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

Les spécimens d'herbiers comme outil d' identification de zones de haute diversité et de zones biogéographiques : cas du Burundi

Manirakiza, Jean Marie Vianney

2020
UB, FS
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/252

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

UNIVERSITÉ DU BURUNDI



FACULTE DES SCIENCES

MASTER EN SCIENCES ET GESTION INTEGREE

DE L'ENVIRONNEMENT

LES SPECIMENS D'HERBIERS COMME OUTIL D'IDENTIFICATION DE ZONES DE HAUTE DIVERSITE ET DE ZONES BIOGEOGRAPHIQUES : CAS DU BURUNDI

Par

MANIRAKIZA JEAN MARIE VIANNEY

MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du

DIPLOME DE MASTER EN SCIENCES ET GESTION INTEGREE

DE L'ENVIRONNEMENT

OPTION : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

Sous la direction de :

Pr. NDAYISHIMIYE JOEL

BUJUMBURA, OCTOBRE 2020

DEDICACES

A

Ma chère famille ;

Mes parents ;

Mes Sœurs et Frères ;

Mon Oncle et Tantes ;

Tous ceux qui me sont chers

Je dédie ce Mémoire.

MANIRAKIZA Jean Marie Vianney

Les spécimens d'herbiers comme outil d'identification de zones de haute diversité et de zones biogéographiques : Etude de cas du Burundi

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous aimerions présenter nos profondes gratitudes à l'endroit des personnes qui, de près ou de loin ont contribué pour l'aboutissement de ce travail.

Mes remerciements sont tout d'abord adressé particulièrement à l'endroit du promoteur de ce travail Pr. Ndayishimiye Joël qui nous a proposé ce sujet et en a assuré l'encadrement. Ses conseils et surtout sa disponibilité nous ont été d'importance capitale. Je ne passerais pas sans reconnaitre la contribution de tous les enseignants depuis l'école primaire jusqu'à l'Université, car n'eut été leur contribution je ne pourrais pas arriver à ce niveau.

Il me manque aussi des mots d'exprimer mes sentiments de grâce à ma chère famille de sang ; plus particulièrement mes parents, mes sœurs et Frères qui n'ont ménagé aucun effort pour que ce jour soit. Que ce travail soit leur symbole de satisfaction.

Mes sincères remerciements sont aussi vivement adressés à l'endroit de la famille NIYOYITUNGIRA Jean de Dieu pour toutes ses contributions si louables durant le parcours de ce travail.

Mes remerciements sont encore adressés à Madame Marie Filipe de la Newsletter NaturaGIS.fr pour ses orientations et de nous avoir accepté sur le Forum GEOREZO, qu'elle trouve ici nos sentiments de gratitude. A tous les membres du Forum GEOREZO, Je dis Merci infiniment. Leurs disponibilités, leurs expériences nous ont été indispensables.

Je remercie aussi vivement Mr NGENDAKUMANA Ezéchiel de l'herbarium de l'Université du Burundi, pour nous avoir permis accès aux données. Nous disons merci.

Je ne manquerais non plus exprimer mes remerciements à mes compagnons de route et de lutte de l'Université du Burundi en générale et de la famille MSGIE en particulier, avec qui j'ai partagé joies et peines. Qu'ils trouvent ici leur satisfaction.

MANIRAKIZA Jean Marie Vianney

LISTE DES ABREVIATIONS

AETFAST : Association pour l'Etude Taxonomique de la Flore d'Afrique Tropicale

AP : Aires protégées

CDB : Convention de Diversité Biologique

FAO : Food Agriculture Organisation

ICRAF : World Agroforestry Centre

INECN : Institut National pour la Conservation de l'Environnement et de la Nature

IRAZ Institut des Recherches Agronomiques et Zootechniques

PFL : Produit Forestier Ligneux

PFNL : Produits Forestiers Non Ligneux

REDD : Réduction, Émission, Déforestation, Dégradation forestière

UB : Université du Burundi

UICN :International of Union for Conservation of Nature

ISABU : Institut des Recherches Agronomiques du Burundi

MEEATU : Ministère de l'Eau de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire

MSIGIE : Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement

AP : Aires Protégées

PP : Paysage Protégés

QGIS : Quantum Geographic Information System

RNF : Reserve Naturelle Forestière

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1:Bilan de la flore vasculaire du Burundi et évolution des connaissances de 2000 à 2012 10

Tableau 1.2: Variation spatiale des grands groupe d'écosystèmes forestiers du Burundi (MEEATU, 2013) 12

LISTE DES FIGURES

Figure 1 .1: Carte des territoires phytogéographiques modifiée à partir de la carte des territoires phytogéographiques du Burundi selon Lambinons et sérisiaux (1977) :(I : District de la Rusizi, II : District Afromontagnard, III : District du Moso Malagarazi IV : District du Burundi Central, V : District du Bugesera) 4

Figure 1.2: Carte des territoires phytogéographiques modifiée à partir de la carte des territoires phytogéographiques selon Lewalle (1972) : (I : District de la Rusizi, II : District Afromontagnard, III : District du Rwanda-Burundi , IV : District du Moso Malagarazi. 5

Figure 1.3: Carte des territoires phytogéographiques modifiée à partir de la carte des territoires phytogéographiques selon (Ndabaneze, 2009): (I : District du Graben Occidental, II : District Afro-montagnard Centre-Oriental, III : District du Rwanda-Burundi Oriental, IV : District du Moso-Malagarazi 6

Figure 1.4 : carte des aires et paysages protégés du Burundi modifiée à partir de la carte des aires protégées de (UICN, 2011) 9

Figure2.1 : Carte des zones éco climatiques du Burundi modifié de la carte des zones éco climatiques avec le logiciel QGIS (Source : MEEATU,2012) 14

Figure 2.2 : Carte géologique du Burundi (Source : Ministère de l'Energie et des Mines) 15

Figure 2.3: carte de la végétation du Burundi modifié à partir de la carte de la végétation développé par Pouilloux pour l'Atlas du Burundi (1979) 17

Figure 3.1 : Intensité d'échantillonnage selon les années 18

Figure 3.2: Niveau de contribution des Récolteurs 19

Figure 3.3 : Répartition de l'intensité d'échantillonnage selon les moi de l'année 20

Figure 3.4 : Degré d'exploration botanique et répartition spatiale des échantillons 21

Figure 3.5 : Degré d'exploration botanique et répartition spatiale des échantillons de la flore du Burundi 22

Figure 3.6 : Répartition des espèces et des individus dans les quadrats.....23

Figure 3.7 : Courbe accumulation de la richesse spécifique en fonction de l'effort d'échantillonnage. Les résultats ont été générés avec le logiciel EstimateS.....24

Figure 3.8 : Distribution des échantillons dans les systèmes phytogéographiques de Lambinon et Sérusiaux (1977).....25

Figure 3.9 : Répartition de l'échantillonnage par rapport aux systèmes phytogéographiques de Lambinon et Sérusiaux (1977).....26

Figure 3.10 : Richesse spécifique par rapport aux systèmes phytogéographiques de Lambinon et Sérusiaux (1977).....27

Figure 3.11 : Nouvelles limites des zones biogéographiques du Burundi apres superposition des couches de la carte de la végétation selon Poulleux (1979) et de celles des Territoires Phytogéographiques selon Lambinon et Sérisiaux (1977).....28

Figue 4.1 : Carte des régions ou territoires phytogéographiques de l4Afrique (Pytochorie de l'Afrique : Source : White,1993 ; modifié avec quantum GIS) : 32

Les spécimens d'herbiers comme outil d'identification de zones de haute diversité et de zones biogéographiques : Etude de cas du Burundi

RÉSUMÉ

Les connaissances sur la conservation de la biodiversité floristique du Burundi et leur mode de répartition demeurent une préoccupation majeure pour les chercheurs locaux dans le contexte actuel de changement climatique. Ainsi, afin de répondre à cette préoccupation, une étude basée sur les specimens d'herbiers conservés dans l'Herbarium de l'Université du Burundi a été réalisée. L'objectif global consiste à la détermination des zones de hautes diversités et des territoires biogéographiques en utilisant des collections antérieures récoltées sur l'entièreté du territoire National. 10119 échantillons répartis dans 993 genres et 1779 espèces ont servi comme matériel de base pour cette étude. Les Systèmes d'Information Géographiques combinés avec certaines cartes thématiques ont été utilisés pour les analyses spatiales. L'évaluation de l'effort de l'échantillonnage a été analysée grâce au Logiciel *EstimateS*. Les résultats ont montré que l'échantillonnage n'est pas uniforme sur l'ensemble de la zone d'étude. Aussi, l'analyse spatiale par maillage a permis de mettre en évidence les zones de hautes diversités. Ces zones correspondent également aux endroits les plus visités au moment de l'exploration botanique. Etant donné que les résultants montrent que les explorations se sont beaucoup bornées sur les zones facilement accessibles et autour des aires protégées, des compagnes d'exploration sur tout le territoire national sont nécessaires. Cette étude a permis également de mettre en évidence une nouvelle zone biogéographique similaire à la région afro montagnarde dans la région des chutes de Karera et failles de Nyakazu. Les données présentées cependant dans cette étude devraient être complétées pour avoir un jet de données suffisant pour justifier les zones de hautes diversités mise en évidence à travers cette étude.

Mots clés : SIG, Effort d'échantillonnage, diversité spécifique, Accessibilité, biais

Les spécimens d'herbiers comme outil d'identification de zones de haute diversité et de zones biogéographiques : Etude de cas du Burundi

ABSTRACT

Knowledge on the conservation of Burundi's floristic biodiversity and the way it is distributed remains a major concern for local researchers in the current context of climate change. Thus, in order to respond to this concern, a study based on herbarium specimens conserved in the Herbarium of the University of Burundi was carried out. The overall objective is to determine areas of high diversity and biogeographical territories using previous collections collected throughout the national territory. 10119 samples from 993 genera and 1779 species were used as basic material for this study. Geographic Information Systems combined with some thematic maps were used for the spatial analyses. The evaluation of the sampling effort was analysed using EstimateS software. The results showed that the sampling was not uniform throughout the study area. Also, the spatial analysis by mesh allowed to highlight areas of high diversity. These areas also correspond to the most visited places at the time of the botanical exploration. Since the results show that the explorations were largely confined to the easily accessible areas and around the protected areas, exploration campaigns throughout the national territory are necessary. This study also revealed a new biogeographical zone similar to the Afro-mountain region in the Karera Falls and Nyakazu Fault area. However, the data presented in this study should be completed in order to have a sufficient data stream to justify the zones of high diversity highlighted through this study.

Keywords: GIS, Sampling effort, Specific diversity, Accessibility, bias

TABLE DE MATIERES

DEDICACES.....i

REMERCIEMENTS.....ii

LISTE DES ABREVIATIONS.....iii

LISTE DES TABLEAUX.....iv

LISTE DES FIGURES.....v

RÉSUMÉ.....vii

ABSTRACT.....viii

TABLE DE MATIERES.....ix

CHAPITRE I. INTRODUCTION GENERALE.....1

1.1. Contexte et justification.....1

1.2 Objectifs.....3

1. 3 Hypothèses de travail.....3

1. 4 Connaissances phytogéographiques du Burundi.....3

1. 5 Formations végétales du Burundi.....7

1.5.1 Forêts ombrophiles de montagne.....7

1.5.2 Forêts claires.....7

1.5.3 Forêt sclérophylle à *Hyphaène benguellensis*.....7

1.5.4 Forêt mésophile périguinéenne.....7

1.5.5 Savanes et Bosquets xérophiles 8

1.6 Aires protégées du Burundi 8

1.7 Etat de connaissance de la biodiversité du Burundi 10

1.8 Facteurs de dégradation des écosystèmes forestiers du Burundi 11

1.9 Etat des tendances des écosystèmes forestiers du Burundi 11

CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE TRAVAIL 13

2.1 Zone d'étude 13

2.1.1 Géomorphologie 13

2.1.2 Climat 14

2.1.3 Géologie 15

2.1.4 Sols et potentialités 16

2.2 Matériels utilisés 16

2.3 Méthode d'analyse des données 16

2.4 Méthode de délimitation des zones biogéographiques 16

CHAPITRE III : PRESENTATION DES RESULTATS 18

3.1 Analyse du degré d'exploration botanique au Burundi 18

3.2 Analyse de la contribution des récolteurs 18

3.3 Types de biais contenus dans les herbiers 19

3.4 Identification des zones de haute diversité 20

3.5 Evaluation de l'exhaustivité d'échantillonnage 23

3.6 Répartition de l'échantillonnage selon les territoires phytogéographiques 24

3.7 Répartition de la richesse spécifique dans les systèmes phytogéographiques du Burundi 26

3.8 Identification de zone biogéographiques 27

CHAPITRE IV : DISCUSSION 29

CONCLUSIONS ET SUGGESTIONS 33

1. CONCLUSIONS 33

2. SUGGESTIONS 34

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 35

Les spécimens d'herbiers comme outil d'identification de zones de haute diversité et de zones biogéographiques : Etude de cas du Burundi

AVANT-PROPOS

Ce document porte sur un thème intitulé :« les spécimens d'herbiers comme outils d'identification de zones de haute diversité et de zones biogéographiques : Etude de cas du Burundi ». C'est un travail réalisé dans le cadre de travail de mémoire de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement à la faculté des Sciences de l'Université du Burundi.
Ce thème a été choisi dans le but d'essayer de répondre à la suggestion de nos prédécesseurs qui évoque la nécessité d'utiliser les spécimens d'herbiers repartis dans plusieurs groupes taxonomiques et cela, à l'échelle locale ; car les autres études ont été mené au niveau régional, si non avec moins de dix taxons. Il a été fait dans le but d'identifier les zones de haute diversité et délimiter les zones biogéographiques du Burundi sur base des spécimens d'herbiers conservés dans l'herbier de l'université du Burundi. Ainsi donc, il a été question de :

- Elaborer la base de données des spécimens d'herbiers pour connaitre le degré d'exploration de la flore du Burundi.
- Etudier la contribution des récolteurs à l'étude de la flore du Burundi
- Identifier les biais potentiels contenu dans les herbiers
- Etudier la répartition de la diversité floristique en fonction de l'effort de l'échantillonnage
- Evaluer l'exhaustivité de l'effort de l'échantillonnage à l'aide des spécimens d'herbiers
- Comparer le modèle de distribution spatiale des espèces en conformité avec les modèles phytogéographiques existants combinés avec la carte de la végétation du Burundi défini par Pouilleux (1979)

Hiérarchiquement, ce document est harmonisé en principaux chapitre, dont : introduction générale, méthodologie de travail et matériels, résultats et enfin discussion. L'une des difficultés rencontrées a été le manque d'outils performants et la détermination des espèces.
Il existe encore des spécimens non identifié.

