmente de l'amont vers l'aval de la rivière.

La connaissance des plantes envahissantes des marais de la rivière Ruvubu ne suffit pas pour la lutte préventive et curative des invasions biologiques au Burundi ; d'autres recherches sont indispensables pour avoir une base de données suffisante sur les espèces végétales envahissantes au Burundi. Cela permettra d'élaborer des stratégies visant des actions efficaces et concrètes de gestion des espèces envahissantes en tenant compte de la diversité écologique et biologique des écosystèmes burundais.

6. REFERENCES

- Abram, P. K., & Moffat, C. E. (2018). Rethinking biological control programs as planned invasions. *Current Opinion in Insect Science*, 423, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.01.011>
- Akodéwou, A., Johan, O., Sêmihinva, A., Laurent, G., Koffi, A., & Gond, V. (2019). Problématique des plantes envahissantes au sud du Togo (Afrique de l'Ouest) : apport de l'analyse systémique paysagère et de la télédétection. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 23(2), 88–103.
- APRN/BEPB. (2012). Etude de référence environnementale et socio-économique en colline Rabiuro, sous-colline Taba, en commune Mutumba, province de Karusi, 28 p.
- Bangirinama, F. (2010). Processus de la restauration écosystémique au cours de la dynamique post-culturale au Burundi: mécanismes, caractérisation et séries écologiques, Thèse de doctorat. Université Libre de Bruxelles. 200 p.
- Bangirinama, F., Bigendako, M. J., & Lejoly, J. (2008). Ecologie du paysage et diversité végétale de la zone environnante de la forêt de Mpotsa (Burundi). *Revue de l'Université Du Burundi-Série Sciences Exactes*, 23, 71–89.
- Bangirinama, F., Bigendako, M. J., Lejoly, J., Noret, N., de Cannière, C., & Bogaert, J. (2010). Les indicateurs de la dynamique post-culturale de la végétation des jachères dans la partie savane de la réserve naturelle forestière de Kigwena (Burundi). *Plant Ecology and Evolution*, 143(2), 138–147. <https://doi.org/10.5091/plecevo.2010.386>
- Bavumiragiye, F., & Niyonkuru, D. (2018). Contribution à l'étude des espèces végétales envahissantes au Burundi: cas de la vallée de la rivière Murembwe en commune Rumonge. ENS de Bujumbura, 49 p.

- Ben-ghabrit, S., Bouhache, M., Birouk, A., & Bon, M.-C. (2018). Quand les plantes exotiques envahissantes menacent l'agriculture et les écosystèmes. Onzième Congrès de l'Association Marocaine de Protection Des Plantes, May, 33 p.
- Bizuru, E. (2005). Etude de la flore et de la végétation des marais du Burundi (Thèse de D). Université Libre de Bruxelles, 298 p.
- Blanfort, V., Fabre, J., Huguein, J., Balent, G., & Daures, S. (2009). Elevage bovin, plantes envahissantes et biodiversité des forêts sèches de Nouvelle-Calédonie. Seizièmes rencontres autour des recherches sur les ruminants, Paris les 2 et 3 décembre 2009. INRA. Paris : Institut de l'élevage, 237-240.
- Bousquet, T., Waymel, J., Zambettakis, C., & Geslin, J. (2016). Liste des plantes vasculaires invasives de Basse-Normandie. DREAL de Normandie / Région de Normandie. Villers-Bocage : Conservatoire botanique national de Brest, 28 p. + annexes.
- Braun-blanquet, J. (1932). Plant sociology: The study of plant communities. Ed. Mac Gray Hill, New York, London, 439 p.
- Canton du Valais. (2017). Gestion des néophytes envahissantes en Valais : Bilan et plan d'action 2017-2020. Sion. 44 p. inédit.
- Dajoz, R. (2006). Précis d'écologie (DUNOD (ed.); 8ème édition, 630 p.
- Dansereau, P., & Lems, K. (1957). The grading of dispersal types in plant communities and their ecological significance. Contribution de l'Institut de Botanique de l'Université de Montréal, 71, 1-52.
- Dushimirimana, S., Masharabu, T., Bizuru, E., & Bigendako, M. J. (2010). Flore et végétation naturelle des marais de Nyamuswaga, Burundi. Bulletin Scientifique de l'INECN, 8, 10-15.
- Fischer E, & Killmann D. (2008). Plants of Nyungwe Park-Rwanda (ORTPN). University of Koblenz-Landau, 780 p.
- Grall, J., & Coic, N. (2006). Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Rapport de travail. LEMAR. 2005, 90 p.
- Groupe espèces envahissantes. (2011). Plantes envahissantes pour les milieux naturels de Nouvelle-Calédonie. Agence pour la prévention et l'indemnisation des calamités agricoles ou naturelles. Nouméa. 224 p.
- Habiyaremye, F. M., & Nzigidahera, B. (2016). Habitats du Parc National de la Kibira (Burundi)-Lexique des plantes pour connaître et suivre l'évolution des forêts du secteur Rwegura. Institut royal des Sciences naturelles de Belgique. 144 p.
- Habonayo, R., Azihou, A. F., Dassou, G. H., Hitimana, M., & Cossi, A. (2019). Effet de la liane envahissante *Sericostachys scandens* Gilg & Lopr. (Amaranthaceae) sur la structure spatiale et le recrutement des espèces végétales ligneuses du Parc National de la Kibira au Burundi [Effect of the invasive liana *Sericostachys scandens*. International Journal of Innovation and Scientific Research, 44(2), 159-170.
- Hakizimana, P., Bangirinama, F., Masharabu, T., Habonimana, B., De Cannière, C., & Bogaert, J. (2012). Caractérisation de la végétation de la forêt dense de Kigwena et de la forêt claire de Rumonge au Burundi. Bois & Forêts Des Tropiques, 312, 43-52. <https://doi.org/10.19182/bft2012.312.a20502>
- Jacques, T., Christophe, L., Serge, M., Vincent, B., Stéphane, B., Thomas, L. B., Julien, T., & Jean-Noël, R. (2006). Bilan des connaissances sur les conséquences écologiques des invasions de plantes à l'île de la Réunion (archipel des Mascareignes, océan indien). Rev. Écol. (Terre Vie), 61, 35-52.
- Jean-François, A., Olivier, R., Charlotte, J., Bruno, M., & VIRGINIE, S. (2012). Étude sur les plantes exotiques envahissantes sur des Espaces Naturels Sensibles en Essonne – Cartographie et préconisation de gestion- Office de Génie Écologique, 104 p.
- Joy B., Z., & Kercher, S. (2004). Causes and Consequences of Invasive Plants in Wetlands: Opportunities, Opportunists, and Outcomes. Critical Reviews in Plant Sciences, 23:5, 431-452. <https://doi.org/10.1080/07352680490514673>
- LeBorgeois T, Grard, P., & Merlier, H. (1995). Adventrop, une base de connaissance interactive des adventices en Afrique soudano-sahélienne. Agriculture et Développement, 8, 51-55.
- Lebrun, J. P. (1947). La végétation de la plaine alluviale au Sud du lac Edouard. Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge, Exploration du Parc National Albert. Mission Lebrun (1937-1938). Fascicule 1: 472-800. Bruxelles.
- Lisan, B. (2014). Les plantes invasives à Madagascar. Version V1.0. Madagascar. 185 p.
- Masabo, O., & Nindorera, D. (2019). Etude de suivi de la perception de la biodiversité basée sur les indicateurs choisis en accord avec le 1er objectif d'Aichi. OBPE. 75 p.
- Masharabu, T., Manirakiza, O., Ndayishimiye, J., & Bangirinama, Frédéric Havyarimana, F. (2014). Diversité et conservation des plantes ligneuses autochtones en paysage anthropisé: cas de la Zone Kabuye en Commune Matongo (Burundi). Bulletin Scientifique de l'Institut National Pour l'environnement et La Conservation de La Nature, 13: 35-42.
- Masharabu, T. (2011). Flore et végétation du Parc National de la Ruvubu au Burundi: diversité, structure et

