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

Analyse des perturbations anthropiques des habitats du parc national de la Rusizi /Burundi

Nduwayo, Espérance; Sous la direction de : Prof Tatien Masharabu; Ir. Didier MBARUSHIMANA

2024-04

UB, FS

https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/2045

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

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES

MASTER EN SCIENCES ET GESTION INTEGREE DE L'ENVIRONNEMENT

ANALYSE DES PERTURBATIONS ANTHROPIQUES DES HABITATS DU PARC NATIONAL DE LA RUSIZI /BURUNDI

NDUWAYO Espérance

Diplôme de Master en Sciences et Gestion Intégrée de l'Environnement

Option : Gestion des Ressources Naturelles

Sous la direction de :

Prof Tatien MASHARABU (Université du Burundi, Directeur)

Ir. Didier MBARUSHIMANA, Msc (OBPE, Co-directeur)

Bujumbura, Avril 2024

MEMBRES DU JURY

Président : Prof. Joël NDAYISHIMIYE

Secrétaire : Prof. André NDUWIMANA

Directeur : Prof. Tatien MASHARABU

Co-directeurs : Msc. Ir. Didier MBARUSHIMANA

DEDICACE

A mes regrettés ;

A mon cher époux Jean Bosco Nsavyimana ;

A mes frères et sœurs ;

A mes cousins et cousines ;

A toutes mes connaissances

Espérance NDUWAYO

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail il nous est agréable d'exprimer nos profondes gratitudes aux personnes qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

Notre profonde gratitude s'adresse particulièrement au **Professeur Tatien MASHARABU**, **Professeur à l'Université du Burundi**, Directeur de ce mémoire et promoteur du sujet de celui-ci et **l'Ir Didier MBARUSHIMANA, Msc, chercheur à l'Office Burundais pour la Protection de l'Environnement**, Co-directeur et Co-promoteur du sujet de ce mémoire qui malgré leurs multiples occupations ont accepté d'assurer et de consacrer tout leur temps à la direction et Co- direction de ce mémoire. Leur rigueur scientifique, leurs précieux conseils méthodologiques, leurs orientations et leurs encouragements nous ont été utiles tout au long de ce travail.

Notre sincère reconnaissance va à l'endroit de l'Université du Burundi spécialement au corps professoral de la faculté des sciences et plus particulièrement ceux du département de Master en Science et Gestion Intégrée de l'Environnement pour la qualité des enseignements dispensés durant les deux années ce qui nous a ouvert l'esprit et nous a permis même d'aborder ce sujet.

Nos sincères remerciements sont également adressés à la Direction Générale de l'OBPE et à son personnel et plus particulièrement à Monsieur Pacifique NININAHAZWE, chef du Parc National de la Rusizi et ses collaborateurs pour leur accueil chaleureux, leurs informations et leur accompagnement au niveau du travail de terrain. Nous témoignons aussi notre reconnaissance aux deux chefs des secteurs Delta et Palmeraie ainsi qu'aux guides touristiques pour leur franche collaboration et dévouement pendant toute la période de terrain.

Nos profonds remerciements s'adressent encore à Mr Jean Bosco NSAVYIMANA, époux et chef de famille qui durant les deux années de master n'a cessé de nous soutenir et nous encourager. Nous tenons aussi à manifester notre reconnaissance à Msc Apollinaire SIMBABAJE pour ses précieux conseils et orientations qui ont été la base du début de ce master.

Enfin notre profonde reconnaissance va à l'endroit de tous ceux qui nous ont aidés, de près ou de loin, dans l'accomplissement de ce travail et dont les noms ne sont pas cités ici.