Les spécimens d'herbiers comme outil d'identification de zones de haute diversité et de zones biogéographiques : Etude de cas du Burundi

CHAPITRE I: INTRODUCTION GENERALE

1.1. Contexte et justification

La diversité biologique, signifie la variété de la vie sur la Terre et les modèles naturels qu'elle forme, sont de plus en plus menacées par les activités humaines (CBD, 2004). Les plantes comme éléments fondamentaux de la diversité biologique du monde entier, constituent une ressource indispensable pour le maintien de la vie. Elles constituent de sources de nourritures, de médicaments, de carburants, de vêtements, d'abris, maintiennent l'équilibre écologique, stabilisent les écosystèmes et jouent un rôle capital dans la réduction des gaz à effet de serre (Processus de Montréal, 2009). Malheureusement, plusieurs espèces végétales sont en danger d`extinction à cause des activités anthropiques, dont notamment ; la transformation des habitats, la surexploitation, les espèces exotiques envahissantes, la pollution et les changements climatiques (Turcati, 2011). L`agriculture, la foresterie et autres affectations des terres contribuent à l`échelle de 24%, les industries 25%, l`énergie 35%, la circulation routière ou le transport 14 % (Pachauri, 2010). Ces activités sont perçues comme principales sources d`émission des Gaz à effet de serre, causant l`augmentation de la température terrestre et constituent des sources de menace pour l'atmosphère et facteur principal des variabilités climatiques (FAO, 2016). Toutefois, la séquestration du carbone, gaz à effet de serre par les forêts, parait la meilleure voie d`amoindrir les changements climatiques, de réguler les climats mais aussi de conserver la biodiversité (Du, 2013), car sont à la base de la destruction de l`habitat et source d`extinction des espèces (Ayebare *et al.*, 2018).

En domaine tropical en générale et en Afrique de l'Est en particulier, domine la perte de la diversité biologique par la déforestation et la destruction des habitants conduisant à la dégradation des forêts. Par ailleurs, la démographie galopante constitue la principale cause. Elle entraine la demande accrue de ressources naturelles (Pfeifer *et al.*, 2012).

C`est ainsi qu`en 2002-2004, la FAO est venue en aide à environ 814 million de personnes soit 14 pourcent de la population mondiale d`alors qui vivaient avec les conditions alimentaires précaires (Von , 2005).

Face à ce problème, au fur et à mesure que la sensibilisation s'est accrue, pas mal de nations ont manifesté leur intérêt à protéger leur héritage naturel (Sayre, 2000). Toutefois, c'est à travers la conservation de ces écosystèmes que la sauvegarde de cette héritage naturel est possible. Or, cela importe une bonne connaissance sur la répartition, la richesse spécifique que renferment ces derniers.

Les spécimens d'herbiers comme outil d'identification de zones de haute diversité et de zones biogéographiques : Etude de cas du Burundi

Etant donné que la diversité biologique est inégalement répartie sur l`ensemble du globe (Nicole *et al.,* 2012), la connaissance de cette répartition importe des études scientifiques visant à mettre à la portée de la société des connaissances sur diverses espèces, leurs utilités et les milieux dans lesquels on peut les rencontrer. En effet, c'est à travers la compréhension des schémas de distribution de la biodiversité que la conservation et l'usage durable de la biodiversité est possible (Vallet *et al.,* 2012). La connaissance de la répartition spécifique connait des progrès non négligeables au Burundi et en Afrique en général, suite aux travaux effectués sur ce sujet, par exemple : (Ndayishimiye, 2011).

Néanmoins, des études sont encore nécessaires car, le concept de conservation et l'importance de la biodiversité n`est pas encore ancré à l`esprit de la majorité des citoyens. En Afrique en général et particulièrement au Burundi, cela se justifie par la fragmentation perpétuelle des écosystèmes forestiers, malgré les efforts consentis par les différents intervenants dans ce secteur (Pfeifer *et al.*, 2012).

En tant que membre de la convention sur la conservation de la diversité biologique(CBD, 1992), convention cadre des nations unies sur les changements climatiques(CITEPA, 2012), le Burundi a déjà entrepris plusieurs initiatives visant la préservation de la biodiversité et la restauration des écosystèmes, mais aussi la lutte contre les changements climatiques. Les connaissances sur la diversité du Burundi restent fragmentaires. Par ailleurs, le Burundi ne dispose pas de flore locale. Seules sont disponibles quelques catalogues de quelques familles (Ndayishimye,2011)

En vue de contribuer dans l'amélioration de ces efforts, des études ont été déjà faites sur certaines familles dans le but d'analyser leur distribution en Afrique centrale. On peut citer les travaux de Ndayishimiye (2011), Tuo (2017), Koffi (2008). Ces auteurs ont suggéré que des études complémentaires faites à des échelles spatiales différentes et sur plusieurs groupes taxonomiques sont plus que nécessaires pour confirmer la concordance spatiale observée entre la diversité spécifique et la présence des espèces endémiques dans la détermination des zones de conservation.

C`est dans cette perspective que notre thème intitulé : « Les spécimens d'herbiers comme outil d'identification des zones de haute diversité et de zone Biogéographiques : cas du Burundi » a été entrepris. Les résultats serviraient d'outils non seulement aux décideurs mais aussi aux acteurs privés du secteur de la conservation des espèces endémiques et rares, ceci pour augmenter les étendues de réserves sur le territoire national.

1.2 Objectifs

L'objectif global de notre travail est d'identifier les zones de haute diversité et délimitation de zones biogéographiques du Burundi sur base des spécimens d'herbiers conservés dans l'herbier de l'université du Burundi. Pour atteindre cet objectif, nous avons réalisé les activités suivantes :

- ✓ Elaborer la base de données des spécimens d'herbiers pour connaitre le degré d'exploration de la flore du Burundi ;
- ✓ Connaître la contribution des récolteurs à l'étude de la flore du Burundi ;
- ✓ Identifier les biais potentiels contenu dans les herbiers ;
- ✓ Etudier la répartition de la diversité floristique en fonction de l'effort de l'échantillonnage ;
- ✓ Evaluer l'exhaustivité de l'effort de l'échantillonnage à l'aide des spécimens d'herbiers ;
- ✓ Comparer le modèle de distribution spatiale des espèces en conformité avec les modèles phytogéographiques existants combiné avec la carte de la végétation du Burundi défini par Pouilleux (1979).

1. 3 Hypothèses de travail

Les principales hypothèses ayant motivé ce travail sont les suivantes :

1. La répartition de la diversité spécifique est inégalement répartie à l'échelle nationale

2. La diversité spécifique est influencée par l'effort d'échantillonnage

3. Le modèle de distribution des formations végétales du Burundi est cohérent avec les délimitations des territoires phytogéographiques reconnus pour le Burundi.

Ce travail est articulé sur les chapitres suivant : le premier reprend l'introduction générale, la seconde traite de la méthodologie de travail adoptée, le troisième revient sur les résultats et enfin le dernier concerne une discussion. Une conclusion générale et des suggestions sont formulées à la fin de ce travail.

1. 4 Connaissances phytogéographiques du Burundi

Le Burundi fait partie des pays d'Afrique centrale. Les études phytogéographiques pour cette région en générale et pour le Burundi en particulier se sont basées surtout sur les arguments

physionomiques des plantes, le climat mais aussi sur le concept d'endémisme (Koffi, 2008).
Les territoires phytogéographiques du Burundi varient d'un auteur à l'autre. On peut citer les travaux de Lewalle (1972), Lambinon et Sérusiaux (1977), Ndabaneze (1983) qui se sont penchés sur ces études.
Selon lambinons et Séismaux, cinq territoires phytogéographiques ont été défini. Il s'agit entre autre du : district du Bugesera, district du Burundi central, district afromontagnard, district de la Rusizi et enfin du district du Mosso- Malagarazi. Lewalle (1972), reconnait quatre districts dont : District du Graben Occidental, District afromontagnard, District du Rwanda-Burundi et le District du Mosso-Malaragarazi. Les études de Ndabaneze (Fig.1.3) ont confirmé les territoires proposés par Lewalle (1972), sauf une légère modification au niveau de la nomenclature et de la délimitation de ces districts(Ndabaneze, 2009). Les figures 1.1 et 1.2 représentent les délimitations phytogéographiques du Burundi selon Lambinon et Sérisiaux (Fig.1.1) et Lewalle(Fig.1.2).

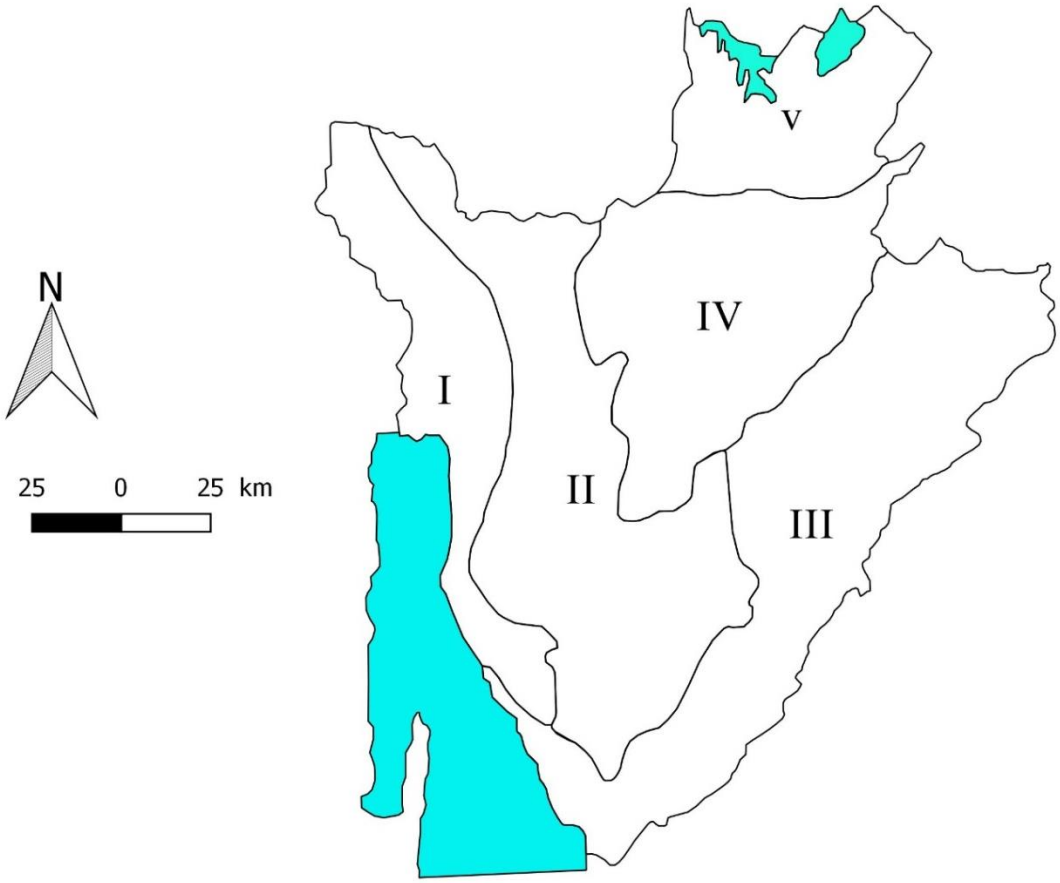


Figure 1 .1: Carte des territoires phytogéographiques modifiée à partir de la carte des territoires phytogéographiques du Burundi selon Lambinons et sérisiaux (1977) :(I : District

de la Rusizi, II : District Afromontagnard, III : District du Moso Malagarazi IV : District du Burundi Central, V : District du Bugesera)

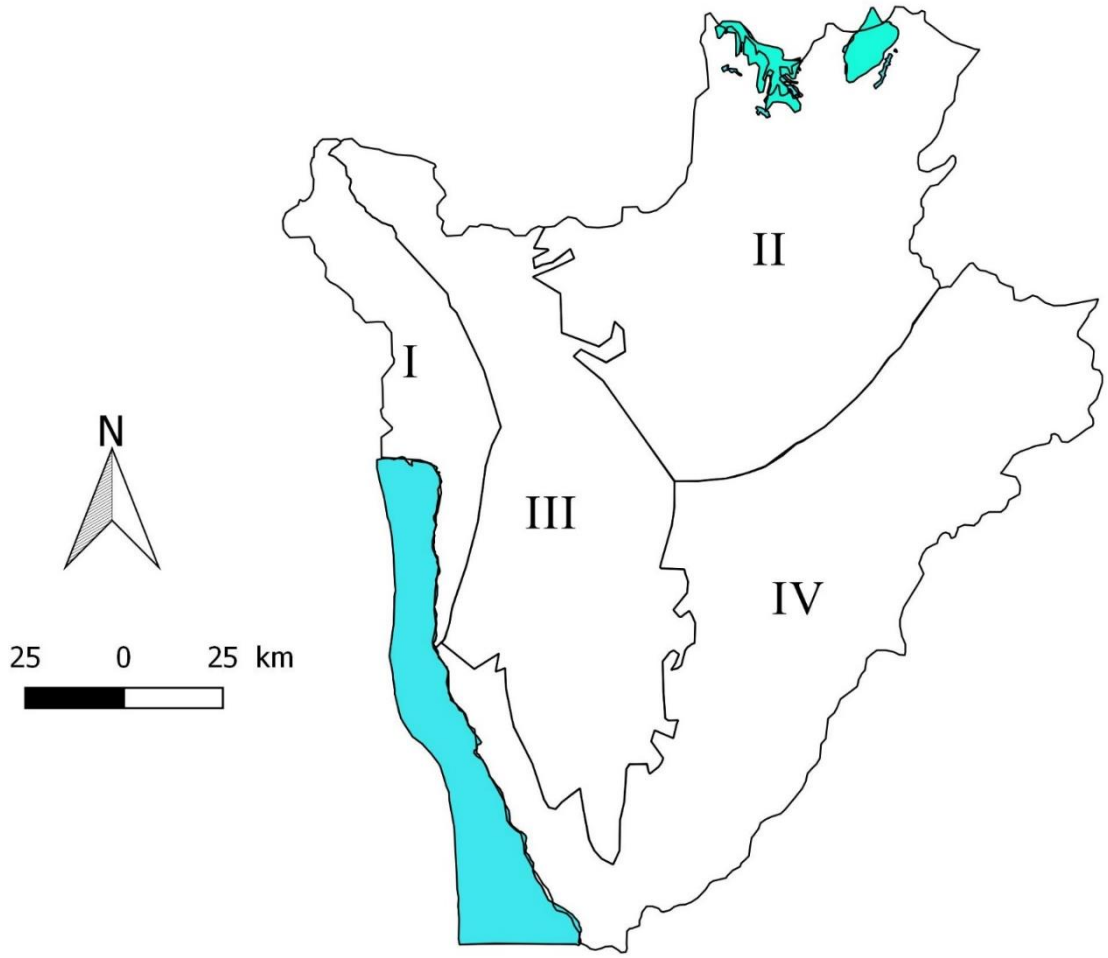


Figure 1.2: Carte des territoires phytogéographiques modifiée à partir de la carte des territoires phytogéographiques selon Lewalle (1972) : (I : District de la Rusizi, II : District Afromontagnard, III : District du Rwanda-Burundi , IV : District du Moso Malagarazi.