- implications pour la conservation. Thèse de doctorat. Université Libre de Bruxelles, 224 p.
- Meddour, R. (2011). La méthodologie phytosociologique sigmatiste ou Braun-blanketo-tüxenienne, Tizi Ouzou. (inédit), 40 p.
- MEEATU. (2014). Atlas des quatre sites Ramsar-Localisation et Ressources, Bujumbura. 42 p.
- Merlier H, & Montegut J. (1982). Adventices tropicales: Flore aux stades plantule et adulte de 123 espèces africaines ou pantropicales, MRE-France. 490 p.
- Natacha, T., R. Louis, O., Mamounata, B., & Sita, G. (2009). Dynamique de l'évolution et impact d'une plante envahissante au Burkina Faso : *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. Annales Université de Lomé (Togo), Tome XVIII (série Sciences), 97–115.
- Ndayisaba, S. (2018). Etude des plantes herbacées exotiques envahissantes de la ville de Bujumbura déjà installées dans la nature, mémoire, ENS. 50 p.
- Nduwimana, A. (2014). Caractérisation du paysage naturel de la Malagarazi (Burundi) et approche de Conservation durable de sa biodiversité. École doctorale Sciences de la nature et de l'Homme - Évolution et écologie (Paris), 269 p.
- Nduwimana, A., Habonayo, R., Ndayizeye, B., & Hitimana, M. (2021). Phytosociological analysis of the vegetation of the Vyanda natural forest reserve in southwestern Burundi. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 15(August), 1325–1337.
- Nzigidahera, B. (2017). Situation des espèces envahissantes au Burundi, Bujumbura, 76 p.
- Nzigidahera, B., Habiyaremye, F. M., Mbarushimana, D., Masabo, O., Bisthoven, L. J. De, & Habonimana, B. (2020). Habitats du Parc national de la Ruvubu (Burundi) - État actuel et guide au suivi de leur dynamique à l'aide d'un lexique des plantes (H. F. Muhashy (ed.)). Institut royal des Sciences naturelles de Belgique (IRSNB), 245 p.
- Osawa, T., Mitsuhashi, H., & Niwa, H. (2013). Many alien invasive plants disperse against the direction of stream flow in riparian areas. *Ecological Complexity*, 15, 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2013.01.009>
- OSS. (2020). Espèces exotiques envahissantes (EEE) terrestres au Maghreb arabe: Etat des lieux et perspectives pour une stratégie sous régionale (Algérie, Libye, Mauritanie, Maroc et Tunisie), 148 p.
- Ramade, F. (2009). Éléments D'Écologie - Écologie appliquée : action de l'Homme sur la biosphère (7^e Edition). Dunod, 789p.
- Raunkiaer C. (1934). The life forms of plants and statistical plant geography. University Press, London. 632 p.
- Reekmans, M., & Niyongere, L. (1983). Lexique vernaculaire des plantes vasculaires du Burundi. U.B., 58 p.
- Rejmánek, M., Richardson, D. M., & Pyšek, P. (2013). Plant Invasions and Invasibility of Plant Communities. *Vegetation Ecology*, 2, 387–424. <https://doi.org/10.1002/9781118452592.ch13>
- Tassin, J., Derroire, G., & Jean-Noël, R. (2004). Gradient altitudinal de la richesse spécifique et de l'endémicité de la flore ligneuse indigène à l'île de La Réunion (archipel des Mascareignes). *Acta Botanica Gallica*, 151:2, 181–196. <https://doi.org/10.1080/12538078.2004.10516033>
- Troupin, G. (1978). Flore du Rwanda: les spermatophytes (vol. 1). Musée Royal de l'Afrique Centrale, 413 p.
- Troupin, G. (1983). Flore du Rwanda : spermatophytes (Vol. 2). Musée Royal de l'Afrique Centrale, 603 p.
- Troupin, G. (1985). Flore du Rwanda : spermatophytes (Vol.3). INRS, 729 p.
- Troupin, G. (1988). Flore du Rwanda : spermatophytes (Vol.4). Musée Royal Afrique Centrale, 651 p.
- UICN/PACO. (2013). Plantes invasives affectant les aires protégées d'Afrique de l'Ouest : gestion pour la réduction des risques pour la biodiversité. UICN, Gland, Suisse et Ouagadougou, Burkina Faso, 84 p.
- Van Der Plas, F., Manning, P., Soliveres, S., Allan, E., Scherer-Lorenzen, M., Verheyen, K., Wirth, C., Zavala, M. A., Ampoorter, E., Baeten, L., Barbaro, L., Bauhus, J., Benavides, R., Benneter, A., Bonal, D., Bouriaud, O., Bruelheide, H., Bussotti, F., Carnol, M., ... Schlesinger, W. H. (2016). Biotic homogenization can decrease landscape-scale forest multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(13), 3557–3562. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517903113>
- Van Kleunen, M., Weber, E., & Fischer, M. (2010). A meta-analysis of trait differences between invasive and non-invasive plant species. *Ecology Letters*, 13(2), 235–245. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01418.x>
- White, F. (1979). The Guineo-Congolian Region and Its Relationships to Other Phytochoria. *Bulletin Du Jardin Botanique National de Belgique*, 49, No. 1/, 11-55. <https://doi.org/10.2307/3667815>
- White, F. (1983). Vegetation of Africa: A Descriptive Memoir to Accompany the Unesco/AETFAT/UNSO Vegetation Map of Africa (Unesco (ed.)). UNESCO/AETFAT/UNSO, ORSTOM-UNESCO, 356 p.