RESUME

Le Parc National de la Rusizi est l'un des trois Parcs Nationaux du Burundi et se situe dans la plaine de l'Imbo. Il joue un rôle important de patrimoine naturel pour les populations locales et fournit de nombreux services écosystémiques. De plus, il héberge une biodiversité nettement riche tant animale que végétale. Malgré ses intérêts et interventions menées pour la préservation de ce parc, la dégradation de ses habitats, de sa biodiversité et la perte en espèces s'observent sans cesse suite aux diverses pressions anthropiques. Malgré cela, il existe quelques études partielles qui ont été faites sur les facteurs de dégradation de la biodiversité de ce Parc. Or, la gestion durable d'une aire protégée doit se baser sur une meilleure connaissance de ses principales pressions et menaces. C'est dans ce cadre que la présente étude visant à évaluer les principales pressions de ce parc a été initiée. Pour ce faire, un inventaire des types de perturbations anthropiques de la végétation de ce Parc a été effectué par la méthode des transects et placettes. Au total ,16 transects subdivisés en 160 placettes ont fait l'objet de cet inventaire et ce dernier est suivi d'une analyse de la fréquence absolue de ces types des perturbations, la distribution spatiale et leurs interactions.

Les résultats obtenus ont révélés que les coupes de bois, l'agriculture, la coupe d'herbe illicite et les cimetières constituent les principales menaces des ressources végétales de ce parc touchant respectivement 40% ,35,5%,16,9% et 9,4% des placettes étudiées. Ces mêmes résultats montrent qu'à part le cimetière s'observant plus à la périphérie, les autres types de perturbations anthropiques s'observent aussi bien à la périphérie qu'à l'intérieur, ce qui montre que les riverains ont aussi la possibilité d'entrer à l'intérieur de ce Parc. Dans la plus part des cas, la coupe de bois s'est révélée fortement associée à d'autres types de perturbations telles que le cimetière, l'agriculture, au prélèvement des terres salines et à l'extraction des carrières témoignant de leur influence sur la dégradation et la destruction des habitats. Des actions orientées en priorité sur ces principales perturbations pourraient contribuer à une gestion durable du PNRusizi.

Mots clés : parc National de la Rusizi, perturbations anthropiques, habitat, coupe de bois, cimetière, agriculture

ABSTRACT

Rusizi National Park is one of the three National Parks of Burundi and is located in the Imbo plain. It plays an important natural heritage role for local populations and provides many ecosystem services. In addition, it hosts a clearly rich biodiversity, both animal and plant. Despite its interests and interventions carried out for the preservation of this park, the degradation of its habitats, its biodiversity and the loss of species are constantly observed following various anthropogenic pressures. Despite this, there are some partial studies that have been carried out on the factors of degradation of the biodiversity of this Park. However, the sustainable management of a protected area must be based on better knowledge of its main pressures and threats. It is in this context that the present study aimed at assessing the main pressures of this park was initiated. To do this, an inventory of the types of anthropogenic disturbances to the vegetation of this Park was carried out using the transect and plot method. In total, 16 transects subdivided into 160 plots were the subject of this inventory and the latter is followed by an analysis of the absolute frequency of these types of disturbances, the spatial distribution and their interactions.

The results obtained revealed that logging, agriculture, illegal grass cutting and cemeteries constitute the main threats to the plant resources of this park, affecting respectively 40%, 35.5%, 16.9% and 9 .4% of the plots studied. These same results show that apart from the cemetery being observed more on the periphery, the other types of anthropogenic disturbances are observed both on the periphery and in the interior, which shows that local residents also have the possibility of enter inside this Park. In most cases, logging was found to be strongly associated with other types of disturbance such as burial grounds, agriculture, saline land removal and quarrying, demonstrating their influence on degradation and destruction of habitats. Actions focused primarily on these main disturbances could contribute to sustainable management of the PNRusizi.

Keywords: Rusizi National Park, anthropogenic disturbances, habitat, logging, cemetery, agriculture