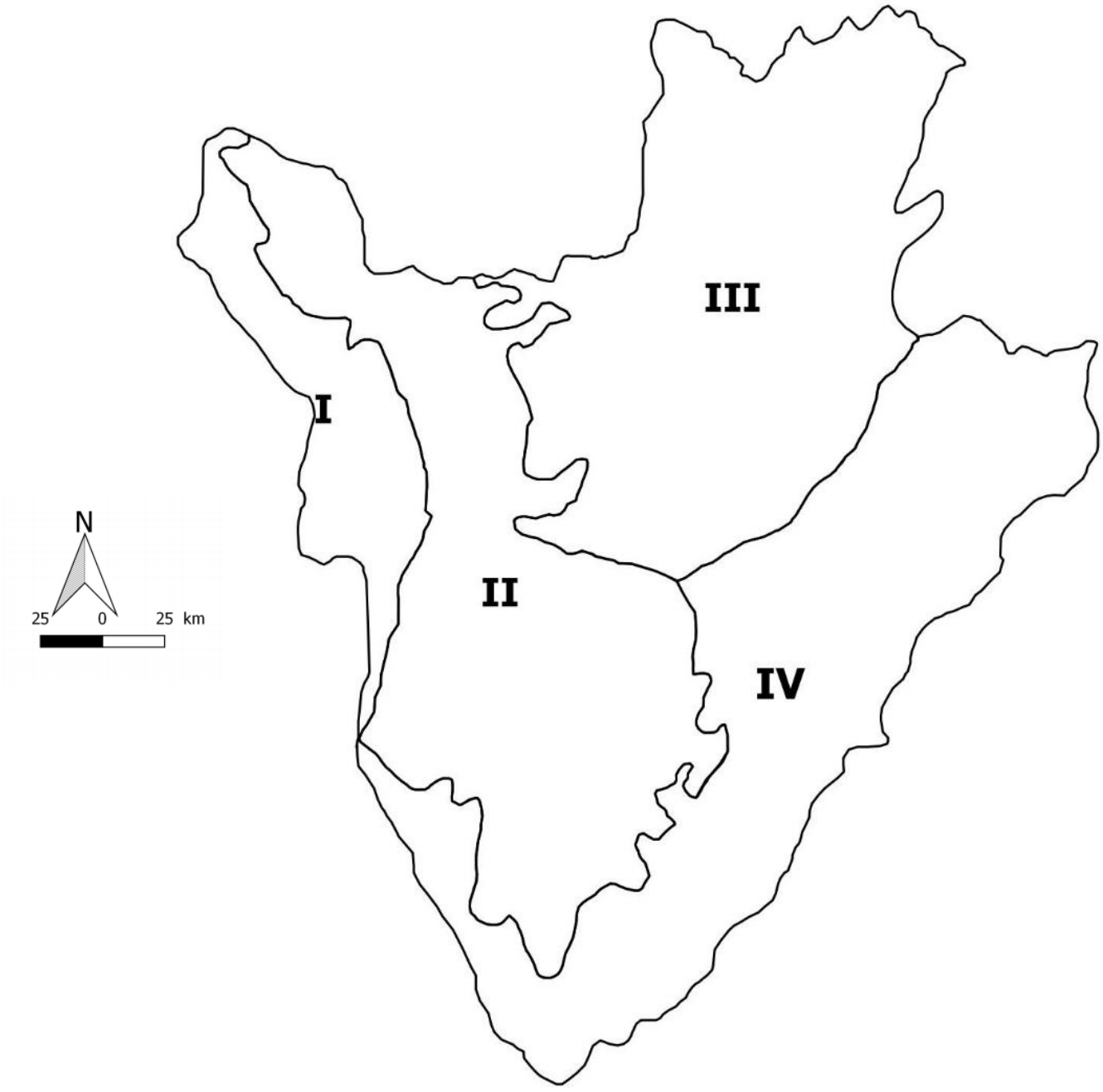


Figure 1.3: Carte des territoires phytogéographiques modifiée à partir de la carte des territoires phytogéographiques selon (Ndabaneze, 2009): (I : District du Graben Occidental, II : District Afro-montagnard Centre-Oriental, III : District du Rwanda-Burundi Oriental, IV : District du Moso-Malagarazi

1. 5 Formations végétales du Burundi

Les formations végétales du Burundi peuvent être regroupé en écosystèmes naturels, boisements artificiels et en écosystèmes agricoles (Bangirinama, 2015). Les écosystèmes naturels terrestres regroupent les forêts, les savanes et les bosquets xérophiles (Nzigidahera, 2006)).Les forets comprennent : les forets ombrophiles de montagne, les forêts claires, les forets sclérophylle à *Hyphaène benguellensis*, ainsi que la foret mésophile péringuinéenne de Kigwena.

1.5.1 Forêts ombrophiles de montagne

Ces types de formation végétales se rencontrent dans la région des hautes montagnes. C'est au niveau de la crête Congo Nil dans le parc de la Kibirra, RNF (réserve naturelle forestière) Bururi et Vyanda, RNF de Monge ainsi qu'à Mpotsa. L'altitude est comprise entre 1600m-2600m. Selon les délimitations phytogéographiques existantes, cette zone rentre dans le district Afromontagnarde. La superficie est estimée à 50000ha. Exemple : Parc de la Kibira

1.5.2 Forêts claires

Ces formations longent les escarpements côtiers de la partie Sud-Ouest du pays. Ils partent de Rumonge, traversent la Nyanza-lac et remontent jusqu'au Nord de la région de Kumoso et Buyogoma suivant la frontière du Burundi avec la Tanzanie. Ces forêts sont de types Miombo sont caractérisés par les *Brachystegia* et *Isoberlinia*. L'altitude varie entre 1000 et 1600m. Dans cette intervalle d'altitude se trouve également les savanes dont les plus importantes se retrouvent à l'Est dans le Parc National de la Ruvubu (PNRv), ainsi que dans le Paysage Protégé de Gisagara et au Nord où ils alternent avec les bosquets. Exemple : Les forêts claires de type Miombo à Rumonge

1.5.3 Forêt sclérophylle à *Hyphaène benguellensis*

Cette formation occupe le graben occidental, dans la plaine de la basse Rusizi. C'est la forêt sclérophylle à *Hyphaène benguellensis* var.*ventricosa* de la plaine de la basse Rusizi, l'altitude variant entre 775 et 800 m. Leur superficie est estimée à environ 800ha.
Exemple : Parc de la Rusizi

1.5.4 Forêt mésophile périguinéenne

Cette formation se trouve à Kigwena et est caractérisée par *Newtonia buchananii* et à *Albizia zygia*. Elle occupe une superficie de 500 ha. Elle constitue une forêt dense qui se rattache à la

formation de la cuvette congolaise par de grands arbres comme *Albizia zygia*, *Newtonia* buchananii et *Pycnanthus angolensis*. : Exemple : Reserve naturelle forestière de Kigwena

1.5.5 Savanes et Bosquets xérophiles

Les savanes se trouvent dans la partie Est et Nord, plus précisément dans la dépression de Kumoso et dans la partie Nord de Buyogoma. Les bosquets xérophiles. Dans la région de Bugesera, les bosquets xérophiles à *Olea europaea* subsp. *africana* sont individualisés dans un couvert végétal très pauvre à *Brachiaria humidicola*. Suite aux actions anthropiques diverses, cette végétation a été déforestée ou fragmentée avec comme conséquence des pertes énormes des écosystèmes forestiers. Elles occupent environ 90 800 ha.

1.6 Aires protégées du Burundi

La biodiversité du Burundi est en grande partie conservée dans 14 aires protégées réparties en parcs nationaux, réserves naturelles, monuments naturels et paysages protégés. Les aires protégées, juridiquement reconnues (et en cours de reconnaissance), couvrent environ 1 040 km^2 soit 3,7% de la superficie totale du pays (UICN, 2011).

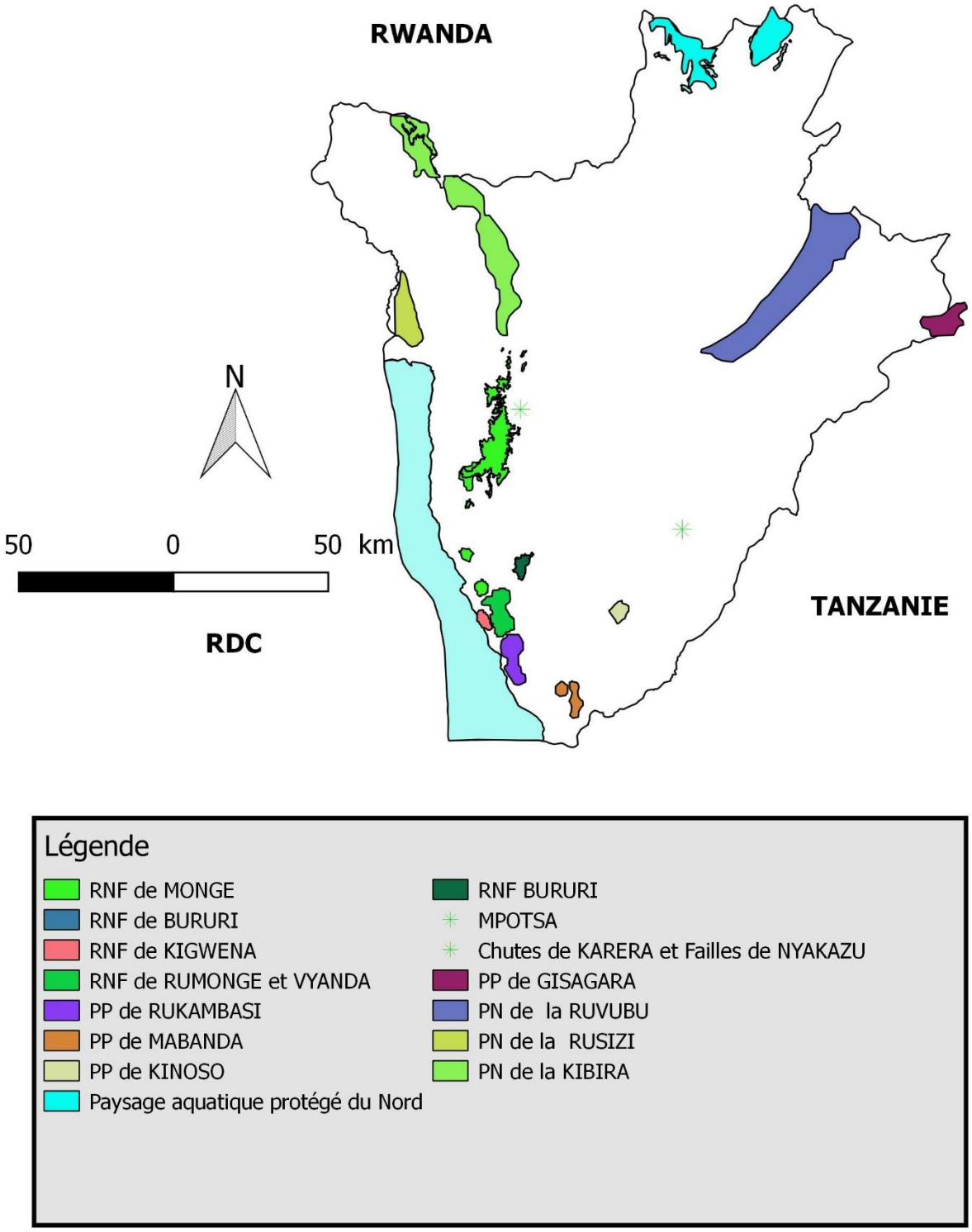


Figure 1.4 : carte des aires et paysages protégés du Burundi modifiée à partir de la carte des aires protégées de (UICN, 2011)

Les paysages protégés de Bugesera, Makamba et Gisagara, qui ont fait l'objet de récentes études d'identification, sont des AP (Aires protégées) en cours de création. Leur statut

juridique est en attente de validation.

Néanmoins, comme précédemment évoqué, la pression démographique particulièrement élevée sur l'ensemble du territoire laisse comprendre que ; la demande accrue en besoins des ressources naturelles et terre agricoles entraine l'envahissement de pas mal d'AP d'où la majorité des écosystèmes sont dégradés (UICN, 2011) . Les parcs et les aires protegées seraient une des meuilleures façons de conserver les forets (Pfeifer *et al.*, 2012).

1.7 Etat de connaissance de la biodiversité du Burundi

La biodiversité du Burundi est estimée à 7038 espèces de flore et faune combinés. Selon les études faites par le MEEATU, on distingue 4798 espèces pour la flore et 2240 espèces pour la faune. La flore non vasculaire reste encore mal connue selon le même rapport ;1489 espèces d'algues sont connues. Ces dernières ont été identifiées à partir des études menées sur le lac Tanganyika, la rivière Rusizi et ses affluents, ainsi que sur les lacs Cohoha et Rweru.