Recommandations pour un 'Centre d'échange pour l'Information' de la biodiversité plus performant en Afrique francophone en vue du Cadre Mondial pour la Biodiversité post-2020

Janssens de Bisthoven, L. ^{1,4*}, Maman-Sani I. ², De Koeijer H. ¹, Ndayikeza L. ^{3,5}

¹Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique- Programme CEBioS, Bruxelles, Belgique

² Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (CNEDD), Division de la Diversité Biologique, Ministère de l'Environnement du Niger, Niamey, Niger

³Office Burundais pour la Protection de l'Environnement (OBPE), B.P. 2757 Bujumbura

⁴Universiteit Hasselt, Hasselt, Belgique

⁵Ecole doctorale, Université du Burundi, BP 2700 Bujumbura, Burundi.

Reçu: 26 juin 2023

Accepté: 24 décembre 2023

Publié : 6 avril 2024

RESUME

Un atelier francophone a été organisé à Niamey (Niger) en décembre 2021, comprenant 9 pays africains francophones afin de formuler de manière participative des recommandations pour le 'Centre d'échange d'informations'(CHM) de la Convention pour la Diversité Biologique (CDB) et son cadre global Post-2020. Outre les sources de contenu des CHM, les motivations des fournisseurs d'informations et la contribution du CHM à la mise en œuvre des stratégies et plans d'action nationaux pour la biodiversité (SPANB), d'autres aspects importants ont été abordés comme les échanges de bonnes pratiques, le réseautage, la gouvernance, le financement et les outils de renforcement de capacités. Les Points Focaux CHM sont souvent confrontés à un manque de ressources attribuées à des ministères prioritaires et insistent pour plus de sensibilisation auprès des hiérarchies en amont et auprès des fournisseurs d'informations en aval. Cette sensibilisation devrait se focaliser sur le déclin de la biodiversité et les conséquences pour le développement durable et le bien-être humain et donc de l'importance d'un CHM efficace et fonctionnel. Ils plaident pour des procédures administratives plus favorables au partage et à la validation d'informations, à plus de transparence et également à une collaboration accrue entre points focaux d'autres conventions. Le grand besoin en Afrique de renforcement de capacités sur les plans techniques, financiers, humains et stratégiques concernant le développement des CHM nationaux comme piliers de la CDB a été souligné.

Mots clés : biodiversité- dispositifs institutionnels- centre d'échange d'informations – convention pour la Diversité Biologique – Afrique francophone

ABSTRACT

A Francophone regional workshop comprising 9 African countries was organised in Niamey (Niger) in December 2021 to formulate in a participatory manner recommendations for the 'Clearing House Mechanism' (CHM) of the Convention on Biological Diversity (CBD) and its global post-2020 framework. It concerned important aspects of networking and exchange of good practice, combined with sessions on other governance, financing and capacity building tools. The workshop tried to find answers on the sources of CHM content, the motivations of information providers and the contribution of CHM to the implementation of National Biodiversity Strategies and Action Plans (NBSAPs). CHM Focal Points are often faced with a chronic lack of resources for higher priority ministries. They insist on raising awareness and sensitising upstream decision-makers and downstream information providers on the challenges of biodiversity decline that are linked to sustainable development and human well-being, and thus on the importance of an efficient and functional CHM. Furthermore, they advocate for administrative procedures that are more conducive to information sharing and validation, more transparency and also more collaboration between focal points of other environmental conventions or their protocols. Finally, this workshop demonstrated once again the great need in Africa for technical, financial, human and strategic capacity building regarding the development of national CHMs as cornerstones in the implementation of the CBD.

Keywords: biodiversity- institutional arrangements- clearing house mechanism - convention for biological diversity - francophone Africa