TABLE DES MATIERES

MEMBRES DU JURY ..... **i**

DEDICACE ..... **ii**

REMERCIEMENTS ..... **iii**

RESUME ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

TABLE DES MATIERES ..... **vi**

LISTE DES ACRONYMES ..... **x**

LISTE DES TABLEAUX ..... **xi**

LISTE DES FIGURES ..... **xii**

AVANT- PROPOS ..... **xiii**

0. INTRODUCTION **1**

0 .1 Contexte 1

0.2. Problématique 2

0.3. Intérêt du sujet 3

0.4. Quelques questions de recherche 3

0.5. Hypothèses de l'étude 3

0.6. Objectifs de l'étude 4

0.6.1. Objectif global 4

0.6.2 Objectifs spécifiques 4

0.7. Plan de travail 4

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 5

I.1. Perturbations écologiques des Ecosystèmes 5

I.1.1. Quelques définitions 5

I.1.2. Caractéristiques des Perturbations 5

I .1.3. Classification des perturbations 6

I.1.4. Théorie des Perturbations intermédiaires 7
I.1.5. Origine et types de perturbations 8
I.1.5.1. Origine des perturbations 8
I.1.5.2. Types de perturbations 8
I.1.5.2.1. Perturbations naturelles 8
I.1.5.2.2. Perturbations anthropiques 9
I.1.6. Impact des perturbations sur la perte de biodiversité et la dégradation des habitats 13
I.1.7. Résistance et résilience des écosystèmes liés à des perturbations 14
I.1.8. Restauration des écosystèmes 15
CHAPITRE II. MILIEU, MATERIELS ET METHODE 16
II.1. Présentation du milieu d'étude 16
II.1.1. Historique du PN Rusizi 16
II.1.2. Cadre biophysique 17
II.1.2.1. Situation géographique du PN Rusizi 17
II.1.2.2. Climat 18
II.1.2.3. Hydrographie 19
II.1.2.4 Géologie 20
II.1.2.5. Pédologie 20
II.1.2.6. La végétation 21
II.1.2.7. Faune 24
II.1.2.8. Principaux menaces qui pèsent sur le PN Rusizi 25
II .2. MATERIEL UTILISE 25
II.3. METHODES 25
II.3.1. Recherche documentaire 26
II.3.2. Collecte des données sur terrain 26

II.3.2.1. Inventaire des types de perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi 26

II.3.2.1. 1.Les indicateurs des types de perturbations 26

II.3.2.1.2. Echantillonnage des collines d'études 27

II.3.2.1.3. Technique de collecte des données 28

II.3.2.1.4. Types de données collectées 30

II.3.3. Analyse des données sur les perturbations anthropiques 31

II.3.3.1. Fréquence absolue et la présence- absence des types de perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi 31

II.3.3.2. Test de Friedman 32

II.3.3.3. Test post-hoc 32

II.3.3.4. Coefficient de corrélation r de Pearson 32

II.3.3.5. Test $\chi 2$ d'indépendance 33

CHAPITRE III. RESULTATS 34

III.1. Résultats issus des inventaires de terrain des types de perturbations anthropiques des habitats du PN Rusizi 34

III.1.1. Fréquence absolue des types de perturbations 34

III.1.2. Fréquence des types de perturbation par types d'habitats 35

III.1.3. Différence entre les types de perturbations anthropiques des habitats du PRNzi 36

III.1.3.1. Résultats issus du test de Friedman 36

III.1.3.2. Résultats issus du test post-hoc « Test de Wilcoxon » 36

III.1.4. Distribution spatiale des types de perturbations anthropiques des habitats du PN Rusizi 38

III.1.5. Lien entre les types de perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi 41

CHIV. DISCUSSION 43

IV.1. Approche méthodologique 43

IV.2. Principales perturbations de la végétation du PN Rusizi 43

IV.3. Distribution spatiale des types de perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi 44

IV.4. Lien entre les types de perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi 45

CONCLUSION GENERALE ET SUGGESTIONS 46

BIBLIOGRAPHIE 48

SITE WEB 56

ANNEXES 57

LISTE DES ACRONYMES

AP : Aire Protégée
CBD : Convention on Biological Diversity
EEE : Espèce Exotique Envahissante
ENS : Ecole Normale Supérieure
FRB : Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité
GPS : Global Position System
HPI : Hypothèse des perturbations intermédiaires
IGBU : Institut Géographique du Burundi
INCN : Institut National pour la Conservation de la Nature
INECN : Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature
MEEATU : Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme
OBPE : Office Burundais Pour la Protection de l'Environnement
PFNL : Produit Forestiers Non Ligneux
PN Rusizi : Parc National de la Rusizi
RDC : République Démocratique du Congo
RN : Route Nationale
SCDB : Secretariat of the Convention on Biological Diversity
T S : Terres Salines
UICN : Union International pour la Conservation de la Nature
UNEP : United Nation Environment Programme
WC MC : Wold Conservation Monitoring Centre