Aussi, la mycoflore du Burundi constitue un autre groupe de la flore burundaise mal connu, avec 110especes connus jusqu'à présent. Ces dernières sont réparties dans 24 genres, 11 familles. On souligne que ces études n'ont concerné que les basidiomycètes.

Tableau1.1: Bilan de la flore vasculaire du Burundi et évolution des connaissances de 2000 à 2012

Groupe		Familles		Genres		Espèces
	2000	2012	2000	2012	2000	2012
Gymnospermes	1	1	1	1	2	2
Ptéridophytes	34	32	77	69	174	178
Dicotylédones	133	126	746	673	1961	1975
Monocotylédones	27	29	222	203	772	960
Total	195	188	1046	946	2909	3125

Source : (MEEATU, 2014)

1.8 Facteurs de dégradation des écosystèmes forestiers du Burundi

La majorité des écosystèmes du Burundi sont menacées par des actions diverses et accuse un état de santé médiocre (Nzigidahera et & Habonimana, 2016). La plupart de ces actions sont anthropiques (Kenchington *et al.,* 2016), ce qui fait que la superficie de certains écosystèmes est fortement réduit. Le facteur principal de la dégradation de ces écosystèmes est la déforestation (Hakizimana *et al.*, 2010) due principalement au : prélèvement incontrôlé des ressources végétales, le défrichement cultural, l'exploitation anarchique du sous-sol, les feux de brousse (Niyongabo, 2019), l'extension de l'habitat humain, le surpâturage, l'exploitation des mines et carrières, la construction des infrastructures.

Sur ces menaces s'ajoutent : la pollution, la prolifération d'espèces exotiques et les changements climatiques, le manque de programme d'amélioration des performances des essences, les faiblesses institutionnelles, la pauvreté.

(Nduwumwami, 1999; INECN, 2000; MEEATU, 2000)

1.9 Etat des tendances des écosystèmes forestiers du Burundi

Regroupé au sein des forêts naturelles dont la majorité sont sous statut d'aires protégées, de boisement ou encore en arbres hors forêts, les ressources forestières du Burundi jouent un rôle important du point de vue environnemental et socio-économique (MEEATU, 2014).

Ainsi, la conservation des ressources génétiques forestières est du ressort des services publics dont notamment l'Université du Burundi, Institut SABU, Institut de Recherche Agronomique et Zootechnique, Office Burundais pour la Protection de l'Environnement, Département des Forêts mais aussi par les privés.

Depuis 1970 jusqu'en 2011 les dimensions des AP ont fortement varié de la manière suivante :

Tableau 1.2: variation spatiale des grands groupe d'écosystèmes forestiers du Burundi (MEEATU, 2013)

Ecosystèmes	**S (ha) 1970**	**S (ha) 1982à1992**	**S (ha) 2000**	**S (ha) 2008**	**S (ha) 2013**
Foret ombrophile montagne	104000	47500	47500	47531	50000
Forêt sclérophylle à hyphaène	2800	1200	1200	1200	1200
Forêt mésophile de Kigwena	2000	500	500	500	500
Forêts claires	30000	3100	8716	8716	20000
Galeries Forestières	-	1018	1018	1018	1018
Divers types de savanes	150000	56600	50900	49120	90800
Prairies	8000	-	-	-	8000
Marais ,lacs et rivières	381397	4399	4399	34399	299963

Mais, une bonne collaboration avec les acteurs locaux est souligné comme meilleure solution à ce danger bien que les communautés ne sont pas impliquées dans le processus de gestion de la plupart des aires protégées, sauf pour le cas de la forêt de Bururi (UICN, 2011).

Aussi, dans le but de mettre en place des outils et techniques efficaces visant à réduire voire même stopper les pressions exercées sur la biodiversité, l'orientation stratégique 3 du plan national de développement (PND, 2018) prône la protection de l'environnement, l'adaptation aux changements climatiques et l'amélioration de l'aménagement du territoire.

CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE TRAVAIL

2.1 Zone d'étude

La zone faisant objet de l'étude est le Burundi.Situé au centre du continent Africain, il est delimité au Nord par le Rwanda, à l'Ouest par la Republique Démocratique du Congo et à l'Est et sud Est par la République unie de la Tanzanie. Il s'étend sur une superficie de 27834Km^2 (MEEATU, 2013) . Du point de vue physiques,le Burundi présente un dynamisme particulier (Nzigidahera, 2012) :

2.1.1 Géomorphologie

Du point de vue géomorphologique, le Burundi compte 5 zones Eco climatiques (fig.2.1). Ils s'agissent d'ouest vers l'est de : Imbo, Escarpements de Mumirwa, Crête Congo Nil, plateaux centraux ainsi que les dépressions de Kumoso et de Bugesera. L'altitude varie de 774m au niveau des bords du lac Tanganyika à 2670m au niveau des massifs montagneux.

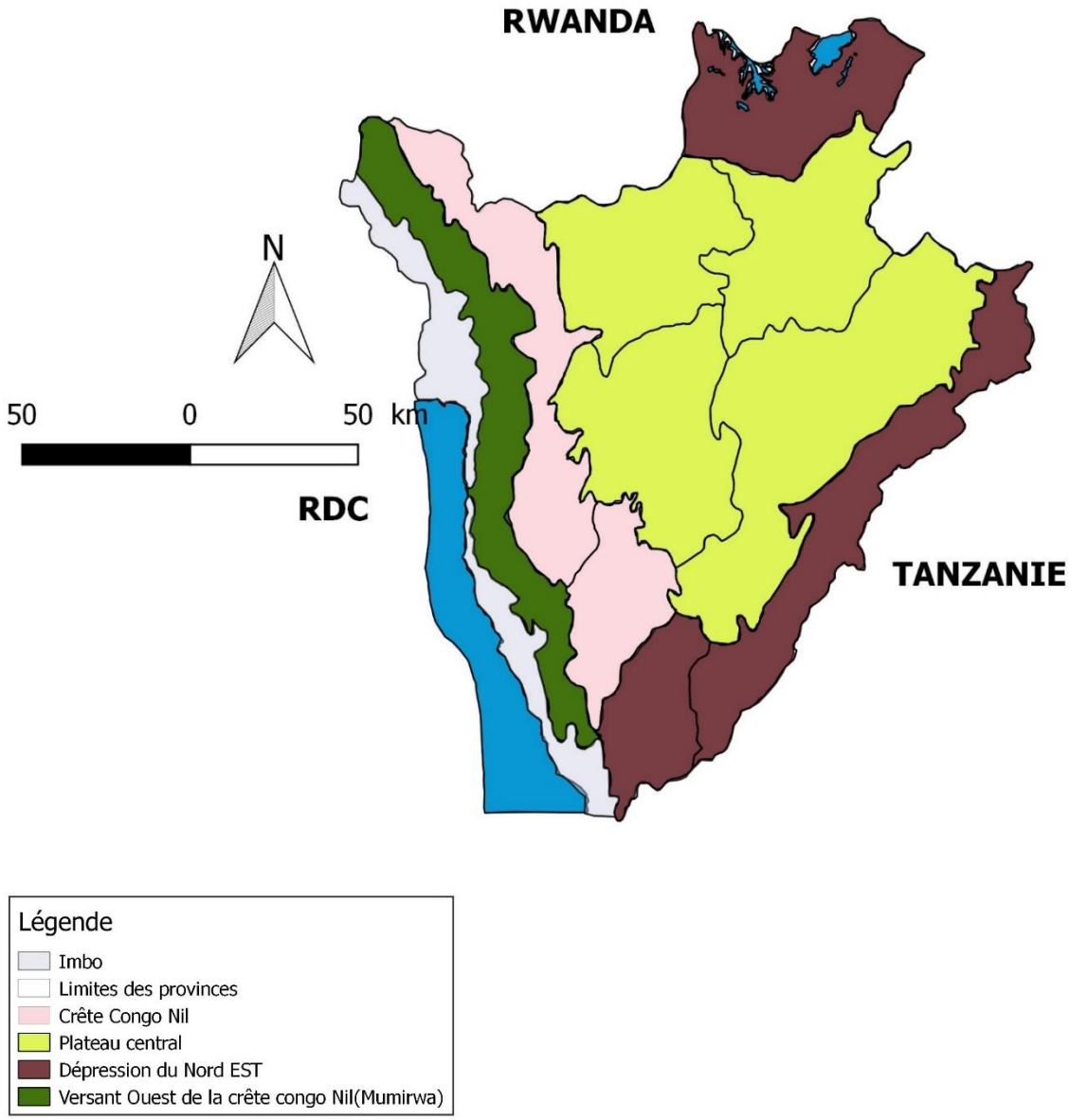


Figure2.1 : Carte des zones éco climatiques du Burundi modifié de la carte des zones éco climatiques avec le logiciel QGIS (Source : MEEATU,2012)

2.1.2 Climat

Au Burundi, le climat est fortement influencé par le relief. Le climat est tropical humide, car influencé par l'altitude qui varie de 774m à 2670m. Il est marqué par l'alternance de la saison pluvieuse (octobre à Mai) et celle de la saison sèche (Juin à Septembre). La température moyenne annuelle de l'air diminue au fur et à mesure que l'altitude augmente. Faibles pendant la saison sèche

2.1.3 Géologie

La géologie du Burundi est regroupée en quatre principaux ensembles.il s'agit des formations du cénozoïque et du quaternaires, le malagarasien, le burundien et l'archéen.

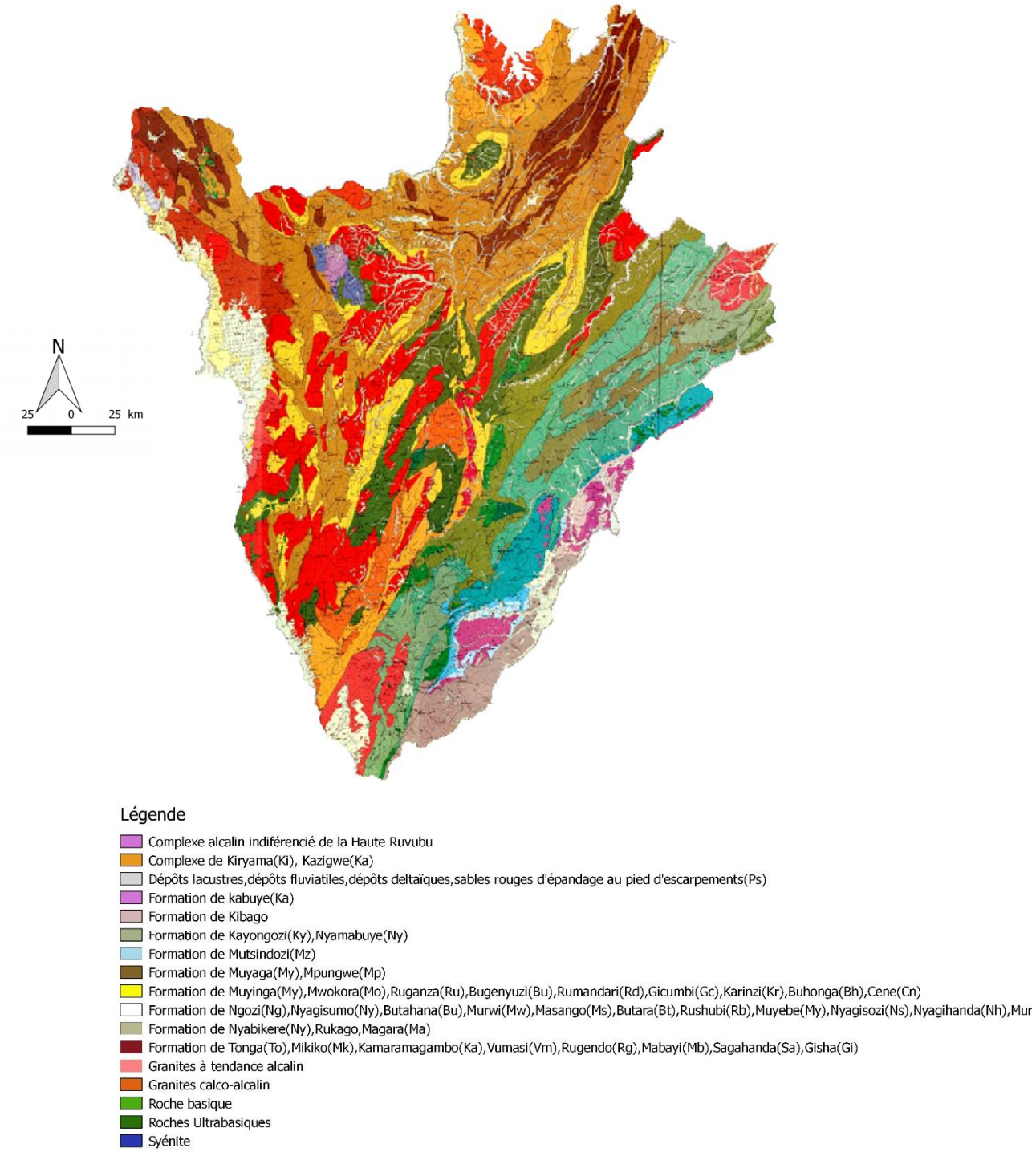


Figure 2.2 : Carte géologique du Burundi (Source : Ministère de l'Energie et des Mines)

2.1.4 Sols et potentialités

Au Burundi, les différentes catégories des sols varient suivant la proximité des roches-mères, la pente, l'altitude, les types d'utilisation, le facteur hydrologique et le couvert végétal.

2.2 Matériels utilisés

Le matériel ayant servi à ce travail est constitué des spécimens d'herbiers qui sont conservés dans l'herbarium de l'Université du Burundi, localisés dans le département de biologie. Cela nous a permis de de constituer la base de données qui comprend les éléments suivant : numéro d'identification, Récolteur, longitude, latitude, numéro d'herbier, date, mois, Année, famille, genre, espèce, l'auteur, Aire majeur, Aire mineur, localités de récolte.

2.3 Méthode d'analyse des données

Une analyse cumulative des échantillons enregistrés chaque année a été réalisé. Cette analyse nous a permis de dresser une courbe cumulative du nombre d'individus selon les années de prospection.

Une analyse de la contribution des collecteurs a été faite. Cette étape a été suivie par une analyse de la répartition de l'organisation de collectes selon les mois de l'année.