1. INTRODUCTION

Le plan stratégique 2011-2020 de la Convention de Rio pour la Diversité Biologique (CDB) est arrivé à terme en 2020. Les parties à la CDB ont mené plusieurs consultations régionales pour élaborer un nouveau cadre mondial Post 2020 pour la biodiversité. La COP-15 (Quinzième Conférence des Parties) physique a eu lieu en décembre 2022 à Montreal au Canada. L'objectif était que les pays se mettent d'accord pour la nouvelle stratégie, dite « post-2020 », ou aussi appelée « Cadre Mondial de la Biodiversité » et qui remplacera les 20 cibles d'Aichi de la stratégie précédente (CBD, 1992). Cette 15^{ème} Conférence aurait dû avoir lieu à Kunming en Chine en 2020, mais elle a été délocalisée à Montreal au Canada suite à la pandémie du Covid-19. D'ores et déjà, une première partie au niveau ministériel s'est déroulée en Chine en 2021 de façon hybride pour réitérer les grands principes et l'engagement de la communauté internationale de vouloir arriver à un accord. Un des sujets clés de ce nouveau cadre concerne le flux d'informations liées à la biodiversité (Cible d'Aichi 19). Pour ce faire, la CDB a développé à partir de 1994 un mécanisme d'échange d'informations, appelé communément « Clearing House Mechanism » ou CHM en sigle (CBD, 1994 ; Arjjumend et al., 2016). Laihonon et al. (2004) ont fait une évaluation du CHM basée sur un échantillon couvrant 50 pays et utilisant un grand nombre de paramètres liés à son fonctionnement et son contenu. Ils avaient conclu que bon nombre de pays avaient du mal à rendre leur CHM national opérationnel et efficace, tandis qu'un nombre plus restreint arrivait à produire un CHM de qualité qui supportait leur rapportage national à la CDB (confirmé par Selnes et al., 2006). Le statut global de la Cible d'Aichi 19 comme indiqué en 2022 sur <https://www.cbd.int/aichi-targets/target/19> rapporte une majorité des pays quotés 'insuffisants' situés en Afrique, mais avec aussi un bon nombre de pays africains ayant atteint la cible d'Aichi 19.

Par ailleurs, les mêmes auteurs ont analysé les rôles respectifs du CHM et du 'Global Biodiversity Information Facility' (GBIF) (Laihonon et al., 2002). Ils avaient conclu que le CHM se focalise sur la coordination du processus d'information tandis que le 'GBIF' - 'comme fournisseur de données brutes' - est

plutôt dans le processus de collection de données. Chapman et Croft (1996) recommandaient que le CHM, pourvu qu'il adopte les derniers standards et technologies, soit une connexion pour les herbiers virtuels et musées, la publication électronique d'espèces, le rapatriement des spécimens et d'autres options de types d'information. De son côté, Silva (2004) argumentait fortement en faveur du CHM comme outil global de coopération technique et scientifique liée aux ressources bio-informatiques de la biodiversité. Ceci illustre bien les fonctions multiples allouées ou attendues du CHM selon l'expertise ou le point de vue des parties prenantes désirant en bénéficier. Régulièrement la CDB au travers de son groupe de travail ou 'comité consultatif informel' ('Informal Advisory Committee', IAC) publie des notes d'avancement de la stratégie « web » du développement du CHM en fonction de sa vision, les grands principes d'efficacité, efficacité, durabilité, les complémentarités et l'interopérabilité avec d'autres systèmes d'information (p.ex., forum des Stratégies et Plans d'action Nationaux de la Biodiversité (SPANB), InforMEA, Système mondial d'information sur la biodiversité (GBIF)), ainsi que l'échange d'informations et partage des connaissances (p.ex., CBD, 2015). La CDB voit un rôle du CHM à un niveau central (connectant les protocoles de Nagoya et de Cartagena), national et au niveau des partenaires.

Sur le plan technique, le CHM subit également des réformes. Après une phase initiale de construction de sites web du CHM sur base du 'Content Management System' (CMS) 'PTK', la CDB a décidé récemment (Notification SCBD/IMS/JMF/ET/AR/DM/88533) de passer au CMS 'Bioland' pour répondre aux développements actuels en matière d'internet comme décrit dans la nouvelle stratégie 'web' (<https://www.cbd.int/chm/strategy/>).

C'est dans ce cadre de réformes techniques d'une part et de développement de la nouvelle stratégie de 10 ans dans le Cadre Mondial de la Biodiversité (CMB) d'autre part, qu'il a semblé opportun et même urgent de convenir un nombre de pays africains dans un atelier francophone pour (1) échanger sur le degré d'avancement de développement et mise en œuvre des CHM nationaux respectifs et de la migration vers

Bioland, (2) faire du développement de capacités par rapport aux stratégies envisagées et à d'autres systèmes de gouvernance, de renforcement de capacités et de financement et (3) se pencher sur les attentes futures et les recommandations pour continuer à rendre le CHM plus performant en Afrique francophone. Ce genre d'atelier régional s'organise régulièrement sous partenariat technique et financier (ici la Belgique) comme c'est le cas ici, souvent chapeauté par la CDB (voir p.ex. atelier pour les Caraïbes, CBD, 2013). C'est surtout le point (3) dont cet article désire rapporter pour contribuer au débat du point de vue des praticiens sur le terrain. Ils/elles viennent d'un groupe de parties prenantes (l'Afrique francophone) relativement peu visibles dans le débat global et d'un nombre de pays dits 'fragiles' ou 'les moins développés' ('least developed countries'). Lors des grandes réunions de gouvernance de la biodiversité ce sont ceux-là qui ont donc le plus besoin de renforcement de capacités et le besoin de se faire entendre. Cette étude vise donc à vérifier l'hypothèse que les points focaux CHM de l'Afrique de l'ouest ont des attentes spécifiques de renforcement de capacités multiples (p.ex., gouvernance, financière, technique, stratégique) pour pouvoir mieux mettre en œuvre le cadre mondial de la biodiversité dans cette partie du monde.

2. MATERIELS ET METHODES

Un atelier régional francophone du CHM a été organisé au Niger en décembre 2021 pour 9 pays francophones d'Afrique. Il s'agissait du Burundi, Burkina Faso, RD Congo, Togo, Bénin, Niger, Côte d'Ivoire et Guinée (Conakry). Le choix de ces pays repose sur le fait qu'ils sont bénéficiaires de l'aide technique de la Belgique. Le Maroc a participé en ligne. Les participants étaient les points focaux nationaux CHM, nommés par la CBD (<https://www.cbd.int/chm/nfp/>) ou leurs remplaçants. L'atelier a été facilité et financé par la coopération belge au développement par le biais du programme de renforcement de capacités pour la biodiversité, « CEBioS », dont un représentant était sur place et une personne en tant que point focal-CHM belge et président de l'Informal Advisory Committee-CHM, participait en ligne. Le Niger était le pays hôte de cet évènement. L'atelier fut ouvert par de hauts

dignitaires du Cabinet du Premier Ministre, à travers le Secrétariat Exécutif du Conseil National de l'Environnement pour un Développement Durable (CNEDD), du ministère de l'Environnement et de la lutte contre la désertification du Niger ainsi que l'Ambassade de Belgique au Niger.