Une analyse de la diversité spécifique a été fait sur base d'un système de maillage de 0.14^0 $*0.14^0$, à l'aide du logiciel Quantum GIS qui est un logiciel libre en ligne. A ce sujet, nous avons compté le nombre d'échantillons et d'espèces pour chaque maille. Cela nous a permis d'identifier les zones moins échantillonnées et celles bien ou suffisamment échantillonnées.

Aussi, une analyse de l'exhaustivité d'échantillonnage par le logiciel EstimateS version 9.1.0 (Colwell, 2013) a été faite. Ceci pour s'assurer de la diversité spécifique dont nous disposons actuellement.

2.4 Méthode de délimitation des zones biogéographiques

La végétation du Burundi est répartie dans quatre districts selon Pouilloux (1979). C'est même cette carte qui a été choisie par le laboratoire ICRAF pour l'élaboration de la carte de la végétation du Burundi (Van Breugel et Kindt, 2015). Les principales formations végétales sont résumées sur la carte suivant (Fig.2.2) :

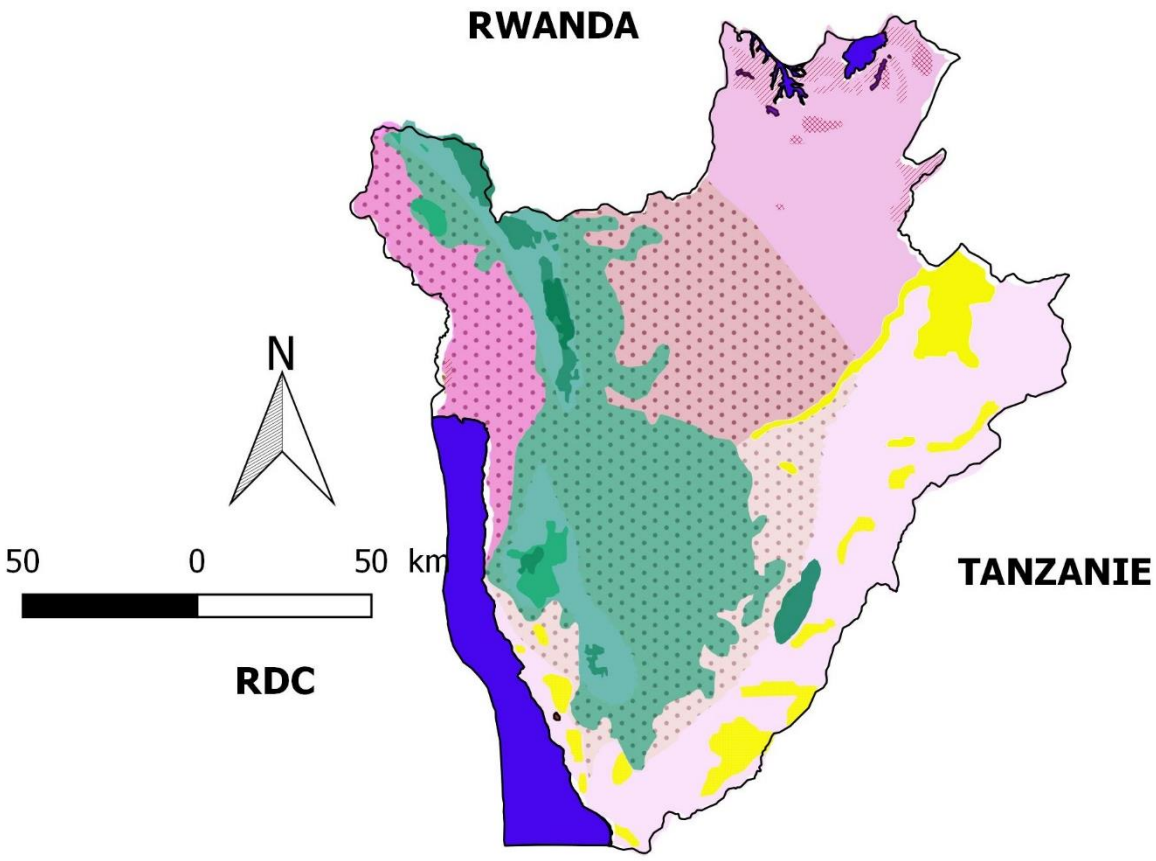


Figure 2.3: carte de la végétation du Burundi modifié à partir de la carte de la végétation développé par Pouilloux pour l'Atlas du Burundi (1979)

La délimitation des zones biogéographiques a été réalisé en superposant les couches des territoires phytogéographiques existants avec les couches de la carte des formations végétales. Ceci nous a permis de dresser une nouvelle carte des zones biogéographiques du Burundi

CHAPITRE III : PRESENTATION DES RESULTATS

3.1 Analyse du degré d'exploration botanique au Burundi

Une base de donnée constituée de 10119 échantillons répartis en 191familles, 993genres et 1779 espèces a été utilisée. La période de récolte de ces dernières va du 1965 à 2012. La période comprise entre 1970 et 1981 montre un pic d'échantillonnage.



Figure 3.1 : Intensité d'échantillonnage selon les années

3.2 Analyse de la contribution des récolteurs

Partant de la base de donnée, une centaine de collecteurs ont contribué dans la collecte des échantillons utilisés. Néanmoins, dix parmis ceux-ci ont récolté au moins 90 échantillons. Le principal récolteur est Reekmans avec 6889 échantillons, suivi par, Caljon (549), Ndabaneze avec (476), Herbiers sans recolteur (299), Ndayikeza et Rugurika (213), Habonayo Richard et Ndihokubwayo (100), Lambinon (100), Auquier (93), Bigendako (90). Plusieurs autres collecteurs ont collecté moins de dix échantillons. Il faut noter cependant que ces données concernent uniquement, l'herbier de l'Université du Burundi. Il y a d'autres spécimens qui sont en Belgique au Jardin-botanique de Bruxelles (BR).

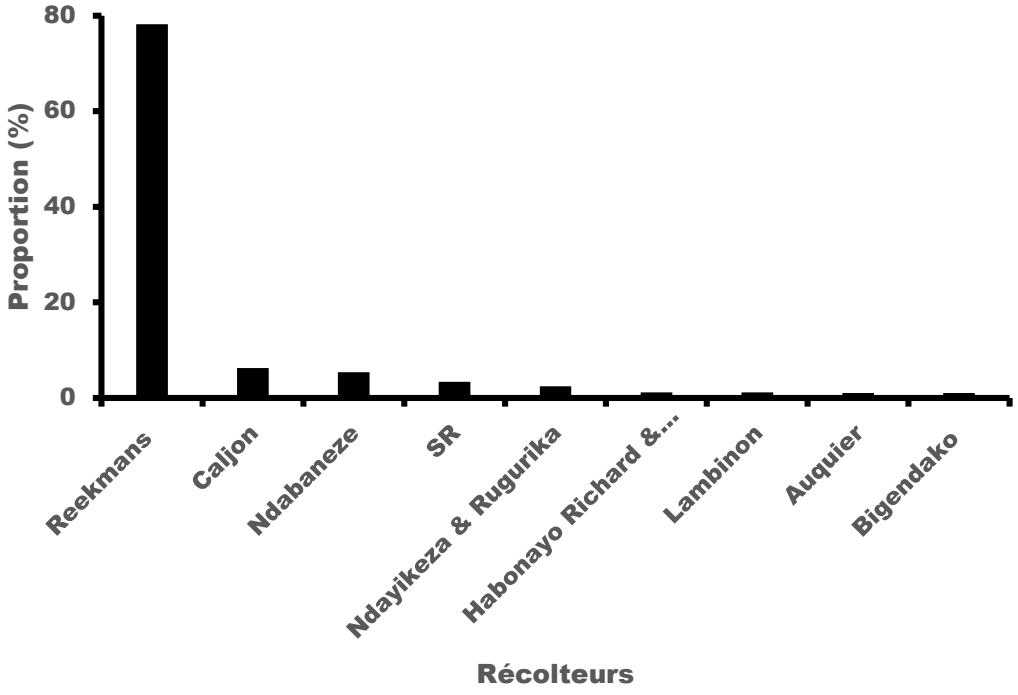


Figure 3.2: Niveau de contribution des Récolteurs

3.3 Types de biais contenus dans les herbiers

D'après les résultats, les explorations botaniques se sont déroulés tout au long de l'année.

Les mois de septembre, décembre, janvier, avril mai et juin, sont caractérisés par des explorations intensives.

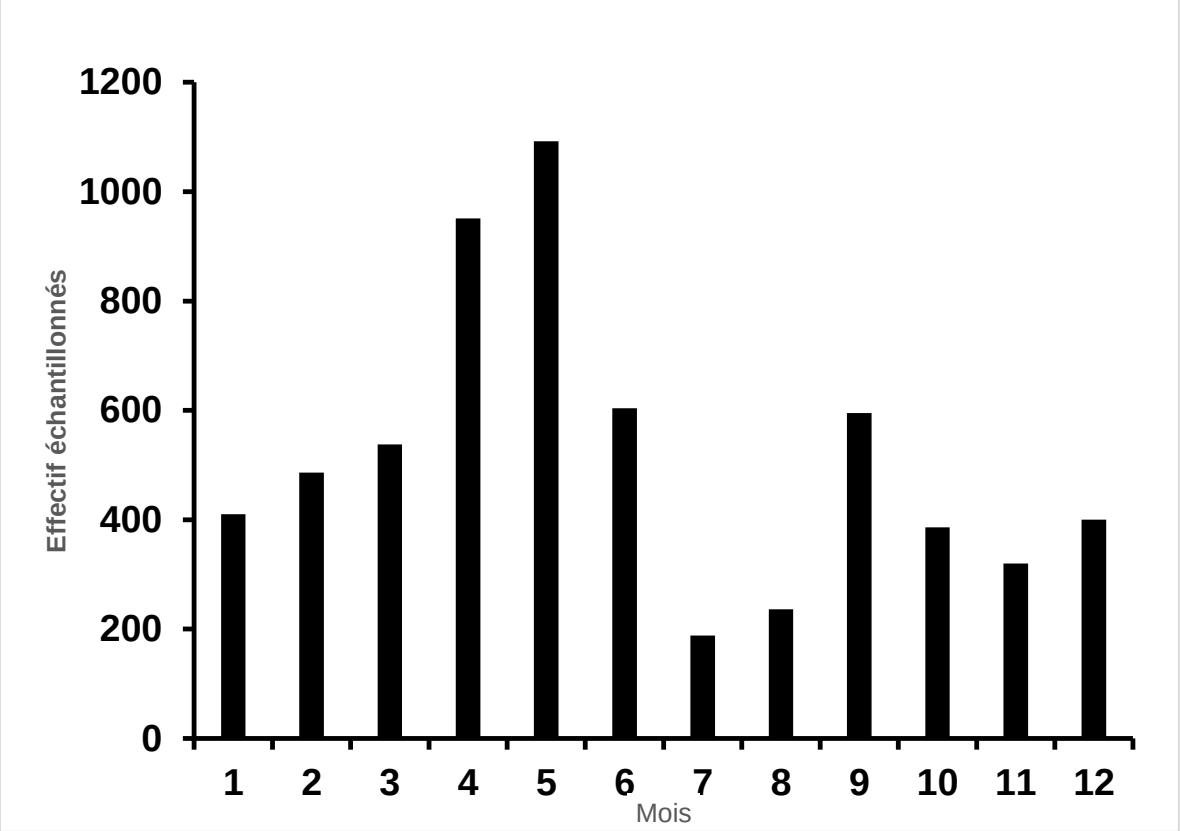


Figure 3.3 : Répartition de l'intensité d'échantillonnage selon les moi de l'année

3.4 Identification des zones de haute diversité

L'analyse de la distribution spatiale des données montre que l'échantillonnage n'est pas uniforme à l'échelle du Burundi. Certaines zones ont été suffisamment explorées, d'autres moins. La première zone qui comprend la plaine de la Rusizi, la ville de BUJUMBURA, la région de Mumirwa, une partie de la Kibira et se prolonge jusque dans la province de Bururi. Il s'agit des provinces comme : BUBANZA, BUJUMBURA MAIRIE, BUJUMBURA, MWARO, MURAMVYA, une partie de CIBITOBE, KAYANZA et BURURI. La deuxième zone comprend une partie de la province de RUMONGE, BURURI, MAKAMBA et RUTANA alors que la dernière (troisième) zone se trouve dans la province de CANKUZO. Le nombre d'échantillons varie de 1à 2352 échantillons par maille de 0.14^0*0.14^0.

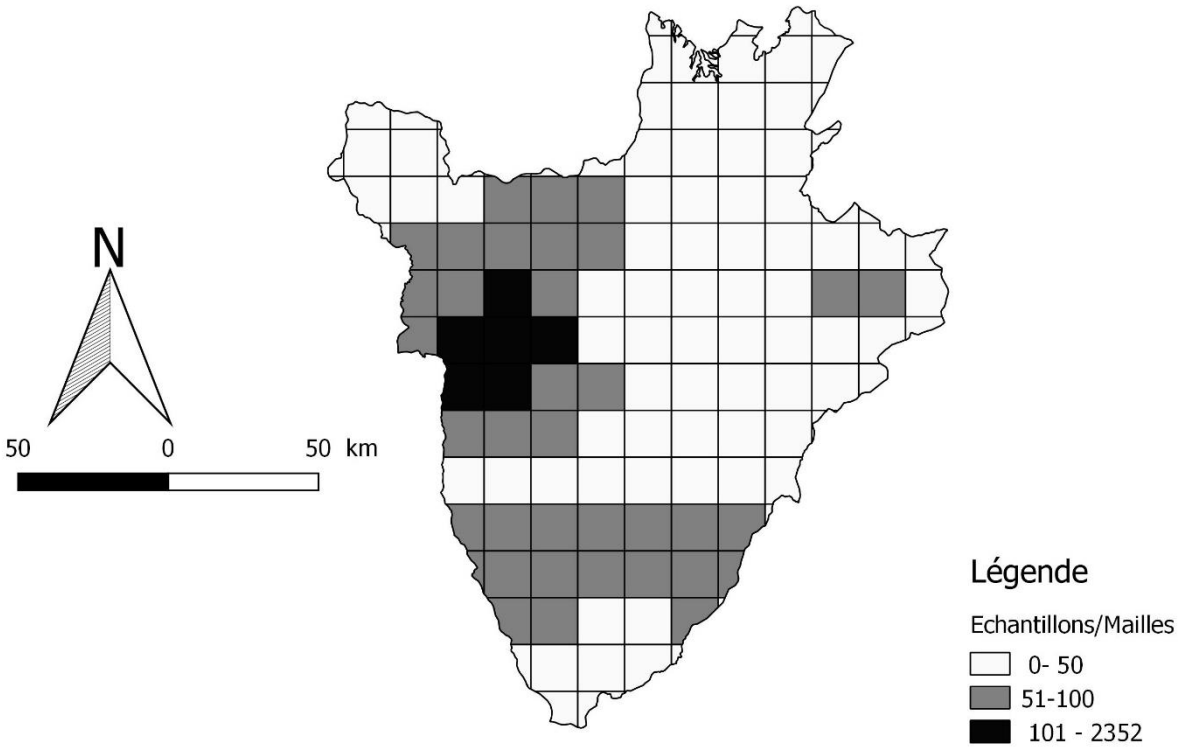


Figure 3.4 : Degré d'exploration botanique et répartition spatiale des échantillons

On peut cependant dire que ces zones correspondent naturellement aux aires protégées. D'après les résultants de la Figure 3.5, les mailles avec un effectif élevé d'espèces suivent les mailles plus prospectées. Certains endroits sont plus diversifiés par rapport aux entres.

Comme pour la répartition de la diversité spécifique en fonction de l'effort d'échantillonnage, la partie centre (GITEGA, KARUSI) et celle du nord-est (KIRUNDO, MUYINGA) du Burundi montre une faible diversité spécifique. Il en est de même pour la province de Ruyigi à l'Est du pays.

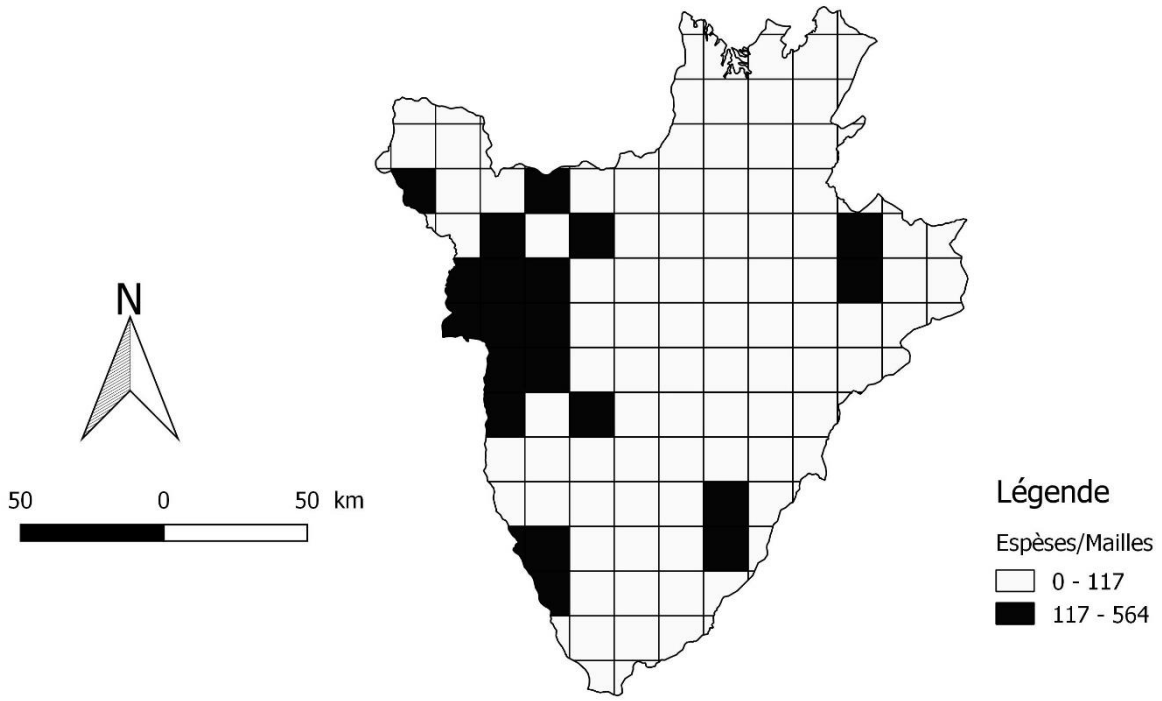


Figure 3.5 : Degré d'exploration botanique et répartition spatiale des échantillons de la flore du Burundi

Peu de mailles ont été bien explorées. En effet, sur 136 mailles qui couvrent le Burundi, 28mailles contiennent plus de 100 espèces, soit 20% (Fig.3.6). Ces résultats prouvent qu'une grande partie de la densité spécifique est concentré sur une petite zone.

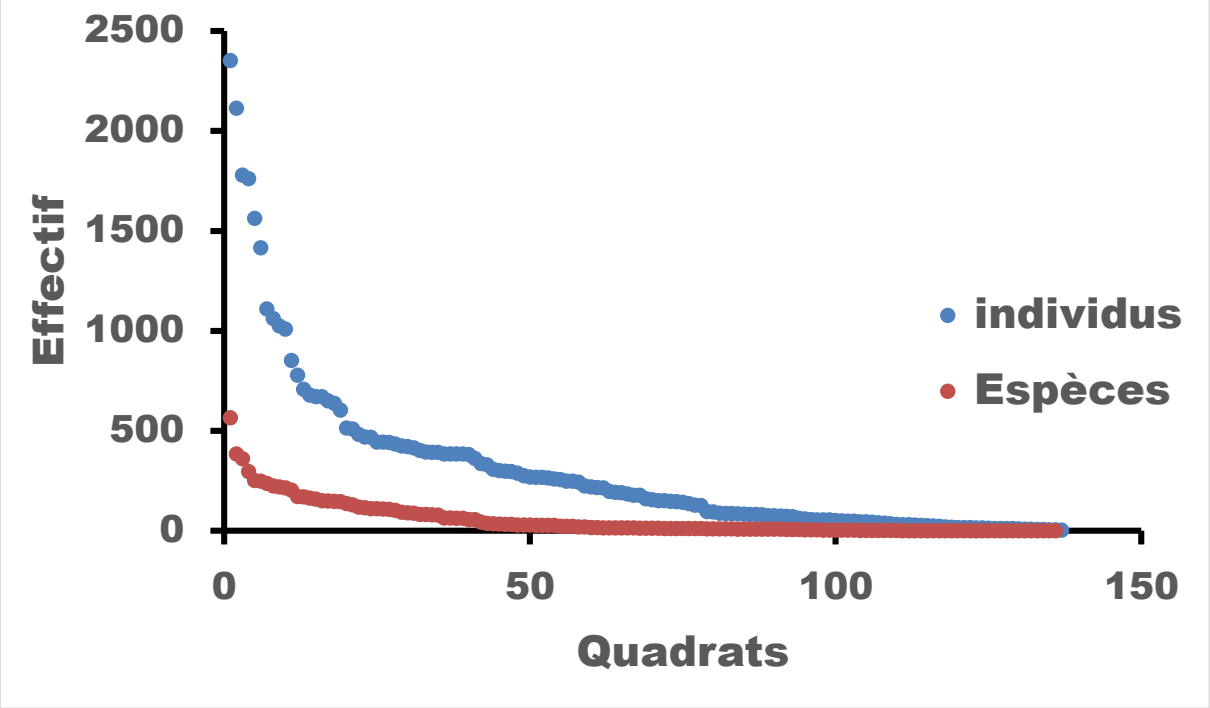


Figure 3.6 : Répartition des espèces et des individus dans les quadrats

3.5 Evaluation de l'exhaustivité d'échantillonnage

La courbe montre que plus on échantillonne, plus les espèces augmentent (Fig.3.7). Il y a encore la probabilité de trouver d'autres espèces. Et comme la courbe n'a pas encore atteint le palier ; cela implique qu'il est fort probable de découvrir encore de nouvelles espèces. Cela est justifié aussi par l'absence de collections dans une grande partie du territoire national.

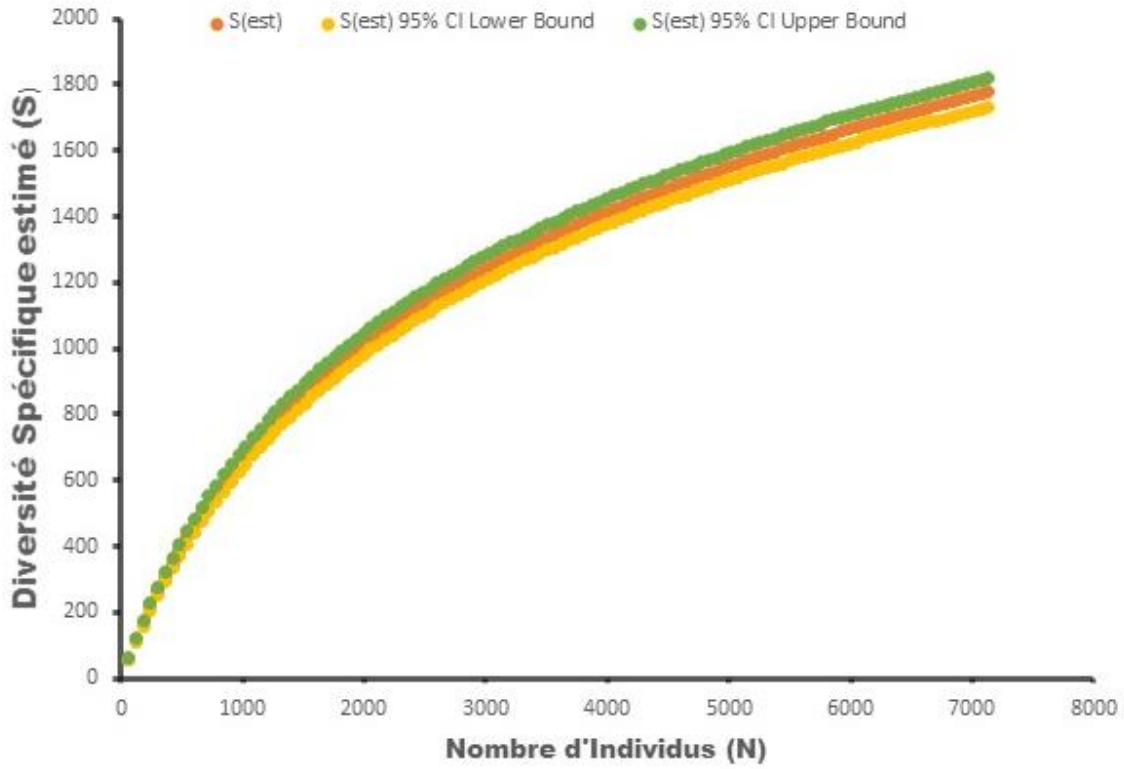


Figure 3.7 : Courbe accumulation de la richesse spécifique en fonction de l'effort d'échantillonnage. Les résultats ont été générés avec le logiciel EstimateS

3.6 Répartition de l'échantillonnage selon les territoires phytogéographiques

Du point de vue phytogéographique, seulement trois districts ou territoires phytogéographiques du Burundi sur les cinq (Lambinon et Sérusiaux (1977) sont les plus prospectés (Fig.3.8). Il s'agit du : district de la Rusizi, district Afromontagnard et district Mosso malagarazi.

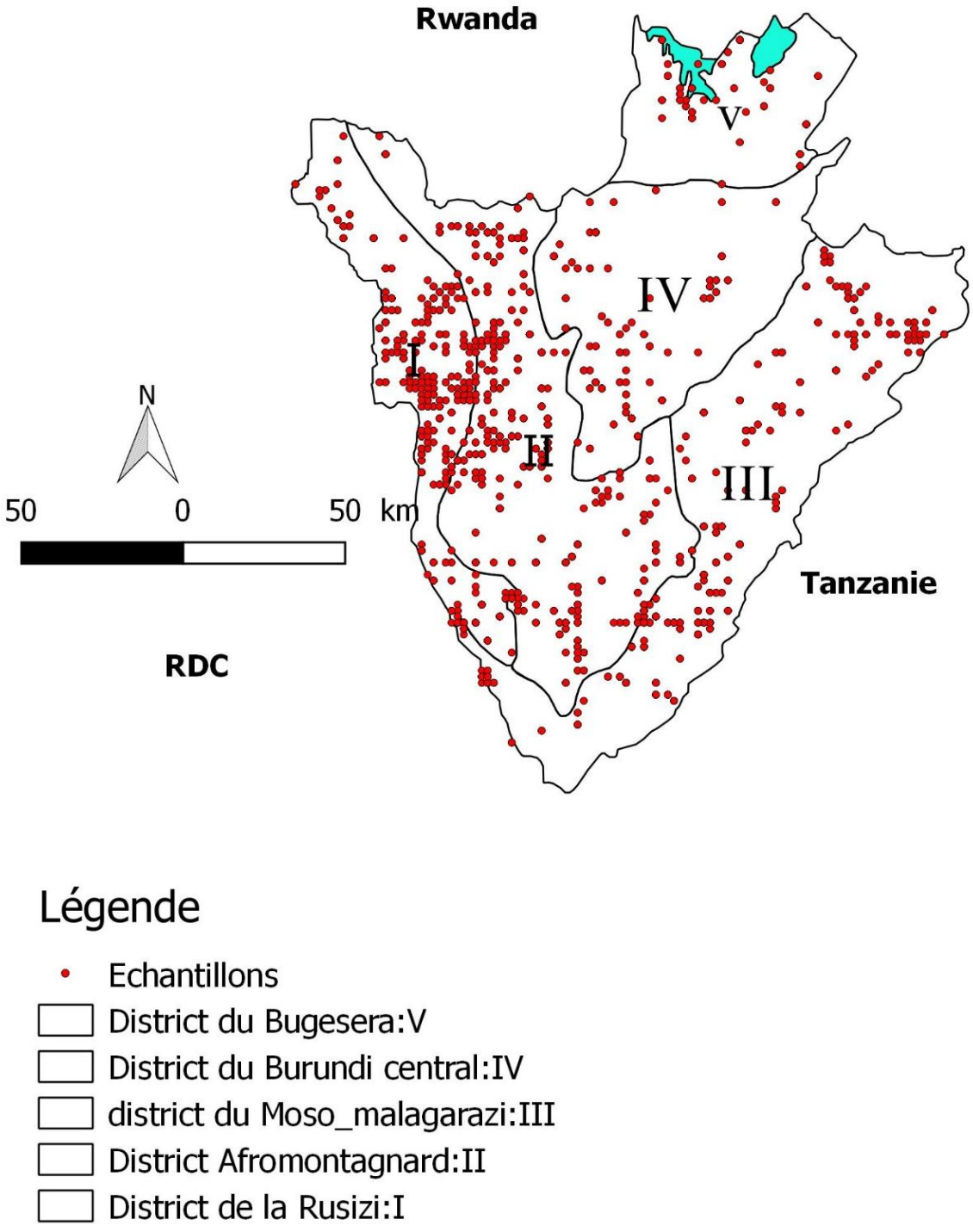


Figure 3.8 : Distribution des échantillons dans les systèmes phytogéographiques de Lambinon et Sérusiaux (1977)