Le premier jour fut dédié à un tour de table des participants, suivi par les présentations de l'état d'avancement des CHM nationaux respectifs. Une vue d'ensemble de l'élaboration du Cadre Mondial de la Biodiversité a été fournie, entrecoupée par des séances de questions-réponses. Le second jour a été finalisé par les présentations nationales, suivi de travaux de groupe pour réfléchir sur les modalités d'un CHM plus performant et les outils associés au 7^{ème} rapportage national à la CDB. Le 3^{ème} jour fut dédié à une meilleure compréhension des outils 'Global Taxonomic Initiative (GTI) (voir p.ex., Klopper et al. 2002, Samper, 2004, Samyn et al. 2005) et 'Measurement, reporting and Verification' (MRV, voir Vanhove et al., 2017, Rochette et al., 2019), développés par le programme 'CEBioS' dans le cadre de la CDB. Les travaux de groupe ont continué sur les attentes des pays pour le CHM. Le 4^{ème} et dernier jour fut entre autres dédié aux conclusions de l'atelier.

Les travaux de discussion de « groupe focus » (selon Nyumba et al., 2018) se sont basés sur les documents dits « CRP » ('Conference Room Papers' qui sont les textes négociés) de la CBD avec une attention spéciale pour les documents de l'Organe Subsidaire pour la mise en œuvre (SBI) (CBD/SBI/3/CRP.13), dédiés au renforcement de capacités et le CHM. Trois groupes de 5 à 8 personnes ont été formés de façon aléatoire afin de faciliter les débats en petits comités et d'insérer 3 sources de dynamique de groupe. Les groupes devaient répondre à 3 questions ayant attiré au (1) contenu du CHM, (2) à la motivation des fournisseurs d'information et (3) à sa fonction de support au planning national pour la CDB :

- 1- Comment comptez-vous obtenir les informations pour le CHM ?
- 2- Comment comptez-vous convaincre les personnes responsables ?
- 3- Comment contribuer avec le CHM au SPANB ?

Les débats se sont déroulés sur plusieurs séances avec des pauses café. La dynamique des conversations a été respectée, incitant les participants à débattre sur les 3 questions ainsi que d'autres idées associées et émergentes de manière spontanée. Les résultats des 3 groupes ont ensuite été consolidés et validés en assemblée et sont rendus regroupés sans distinction entre les groupes (Tableaux 1, 2, 3). Les informations redondantes des 3 groupes ont été regroupées.

3. RESULTATS

1- Comment comptez-vous obtenir les informations pour le CHM ?

Les participants se sont mis d'accord pour se concentrer sur les stratégies de mobilisation des données et informations et de lister les possibles sources au sens large du terme (Tab. 1). Ils ont identifié une vingtaine de paramètres ou actions différentes qui contribuent à cette stratégie, ainsi qu'une multitude de sources possibles correspondantes.

Tableau 1 : Stratégie de mobilisation des données et informations : types d'information et sources possibles pour le CHM

N°	Type d'informations	Sources correspondantes
1	Définir les types d'informations à rechercher	Les documents nationaux de politiques, les stratégies, les plans de développement locaux, les connaissances traditionnelles, les études de cas, les publications scientifiques
2	Identification des détenteurs d'informations	Institutions étatiques, les agences de mises en œuvre, les ONGs et associations, les institutions de recherches et universitaires
3	Créer des canaux d'obtention d'information	Créer les points focaux ou correspondants au niveau des groupes d'acteurs
4	Mécanisme de partage et de publication d'informations	Plates-formes, les réseaux sociaux, sites-web, les médias, outils non-web
5	Les outils de contrôle et validation des données	Les gestionnaires de bases de données au niveau macro et micro
6	Format de publication	Concepteurs et développeurs de logiciels, harmonisation de formats de publication
7	Ressources matériel et financier	L'Etat, Partenariats Techniques et Financiers (PTF), plan de mise en œuvre de la stratégie de mobilisation des données et informations
8	Informers les parties prenantes des valeurs de la biodiversité	Participation du Point Focal-CHM aux séances d'information et de sensibilisation, s'informer par les médias et les réseaux sociaux, élaborer des projets mettant en exergue les valeurs de la biodiversité, signer des conventions et des partenariats, faire les

		plaidoyers, organiser des séances d'information et de sensibilisation.
9	Mobiliser la population pour l'intégration de la biodiversité à tous les secteurs et faciliter les synergies	Organiser/Participer les fora d'éducation et d'information
10	Soutenir la coopération technique et scientifique entre les parties et renforcer les capacités	Elaborer des projets mettant en exergue les valeurs de la biodiversité, signer des conventions et des partenariats, mettre en place les conseils scientifiques pour le suivi des activités de gestion des aires protégées et des écosystèmes forestiers associés.
11	Utiliser/ partager les messages de communication par le biais des canaux médiatiques et les réseaux sociaux en particulier les messages axés sur les actions.	
12	Mobiliser les énergies (ressources humaines et financières) pour réaliser les actions	Organiser des rencontres d'information sur la prise en compte des indicateurs phares relatifs à la biodiversité
13	Créer des réseaux d'observations et des systèmes d'informations sur la biodiversité disposant de ressources humaines, techniques et financières	Elaborer des projets et organiser des séances d'information pour le suivi des indicateurs et leur prise en compte dans les rapports nationaux
15	Mettre en place des mécanismes de renforcement de capacités des parties prenantes pour pallier les lacunes en matière de suivi et de rapports	
14	Prendre en compte les indicateurs phares dans les rapports nationaux.	
16	Mettre un cadre de suivi des indicateurs et des activités d'information et de développement de capacités	
17	Créer des liens avec le cadre stratégique et le CHM-ABS et de BCH pour le renforcement de capacités des parties prenantes	Organiser des concertations pour la mise en place des synergies d'actions
18	Utiliser le CHM-ABS pour transmettre des besoins prioritaires de renforcement de capacité et d'opportunités.	
19	Prendre des mesures au niveau national pour mobiliser les ressources et pour assurer le renforcement de capacités d'assurer les renforcements de capacités, le suivi et le reportage national	Organiser des rencontres avec les institutions financières et les PTF pour la sensibilisation et la mobilisation des ressources financières.