Au vue sur la figure (3.8), on remarque une intensité élevée d'échantillonnage dans les districts de Rusizi (3620), Afromontagnard (3683) et Mosso Malagarazi (2243). Les autres

districts tel que Burundi Central (481) et Bugesera (185) sont faiblement exploré

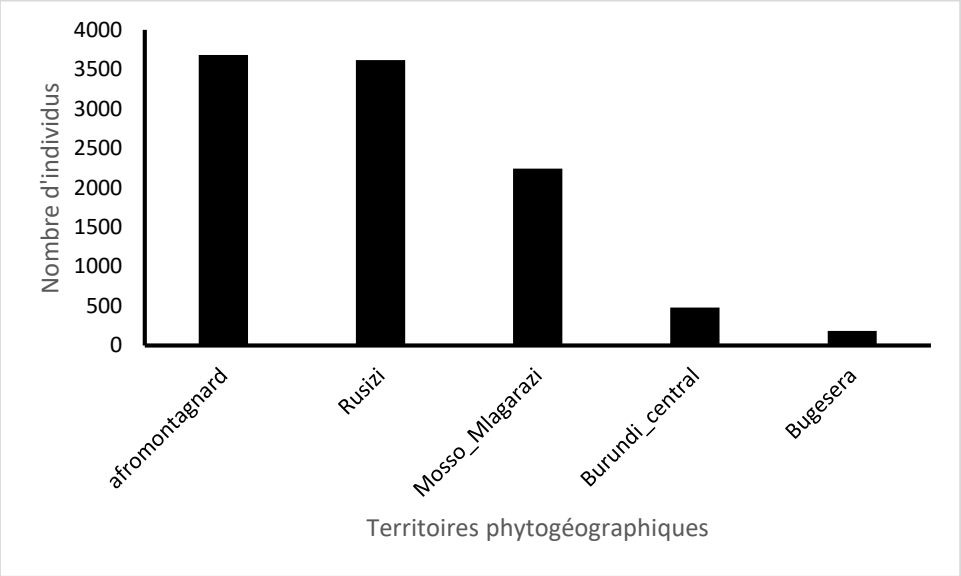


Figure 3.9 : Répartition de l'échantillonnage par rapport aux systèmes phytogéographiques de Lambinon et Sérusiaux (1977)

3.7 Répartition de la richesse spécifique dans les systèmes phytogéographiques du Burundi

D'après les résultats, le district de la Rusizi vient en tête avec 1693 espèces bien qu'il vient en deuxième position par rapport aux individus échantillonnés (3620) contre (3683) du district Afromontagnard qui compte 1659 espèces. Vient ensuite le district de Mosso Malagarazi avec 1278 espèces, Burundi central avec 263espèces et en fin Bugesera avec 185espèces.Cela veut dire que les zones bien échantillonnées ne sont pas suffisamment celles les plus diversifiées.

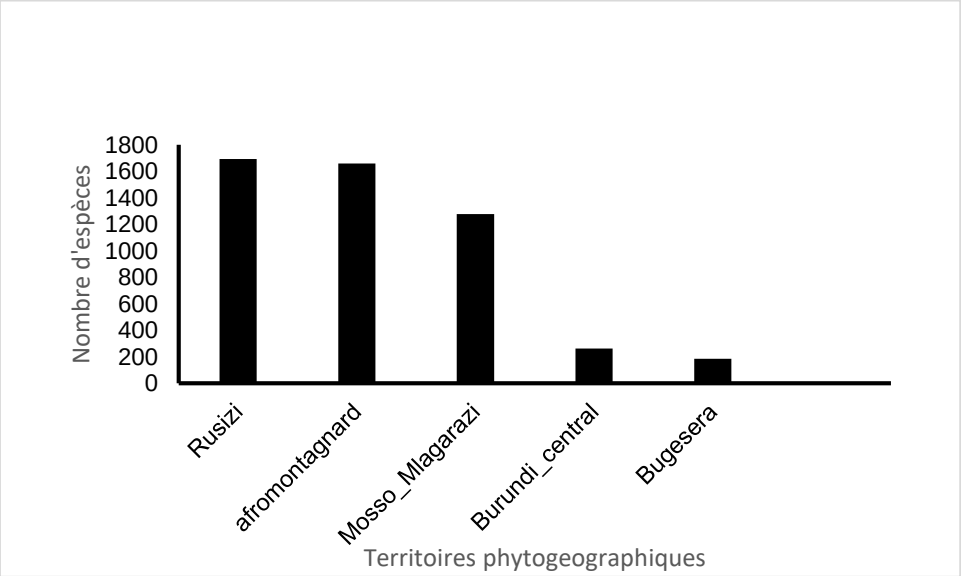


Figure 3.10 : Richesse spécifique par rapport aux systèmes phytogéographiques de Lambinon et Sérusiaux (1977)

3.8 Identification de zone biogéographiques

La superposition de la carte des formations végétales du Burundi avec celle des territoires phytogéographiques de Lambinon et Sérusiaux (1977) montre des discordances au niveau des limites des zones biogéographiques.

Après avoir redéfini par digitalisation les nouvelles limites on a abouti aux zones biogéographiques suivantes : District du Burundi Central, District du Graben Occidental, District de Bugesera, District Afromontagnard, District-Moso Malagarazi. On remarque finalement une nouvelle zone qui a des affinités avec la région Afro montagnarde dans la partie du Mosso. Cette zone coïncide avec les galeries forestières qui sont rencontrés dans les chutes de la Karera et les failles de Nyakazu.

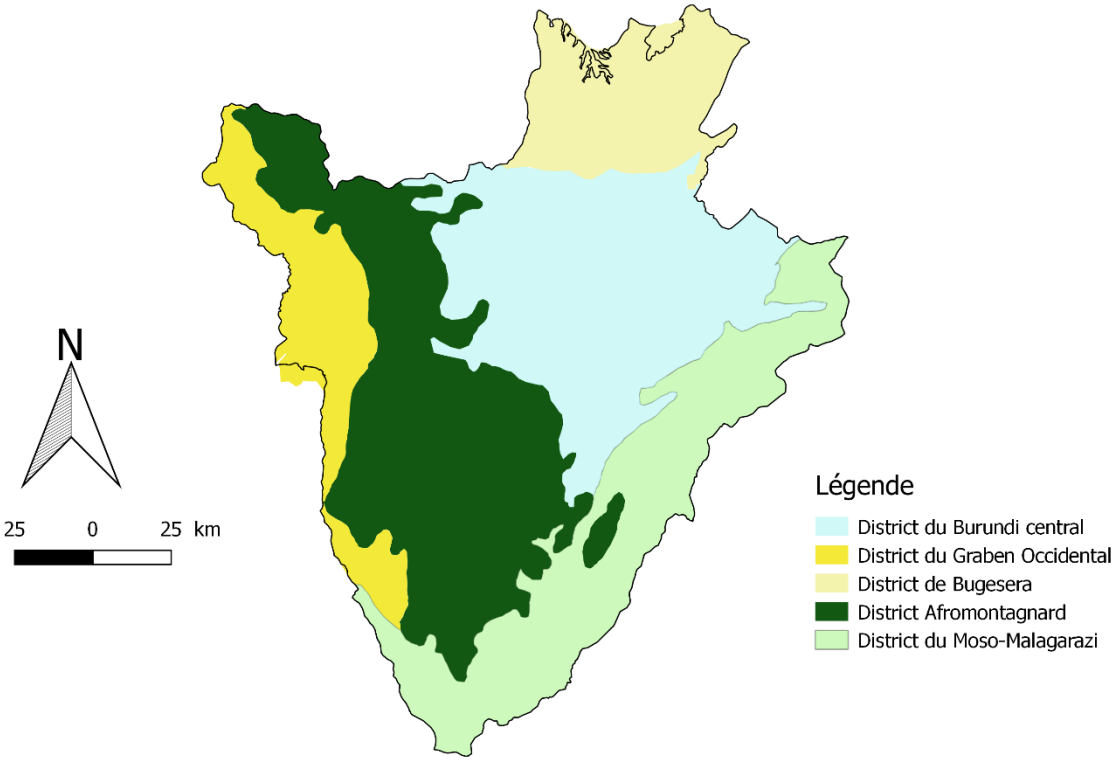


Figure 3.11 : Nouvelles limites des zones biogéographiques du Burundi apres superposition des couches de la carte de la végétation selon Poulleux (1979) et de celles des Territoires Phytogéographiques selon Lambinon et Sérisiaux (1977)

CHAPITRE IV : DISCUSSION

Les données utilisées pour cette étude sont issues des résultats de prospection botanique ayant couvert la période allant de 1960 à 2012. L'intervalle de 1970 à 1980 montre un pic des prospections. (Fig.3.1). Selon les littératures, cette période correspond à d'intenses missions de prospections des professeurs belges en Afrique. Ces résultats corroborent avec ceux de (Ndayishimiye, 2011). Toutes ces collections ont été effectué par 134 récolteurs : Reekmans avec 76.93% des échantillons, Caljon 6.13 % et Ndabaneze 5.31%, (Fig.3.2). Aussi, les explorations se sont déroulées le long de l'année mais les mois les plus explorés sont Septembre, Décembre, Janvier, Avril, Mai et Juin. Néanmoins, les explorations intenses au mois de septembre s'expliquent par le fait que c'est le début de la reprise de la pluie après une longue période de sécheresse et les plantes viennent de pousser. Les mois d'avril et Mai correspondent au mois de fructification. Le mois de juin correspond au mois de début des vacances d'où une légère activité d'échantillonnage (Fig.3.3). Etant donné que la densité dans chaque maille révèle le niveau de prospection (Tuo , 2017; Koffi, 2017), certaines mailles ont été bien explorées, d'autres moins explorées (Fig.3.4). La superposition des mailles et des limites administratives montre que les mailles plus prospectées s'identifient dans les provinces de Bujumbura mairie, Bujumbura, Bubanza, Cibitoke, Kayanza, Muramvya, Mwaro, Bururi et Rumonge. Il s'agit de la partie Nord-Ouest et Sud-Ouest du pays qui longe le rift albertin, caractérisé par l'endémisme le plus élevé et d'espèces menacées (Kanyamibwa, 2013). Cette zone nécessite une attention particulière car elle abritent plus de 50% d'oiseaux, 39% de mammifères, 19% d'amphibies et 14% de reptiles et avec une richesse en espèce des plantes du continent africain qui s'estiment à 5793 espèces (Plumptre *et al.*, 2003). Aussi, s'ajoutent la partie Est et Sud- Est, plus précisément dans les provinces de Makamba, Rutana et Cankuzo. Curieusement c'est dans ces même provinces où se trouvent la majorité des aires protégées. L'exploration s'est beaucoup focalisé dans et autour des aires protégées, ce qui coïncident avec les résultats antérieurs (Ndayishimiye, 2013). Le reste du territoire constitué par le Nord Est et le centre se caractérise par un faible effort d'échantillonnage. Ces résultats sont en accord avec l'affirmation qui prône qu'il existe des régions bien connues, des régions moyennement connues et des régions mal connues (Billand, 2005; Koffi, 2008; Ndayishimiye, 2013; Idou *et al*., 2005, Masharabu *et al*.,2012). Du point de vue diversité spécifique, peu de mailles montre une diversité élevée soit 22 sur 28 mailles identifiées comme étant suffisamment explorées (Fig.3.5). Cela montre que toutes

mailles suffisamment explorées ne sont pas nécessairement les plus diversifiées (Vallet *et al.*, 2012). Les mailles de haute diversité s'identifient dans les provinces suivant : Bubanza, Cibitoke, Bujumbura mairie et son alentour ainsi que Bujumbura rural. Cette zone renferme le parc de la Rusizi. Il en est de même pour les provinces de Kayanza, Muramvya, Mwaro, Rumonge, Bururi Makamba, Rutana et Cankuzo. Ces zones correspondent à des hotspots pour le Burundi. Comme pour l'échantillonnage, la plupart des cas ces mailles se trouvent dans ou autour des aires protégées. Ainsi, les résultats montrent que peu de maille ont plus de 100 espèces (Fig.3.6). Or plus on échantillonne, plus on découvre d'autres espèces (Fig.3.7)(Vallet *et al.* , 2012).Aussi, ces résultats corroborent avec ceux trouvés dans une étude même sur la diversité et la distribution géographique de la flore du Burundi (Ndayishimiye, 2011) . Ainsi, même s'il est très difficile, voire impossible, de réaliser un relevé totalement exhaustif (Chevalier *et al*., 2010),des travaux d'exploration sont nécessaires dans les zones non encore suffisamment explorées sont nécessaires. Aussi, d'autres études complémentaires faites à des échelles spatiales différentes et sur plusieurs groupes taxonomiques demeurent nécessaires, car cette étude donne une contribution d'une vue globale sur l'ensemble du territoire burundais en matière de connaissances floristique. Il sert aussi d'outils de planification des travaux d'exploration et ou de conservation. En effet, l'exploration botanique de l'Afrique tropical est loin d'être achevé (Sosef *et al*., 2017).

Du point de vue territoires phytogéographiques, tous les territoires existants ont été explorés mais à des degré différent (Fig.3.8).