20	Communiquer les études de cas, les bonnes pratiques, les leçons apprises et autres expériences pertinentes dans les rapports nationaux et le centre d'échange.	Participer aux fora sur les bonnes pratiques afin d'assurer le suivi et le partage. Elaborer les guides des bonnes pratiques et les divulguer.
21	Renforcement des capacités	Documents officiels, Rapports techniques, Articles scientifiques, Thèses, Mémoires, Stratégies sur la biodiversité, Rapport national sur la biodiversité, Stratégie sur les zones humides, Stratégies des PFN, Stratégies sur la conservation, Gestion intégrée des eaux, Fiches techniques ('policy brief'), Emissions radio-télévisées, Posters, Stratégie Accès et Partage des Avantages (APA), Rapports des Accords Multilatéraux sur l'Environnement (AME)
22	Mobilisation des ressources	
23	Partage de l'information	

2- Comment comptez-vous convaincre les personnes responsables ?

Les participants ont clairement identifié 4 grands groupes d'acteurs impliqués et les raisons pour lesquelles ils doivent être mobilisés (Tab. 2).

Tableau 2 : Acteurs et arguments pour convaincre la délivrance d'informations pour nourrir le CHM

N°	Acteurs	Arguments
-	Parties prenantes (général)	Sensibiliser les responsables sur l'opportunité qu'offre le CHM sur la disponibilité et l'accès aux informations relatives aux ressources naturelles
1	Autorités politiques	Plaidoyers Notes techniques Echanges (atelier, réunions) Journées portes ouvertes Communiquer des informations sur l'état et l'évolution des tendances sur nos ressources en vue d'une meilleure prise de décision, c'est donc un outil d'aide à la prise de décision Respect des engagements des pays vis-à-vis des conventions signées et leur niveau de mise en œuvre
2	Institutions de formation et Recherche	Séminaires, conférence sur le CHM Présenter des modules sur les bases de données disponibles y compris les CHM Contribuer à faciliter la recherche-développement Parcours qui ont trait à la génération et la gestion des données sur la biodiversité
3	Sociétés civiles	Sensibiliser Mettre à disposition du public sur les valeurs qu'offre la biodiversité sur le plan économique, sanitaire, culturel, touristique, éducationnel
4	Communautés locales	Donner et recevoir Contribution à la gestion durable des ressources et leur utilisation rationnelle pour le bien être des communautés

3- Comment contribuer avec le CHM au SPANB ?

Les liens entre le contenu du CHM national et le SPANB se tissent par une collaboration étroite entre

points focaux des AME et le PF-CHM, ainsi qu'un plan précis des attentes (Tab. 3).

Tableau 3 : Acteurs et genre de contribution ou action à entreprendre pour mieux mobiliser les informations du CHM pour l'élaboration du rapportage et planning national à la CDB.

Acteurs	Genre de contribution ou d'action
Collaboration avec le point focal CHM	Plan de travail en lien avec la SPANB Définir les contributions du CHM à l'atteinte des objectifs Convaincre les points focaux CDB de l'enjeu que constitue le CHM Définir les actions conformément au nouveau cadre mondial
Points focaux nationaux (CDB, CHM, ABS-CH, BCH)	Créer une synergie dans l'élaboration des SPANB : réunions périodiques des points focaux sur l'état de mise en œuvre de SPANB
Les gestionnaires et les contributeurs du CHM	Impliquer dans le processus de révision de la SPANB Aligner les objectifs du CHM aux objectifs de la SPANB Définir clairement les indicateurs du CHM et de la SPANB
Le point focal CHM Les points focaux AME	Créer une synergie entre le point focal CHM et les points focaux AME

4. DISCUSSION

Les points focaux nationaux CHM des 9 pays francophones ont clairement démontré une compréhension de très haut niveau des enjeux et aboutissants de leurs CHMs nationaux (Tab. 1). Les résultats rappellent l'analyse par Chavan (2020) sur la situation de la gouvernance de la biodiversité en Inde, fort entravée par une bureaucratie excessive, un manque de coordination nationale et des parties prenantes éparpillées et peu informées. Ils et elles savent parfaitement « où le bât blesse », surtout sur le plan national, comme déjà indiqué par Le Prestre (2002) et ont montré leur besoin d'une telle plateforme (comme cet atelier) sous forme d'ateliers participatifs régionaux et réguliers pour pouvoir fonctionner en réseau et échanger leurs bonnes pratiques et sortir de leur isolement relatif en tant que fonctionnaires et chercheurs, non seulement vis-à-vis de la scène internationale, mais également sur le plan régional africain. Le rôle de désenclavement de ces ateliers ainsi que leur fonction de renforcement de capacités en invitant des experts externes (p.ex. sur le

GTI, le MRV, le programme « Biofin » du PNUD) ne saut être assez souligné.

Le manque chronique de moyens pour les départements des points focaux au sein de ministères de l'environnement est souvent dû à une priorité budgétaire des ministères régaliens ou de ligne se focalisant sur la sécurité, le développement économique, les infrastructures, la sécurité alimentaire, la santé, l'éducation et la sécurité. Ceci est même plus accru dans des pays dits 'fragiles' ou 'les moins développés'. Comme bien exprimé dans Tab. 2, l'argumentation en faveur d'un CHM nourri et actif par rapport aux autres fonctionnaires, ministères, agences, universités et société civile, consiste tout d'abord en un exercice pédagogique, d'éducation et de sensibilisation au sujet des enjeux environnementaux. Ce qui paraît évident au sein des grandes conventions environnementales ne l'est pas forcément au niveau local, même chez des cadres ou experts bien formés, aussi bien au nord qu'au sud. L'augmentation de la sensibilisation et de la compréhension des liens écologiques entre