Bien que inéquitablement explorés, le model de Lambinon et Sérisiaux (1977) nous a servi d'outil dans la méthodologie de délimitation des nouvelles zones biogéographiques à l'échelle locale. En effet, les limites des zones biogéographiques ont varié dans le temps et selon les auteurs que ce soit au niveau régional et local. A l'échelle du continent africain, les débats autour des zones biogéographiques remontent de longtemps, les phytogéographes ont depuis plus de 150 ans, essayé de le faire, mais il y a encore beaucoup divergence entre les classifications proposées par les différents auteur**s** (White, 1993)**.** Ces divergences découlent en partie aux critères pris en compte dans leur délimitation. Selon White (1993), les délimitations des territoires biogéographiques se sont depuis longtemps basés sur des caractéristiques physionomiques d'où des divergences dans leurs définitions (la végétation, la hauteur, la densité, l'épineux, la caducité, etc.) car les classifications physionomiques simples sont susceptibles de séparer ce qui est semblable et de rassembler des choses qui, dans de

nombreux respects sont différents. Par exemple, Lambinaux et Sérisiaux en 1977, dans leur étude sur la Contribution à l'étude des lichens du Kivu (Zaïre), du Rwanda et du Burundi avaient proposé comme provisoires les modèles antérieurs de ces auteurs : Robyns (1948), Lebrun (1947, 1956), J. Leonard (1965), Troupin (1966), White (1970), Schnell (1971), Lewalle (1972) (Lambinon & Serusiaux, 1977).

La carte biogéographique réalisé par l'AETFAST est actuellement la plus retenue du fait qu'elle combine la chorologie et la physionomie. Selon l'auteur (White, 1993), Cela fournit des moyens objectifs pour désigner et différencier des types de végétation qui sont superficiellement similaires sur le plan physionomique, mais se produisent dans différentes régions floristiques**.**



Figue 4.1 : Carte des régions ou territoires phytogéographiques de l4Afrique (Pytochorie de l'Afrique : Source : White,1993 ; modifié avec quantum GIS) :

I: Centre régional d'endémisme guinéo-congolaise ; II : Centre régional d'endémisme du Zambèze ; III : Centre régional d'endémisme soudanais ; IV : Centre régional somalien-masaïen d'endémisme ; V : Centre régional d'endémisme du Cap ; VI : Centre régional d'endémisme du Karoo-Namib ; VII : Centre régional méditerranéen d'endémisme ; VIII : Centre régional d'endémisme de type archipel Afro-montagnard, IX : Région Afro-alpin de type archipel d'un extrême appauvrissement floristique ; X : Zone de transition régionale Guinée-Congolaise/Zambèze ; XI : Zone de transition régionale Guinée-

Congolaise/Soudanaise ; XII : mosaïque régionale du lac Victoria ; XIII : Mosaïque régionale Zanzibar-Inhambane ; XIV : Transition régionale Kalahari-Highveld zone ; XV : Mosaïque régionale du Tongaland-Pondoland ; XVI : Transition régionale du Sahel zone ; XVII : Zone de transition régionale du Sahara ; XVIII : Zone régionale Méditerranée/Sahara zone de transition ; XIX : Est Centre régional d'endémisme malgache ; XX : Ouest Centre régional malgache d'endémisme.

Néanmoins, l'élaboration de cette carte s'est de plus en plus basée sur la théorie de l'endémisme. Ainsi, Schouw propose que pour déterminer les limites de chaque Royaume et Province, il est nécessaire de prendre en compte le climat et d'autres conditions physiques, et de rendre compte des familles, genres et espèces caractéristiques et prédominantes, et notamment de la physionomie (Gresammt-Caractéristique) de la végétation (Schouw 1823 in (White, 1993)**).** Selon toujours White la tâche de la chorologie descriptive ne sera pas terminée tant que les distributions de toutes les espèces ont été établies et cartographiées ; ce qui laisse comprendre que toutes les classifications chorologiques doivent être considérées comme provisoires et susceptibles d'être modifiés ou affinés. Ainsi donc, la superposition des couches des territoires phytogéographiques selon Lambinon et Sérisiaux (1977) et de celles des formations végétales du Burundi selon Poulleux(1979) montre des discordances au niveau des limites de ces territoires ce qui nous a conduit à les délimiter de nouveau d'où le Nkoma a rejoint le district Afromontagnard. Une partie du Buyogoma autre temps attribuée au Moso-Malagarazi a rejoint le Burundi central (Fig.3.13).

CONCLUSIONS ET SUGGESTIONS

1. CONCLUSIONS

Les problèmes mondiaux liés aux changements climatiques demandent l'implication des contributeurs de tous les secteurs. Ces derniers sont responsables de l'érosion de la biodiversité soumettant plusieurs espèces à des risques d'extinction. Toutefois, la réussite de la conservation de la biodiversité nécessite une bonne connaissance de la répartition des espèces. L'utilisation des spécimens d'herbier comme outil d'identification de zones de haute diversité et de zones biogéographiques est devenu ces derniers temps un des meilleurs outils de guide dans la conservation. Ainsi d'après cette étude, la carte de distribution des échantillons montre que la prospection n'est pas uniforme sur l'ensemble du territoire, car il y a beaucoup de biais liés à

l'effort d'échantillonnage. Les récoltes ont été menés dans les endroits faciles d'accès. Les plus visibles sont la plaine de la Rusizi. Aussi, on pourrait dire qu'il y a une relation avec la proximité des centres de recherches dont l'Université du Burundi à Bujumbura et les centres de recherches de l'ISABU. Par ailleurs cette répartition de l'échantillonnage correspond aux aires protégées. La diversité spécifique augmente avec l'effort de l'échantillonnage d'où besoin des travaux de prospection dans les zones ou la diversité floristique est moins connue. Du point de vue zones biogéographiques, une nouvelle carte des zones biogéographiques a été proposée sur base des territoires phytogéographiques de Lambinon et Sérisiaux (1977) et de la carte de la végétation du Burundi.

2. SUGGESTIONS

1. Etant donné que les données ayant fait objet de notre étude sont celles conservé dans l'herbier de l'Université du Burundi, Il est nécessaire de les combiner avec celles conservées au jardin botanique Belge pour définir les zones de haute diversité.
2. Comme il a été constaté qu'il existe encore de zones mal connues, il faudrait envisageait de nouveaux travaux de récoltes botaniques.
3. Aussi, la carte des zones biogéographiques proposée reste provisoire, il faudrait combiner les résultats obtenus avec les données bioclimatiques afin de pouvoir confirmer les zones biogéographiques du Burundi
4. Le Burundi ne dispose pas encore d'une flore proprement, il faut donc combiner les données conservées à l'Université du Burundi avec celles du jardin botanique Belge pour faire un catalogue de la flore du Burundi.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ayebare, S., Plumptre, A. J., Kujirakwinja, D., & Segan, D. (2018). Conservation of the endemic species of the Albertine Rift under future climate change. *Biological Conservation*, *220*(June 2017), 67–75. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.02.001

Bangirinama, F. (2015). Etude sur la conservation de la nature en général et de la réserve naturelle de la forêt de Bururi en particulier.

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

CBD. (1992). Convention sur la diversité biologique nations unies 1992.

CBD. (2004). Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique (2004) Approche Par Écosystème (Lignes Directrices de la CDB) Montréal: Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique *51 p.* https://www.cbd.int/doc/publications/ea-text-fr.pdf

Chevalier, R., Gautier, G., & Archaux, F. (2010). Relevés floristiques pour le suivi de la biodiversité végétale des écosystèmes forestiers : éléments de réflexion pour faire les bons choix. *Revue Forestière Française*, *2*, 141–154. https://doi.org/10.4267/2042/34651

CITEPA. (2012). Protocole de Kyoto. Les Engagements Internationaux de La France, 61647, 1–10.

Colwell, R. K. (2013). EstimationsS 9.1.0 User's Guide. *Collection Roselt/OSS - Contribution Technique N° 1*, 175. internal-pdf://177.138.107.251/Floc'h-Guide méthodologique pour l'étude.pdf

Du, E., & Sequestration, P. D. E. (2013). Estimation du potentiel de sequestration du carbone au mali.

FAO. (2016). Emissions de gaz à effet de serre issues de l'agriculture, de la foresterie et des autres affectations des terres. 16, 3.

Hakizimana,D.; Masharabu, T. ; Citegetse, G., Bizimana, D. ;Manirambona, A (2010). Zones Importantes de conservation des Oiseaux au Burundi.

INECN. (2000). strategie nationale et plan d'actions en matiere de la diversite biologique s n p a-d b.

Kanyamibwa, S. (2013). Albertine Rift Conservation Status Report. Albertine Rift Conservation Series No 1. ARCOS Network. 1, 1–103.

Kenchington, E. L.; Canada, O.; Rice, J.; Canada, O.; & Nekton, B. (2016). Facteurs à prendre en compte pour déterminer les mesures de conservation efficaces par zone Facteurs à prendre en compte pour déterminer les mesures de conservation efficaces par zone Pêches et Océans Canada Institut océanographique de Bedford Case postal. *February*. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3696.9365

Kouao, K. (2008). *A*nalyse des structures spatiales des données de distribution phytogéographique des Acanthaceae en Afrique centrale.

Lambinon, J., & Serusiaux, E. (1977). Contribution à l'étude des lichens du Kivu (Zaire), du Rwanda et du Burundi. Bulletin Du Jardin Botanique National de Belgique / Bulletin van de National Plantentuin van België, *47*(3/4), 459. https://doi.org/10.2307/3667912

MEEATU. (2013). Stratégie nationale et plan d'action sur la biodiversité 2013-2020. 104.

MEEATU. (2014). Plan strategique de développement et de renforcement des capacités dans le domaine de la biodiversité *2013-2020 Bujumbu*.

MEEATU, 2013. (2020). Plan régional de mise en œuvre de la Stratégie Nationale et Plan d '

Action sur la Biodiversité dans la dépression de Bugesera 2013-2020.

Ndabaneze, P. (2009). The mountain flora of BURUNDI. *8*(2), 7–10. https://doi.org/10.15957/j.cnki.jjdl.2009.07.004

Ndayishimiye, J. (2013). Détermination des zones potentielles de conservation de la biodiversité : un aperçu sur l ' approche méthodologique basée sur la diversité spécifique et les espèces endémiques Détermination des zones potentielles de conservation de la biodiversité : un ap. December.

Ndayishimiye, J. (2011a). Diversité , endémisme , géographie et conservation des Fabaceae de l ' Afrique Centrale Diversité , endémisme , géographie et conservation des Fabaceae de l ' Afrique Centrale.

Ndayishimiye, J. (2011b). Diversite et distribution geographique des legumineuses de la flore du burundi.

Nicole D. Gross-Camp, Martin,A.; Guire,S; Kebede,B.; Munyarukaza,J. (2012). Payments for ecosystem services in an African protected area: Exploring issues of legitimacy, fairness, equity and effectiveness. *Oryx*, *46*(1), 24–33. https://doi.org/10.1017/S0030605311001372

Niyongabo, E. (2019). Caractérisation et organisation spatio-temporelle des feux actifs au Burundi de 2001 à 2016 sur base des données MODIS. April.

Nzigidahera,B. (2006). Etude de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatiques au Burundi.

Nzigidahera, B. (2012). Description du burundi *:* Aspects physiques.

Nzigidahera,B.; & Habonimana,B. (2016). Etude des tendances de la biodiversité,des espèces

et des ecosystèmes fournissant les services ecosystémiques: Formulation des indicateurs pour mesurer , suivre et rapporter la tendance de la biodiversité au Burundi.

Pachauri. (2010). Contribution de l ' agriculture africaine au changement climatique et potentiel d ' atténuation (version longue). *Agriculture*, 1–8.

Pfeifer, M., Burgess, N. D., Swetnam, R. D., Platts, P. J., Willcock, S., & Marchant, R. (2012). Protected areas: Mixed success in conserving East Africa's evergreen forests. *PLoS ONE*, *7*(6), 1–10. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039337

Plumptre, A. J., Behangana, M., Ndomba, E., Davenport, T., Kahindo, C., Kityo, R., Ssegawa, P., Eilu, G., Nkuutu, D., & Owiunji, I. (2003). Albertine Rift Biodiversity. January.

Processus de Monréal. (2009). Les critères et les indicateurs pour la conservation et l ' aménagement durable des forêts tempérées et des forêts boréales.

PND. (2018). Plan National de Developpement du Burundi: *PND BURUNDI 2018-2017*. 149. http://www.presidence.gov.bi/wp-content/uploads/2018/08/PND-Burundi-2018-2027-Version-Finale.pdf

Sayre, T. R. (2000). Objectif Nature :L'évaluation écologique rapide (D. 20009. Island Press, 1718 Connecticut Avenue, N.W., Suite 300, Washington & Objectif (eds.)).

Sosef, M. S. M., Dauby; G., Blach-Overgaard, A.; van der Burgt, X.; Catarino, L.; Damen, T., Deblauwe, V.; Dessein, S.; Dransfield, J.; Droissart, V., Duarte, M. C.; Engledow, H.; Fadeur, G.; Figueira, R.; Gereau, R. E.; Hardy, O. J.; Harris, D. J.; de Heij, J.; Janssens, S.; Couvreur, T. L. P. (2017). Exploring the floristic diversity of tropical Africa. *BMC Biology*, *15*(1), 1–23. https://doi.org/10.1186/s12915-017-0356-8

Tuo, F. N.; Koffi K. J. (2017). Etude de la diversité, de l'endémisme et de la distribution

spatiale des Rubiaceae de Côte d'Ivoire. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 11(2), 777. https://doi.org/10.4314/ijbcs.v11i2.20

Turcati, L. (2011). Mesurer la biodiversité pour comprendre l'effet des perturbations sur les communautés végétales : apport des caractéristiques écologiques et évolutives des espèces (Issue Ed 0392). UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE.

UICN, P. (2011). Parcs et réserves du Burundi.

Vallet ,J.; Rambaud ,M.; Coquel,L.; Poncet,L.; Hendoux,F. (2012). Effort d'échantillonnage et atlas floristiques-exhaustivité des mailles et caractérisation des lacunes dans la connaissance. *Comptes Rendus - Biologies*, *335*(12), 753–763. https://doi.org/10.1016/j.crvi.2012.11.005

Van, B. et Kindt, R. (2015). A new map of the vegetation of Burundi. *1979*, 1–11.

Von,B. J. (2005). Synthèse de la situation alimentaire mondiale. *Réunion Générale Annuelle Du CGIAR*, *Figure 2*, 1–8.

White, F. (1993). The AETFAT Chorological Classification of Africa: History, Methods and Applications. *Bulletin Du Jardin Botanique National de Belgique / Bulletin van de National Plantentuin van België*, *62*(1/4), 225. https://doi.org/10.2307/3668279