l'environnement, ses services écosystémiques, le changement climatique, le déclin de la biodiversité et le bien-être humain (p.ex., IPBES, 2022) reste véritablement un combat de tous les jours et un enjeu d'une haute complexité scientifique et technocratique. Cette matière est en effet complexe et demande donc une approche nuancée, simplifiée, vulgarisante et respectueuse des connaissances locales et traditionnelles. Ceci n'est pas un exercice évident ou facile et requiert une redéfinition constante des expertises nécessaires. Le choix du langage technocratique de la CDB augmente (ou maintient) d'ailleurs la distance entre experts et détenteurs de connaissances traditionnelles, et peut être perçu comme une approche descendante ('top-down') et ne facilite donc pas sa mise en œuvre (Ansari et al., 2022). Malgré 28 ans d'existence, il est regrettable de constater le peu de visibilité ou degré de connaissances du CHM même parmi les chercheurs académiques et experts en environnement sur le plan international. Les participants réitérent leur souhait de voir le CHM faisant partie des curricula universitaires. Le CHM reste trop un outil « intramuros » propre à la mise en œuvre de la CDB pour le bon fonctionnement de la CDB et comme une « obligation formelle des parties de la CDB », plutôt qu'un projet innovateur et mobilisant qui pourrait enthousiasmer les experts et parties prenantes. Il est également étonnant de constater que la recherche académique sur le CHM semble à notre connaissance peu élaborée en vue du nombre très restreint de publications scientifique sur le sujet. En effet, dans leur revue bibliographique, Hagerman et al. (2021) ne mentionnent que 4 articles relatant la Cible 19. Pourtant, c'est un outil à haute potentialité de synthèse, qui en plus se veut être confédérateur en poussant à réfléchir sur les modalités de renforcement de capacités dans le nouveau Cadre Mondial pour la Biodiversité post-2020.

Cette étude recommande clairement un grand besoin de collaboration accrue entre les différents points focaux des conventions environnementales et leurs protocoles. Les points focaux du CHM, même s'ils forment entre eux une petite communauté très soudée et conviviale, restent encore trop souvent isolés dans leurs services en communiquant peu avec des services qui peuvent aussi éventuellement être en concurrence

budgétaire au sein de l'état. Ceci peut engendrer des conséquences néfastes pour le bon fonctionnement de la mise en œuvre de la CDB et du CHM en particulier. Il est particulièrement important de souligner que le CHM n'est finalement que le produit d'un processus de concertation de longue haleine en amont par les parties prenantes qui sont détenteurs d'informations. L'information est une denrée convoitée et sujette à une main mise car elle peut signifier un bonus de pouvoir par rapport à d'autres et donc un levier vers un accès plus aisé vers des moyens de l'état ou des bailleurs. Un défi majeur consiste donc à rendre l'accès et le partage d'information plus transparent et ouvert, comme déjà souligné par Le Prestre (2002) et Wingqvist et al. (2012), se basant sur la bonne volonté et le bénévolat mais également avec des procédures administratives de postage technique et de validation simplifiées et à seuil bas. La plus-value d'une telle approche pourra bénéficier au pays et ainsi aux parties prenantes fournisseuses d'information. Ceci aussi constitue un enjeu pédagogique non négligeable. Car, finalement, ce n'est qu'un CHM riche en contenu, fonctionnel et efficace, mais également intégré dans les curricula universitaires, qui peut être utile et instrumentalisé pour l'élaboration des rapports nationaux et des SPANB vers la CDB. Le CHM se veut être une pierre angulaire dans un réseau complexe de processus de données et d'informations sur la biodiversité et la prise de décisions, comme souligné par Laihonen et al. (2002) et Silva (2004). Le Cadre Mondial pour la Biodiversité devra y prêter une attention particulière, en évitant de « réinventer la roue » avec de nouveaux outils redondants ou à faible plus-value.

5. CONCLUSIONS

L'élucation participative de cet atelier régional des pays francophones de l'Afrique de l'ouest a souligné les déficits souvent structurels néfastes au bon fonctionnement du CHM qui sont de nature financière (relations aux bailleurs, ministères prioritaires), technique (internet, 'Content Management System' fonctionnel, capacités des web masters), humaine (collaboration, transparence, communication, bureaucratie, hiérarchies bienveillantes et libérant des ressources) et stratégique (lien vers les autres outils, vers la CDB et la SPANB, vers les bailleurs etc). Cet

atelier a su mettre en exergue ces différentes composantes dans un débat riche et animé du point de vue de pays souvent dits « fragiles » ou « les moins développés ». Le renforcement de capacités non seulement techniques, mais aussi de communication, de sensibilisation aux services écosystémiques, ainsi que de bonne gestion et gouvernance souple et au service de l'efficacité et la pérennité est une des recommandations clés de cet atelier vers la CDB et le CMB.

Cet article se veut finalement être aussi un plaidoyer et un encouragement pour l'organisation de ce genre d'ateliers à fonction mixte, reprenant aussi bien des éléments de renforcement des capacités, ainsi que des débats ouverts et informels sur des thèmes actuels techniques, stratégiques ou scientifiques et liant les participants entre eux (fonctionnaires, chercheurs, bailleurs) et à la gouvernance globale de la biodiversité. Ceci crée en fait le lien 'top-down' de la gouvernance de la CDB vers les praticiens de terrain qui mettent les cibles du CMB en œuvre et 'bottom-up' en reprenant ce genre de recommandations vers les échelons de prise de décision au niveau national, régional et onusien.

6. REMERCIEMENTS

Nous sommes très reconnaissants au gouvernement du Niger pour avoir été l'hôte de cet atelier, à la Coopération belge au Développement (DGD) pour son soutien financier au programme CEBioS, son soutien au CHM de pays en développement, ainsi qu'au support très apprécié de l'Ambassade de Belgique au Niger. Les auteurs remercient également les représentants des pays africains francophones pour leur participation aux débats lors de l'atelier régional CHM. Merci à Alice Vandommele (CEBioS) pour le travail bibliographique.

7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ansari, D., Schönenberg, R., Abud, M., Becerra, L., Cristina de la Vega-Leinert, A., Dudley, N., Dunlop, M., Figueroa, C., Guevara, O., Hauser, P., Hobbie, H., Hossain, M.A.R., Hugé, J., Janssens de Bisthoven, L., Keunen, H., Munera, C., Petzold, J., Rochette, A., Schmidt, M., Schumann, C., Sengupta, S., Stoll-Kleemann, S., van Kerckhoff, L., Vanhove,

M., Wyborn, C. (2022) Communications on climate change and biodiversity loss with local populations: Exploring best-practices and postcolonial moments in eight case studies from across the globe. Submitted to *UCL Open*, preprint.

Arjjumend, H., Koutouki, K., Alam, S. (2016) Evolution of international governance of biodiversity. *Journal of Global Resources*, 3, 1-15.

CBD (2022) *Aichi target 19*. <https://www.cbd.int/aichi-targets/target/19>

CBD (2021) *Capacity-building and development, technical and scientific cooperation and technology transfer*. <https://www.cbd.int/doc/c/1eb4/0b48/c0cf916ef269b5b8160c7968/sbi-03-crp-13-rev1-en.pdf>

CBD (1994) *Centre d'échange (CHM) français de la convention pour la diversité biologique*. www.cbd.int/doc/meetings/chm/chmiac-2014-01/other/chmiac-2014-01-item5-fr-fr.pdf

CBD (2023) *CHM national focal points*. <https://www.cbd.int/chm/nfp/>

CBD (1992) *Convention on biological diversity*. www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf

CBD (2015) *Meeting of the informal advisory committee to the clearing-house mechanism of the convention on biological diversity*. <https://www.cbd.int/doc/meetings/chm/chmiac-2015-01/official/chmiac-2015-01-01-add1-en.pdf>

CBD (2013) *Regional workshop for the Caribbean countries on the clearing-house mechanism*. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjjvSoxvaCAxUAhP0HHUyRA3cQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.cbd.int%2Fdoc%2Fmeetings%2Fchm%2Fchm-rw-2013-car%2Fofficial%2Fchm-rw-2013-car-02-en.doc&usg=AOvVaw0M1aw0DhoFPT9XghnwTQa&opi=89978449>

CBD (2023) *Strategy*. <https://www.cbd.int/chm/strategy/>

Chapman, A.D., Croft, J.R. (1996) *Networking Species Diversity Data in the Clearing-house Mechanism under the Convention on Biological Diversity* [Paper presentation]. 15th International

CODATA Conference, Tsukuba, Japan. www.researchgate.net/publication/333197790_Networking_Species_Diversity_Data_in_the_Clearing_House_Mechanism_under_the_Convention_on_Biological_Diversity

Chavan, V. (2020) State biodiversity boards: towards better governance. *Asian Biotechnology and development Review*, 22, 2 & 3, 21-40.

Hagerman, S.H., Campbell, L.M., Gray, N.J., Pelai, R. (2021) Knowledge production for target-based biodiversity governance. *Biological Conservation*, 255, 108980. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.108980>

Klopper, R.R., Smith, G.F., Chikuni, A.C. (2002) The global taxonomy initiative in Africa. *Taxon* 51, 1, 159-165.

Laihonon, P., Kalliola, R., Salo, J. (2004) The biodiversity information clearing-house mechanism (CHM) as a global effort. *Environmental Science & Policy*, 7, 99-108.

Laihonon, P., Salo, J., Kalliola, R. (2002) The Clearing-house Mechanism and the Global Biodiversity Information Facility; is there a common future? In *Environmental Communication in the Information Society- Proceedings of the 16th Conference* (360-367). ISEP.

Le Prestre, P.G. (Ed.). (2002) *Governing Global Biodiversity: The evolution and implementation of the Convention on Biological Diversity*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315253930>

Nyumba, T.O., Wilson, K., Derrick, C.J. and Mukherjee, N. (2018) The use of focus group discussion methodology: Insights from two decades of application in conservation. *Methods in Ecology & Evolution*, 9, 20-32. <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/2041-210X.12860>

Pascual, U., Balvanera, P., Christie, M., Baptiste, B., González-Jiménez, D., Anderson, C.B., Athayde, S., Chaplin-Kramer, R., Jacobs, S., Kelemen, E., Kumar,

R., Lazos, E., Martin, A., Mwampamba, T.H., Nakangu, B., O'Farrell, P., Raymond, C.M., Subramanian, S.M., Termansen, M., Van Noordwijk, M., Vatn, A. (eds.) (2022) *Summary for policymakers of the methodological assessment of the diverse values and valuation of nature of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. IPBES secretariat. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6522392>

Rochette, A., Akpona, J.D., Akpona, H., Gaston, A., Blanchard, M., Chabi, D., Habonimana, B., Idohou, R., Legba, I., Nzigidahera, B., Taleb, A., Sghir, M., Benjamin, B., Ivory, S., Janssens de Bisthoven, L., Vanhove, M. (2019) Developing policy-relevant biodiversity indicators: lessons learnt from case studies in Africa. *Environmental Research Letters*, 14, 035002.

Samper, C. (2004) Taxonomy and environmental policy: Philosophical transactions of the Royal Society. *Biological Sciences*, 359, 1444, 721-728.

Samyn, Y., Réveillon, A., Franklin, A., Van Goethem, J. (2005) Sense and sensibility in taxonomic capacity-building. In *Success stories in implementation of the programmes of work on dry and sub-humid lands and the global taxonomy initiative* (113-117). Secretariat of the Convention on Biological Diversity.

Selnes, T.A., van Bavel, M.A.H.J., van Rheenen, T. (2006) *Governance of bioiversity*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. <https://edepot.wur.nl/25037>

Silva, M. (2004) Bioinformatics, the clearing-house mechanism, and the convention on biological diversity. *Biodiversity Informatics*, 1, 23-29.

Vanhove M.P.M., Rochette A.-J., Janssens de Bisthoven L. (2017) Joining science and policy in capacity development for monitoring progress towards the Aichi Biodiversity Targets in the global South. *Ecological Indicators*, 73, 694-697. <https://cebios.naturalsciences.be/wp-content/uploads/2021/03/dx.doi.org/10.1016/j.ecolin.2016.10>