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des types et des indicateurs de perturbation anthropique des habitats du PN Rusizi trouvés sur terrain 27

Tableau 2 : Proportion des placettes par types d'habitats 30

Tableau 3. Fréquence absolue des types de perturbation anthropiques des habitats du PN Rusizi 34

Tableau 4 : Résultats issus du test de Friedman 36

Tableau 5 : Valeurs de la signification asymptotique issue du test Post hoc en termes de fréquence absolue 37

Tableau 6 : Valeurs de la signification asymptotique issue du test Post hoc en termes de présence-absence 38

Tableau 7 : Résultats issus du calcul de la corrélation entre la fréquence des types de perturbations et la distance : limite du Parc-intérieur du Parc 39

Tableau 8 : Résultats issus du calcul de la corrélation entre la fréquence des types de perturbations et la distance : limite bord de la rivière Rusizi -intérieur du Parc 41

Tableau 9 : Résultats des tests $\chi 2$ d'indépendance pour les associations des types de perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi 42

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Synthèse de la théorie des perturbations intermédiaires (Dhote, 2004) 7

Figure 2: Effet du feu sur les plantes ligneuses (Hoffmann et al. 2012) reproduit par (Alvarado, 2012)..... 11

Figure 3: Evolution d'un écosystème face au feu (Hoffmann et al. 2012) traduit d'après(Alvarado, 2012). 11

Figure 4: Réponses après une perturbation ((Tugel et al., 2005) traduit et adapté d'après (Alvarado, 2012). 15

Figure 5. Localisation du Parc National de la Rusizi (Mbarushimana, 2024) 18

Figure 6. Diagramme ombrothermique du PN Rusizi du PN Rusizi (Nduwayo ,2024 à partir des données de l'IGEBU pour la période de 1983 à 2019)..... 19

Figure 7: Répartition des transects au niveau des 2 secteurs du PN Rusizi (Mbarushimana,2024)..... 29

Figure 8 : Disposition des transects et placettes lors de l'inventaire des perturbations des habitats du PN Rusizi..... 30

Figure 9 : Délimitation des placettes et enregistrement des données (photos de Nduwayo Septembre- octobre 2023)..... 31

Figure 10 : Répartition des types de perturbations anthropique de la végétation par types d'habitat du PN Rusizi 35

Figure 11 : Abondance des types de perturbations anthropiques par rapport à la distance de la limite du Parc 39

Figure 12 : Abondance des types de perturbations anthropiques par rapport à la distance de la rivière Rusizi du PN Rusizi..... 40

AVANT- PROPOS

Le Parc National de la Rusizi est l'un des trois Parcs Nationaux du Burundi et se situe dans la plaine de l'Imbo. Malgré ses intérêts et interventions menées pour la préservation de ce parc, la dégradation de ses habitats, de sa biodiversité et la perte en espèces s'observent sans cesse suite aux diverses pressions anthropiques de la part des populations environnantes mais aussi aux effets des changements climatiques et des plantes invasives. Parmi les facteurs anthropiques de dégradations des habitats du PN Rusizi figurent l'exploitation illicite et anarchique du bois et d'autres espèces herbeuses telles les phragmites.

C'est dans ce cadre que l'étude intitulée «**Analyse des perturbations anthropiques des habitats du Parc National de la Rusizi»** a été entreprise.
Le présent travail a comme objectif global de **contribuer à la gestion durable de la biodiversité du PN Rusizi par une analyse des facteurs anthropiques de dégradation de ses habitats**. La méthode des transects et de placettes a été utilisée pour inventorier les différents types de perturbations anthropiques des habitats de ce parc.

Les résultats de cette étude permettront aux gestionnaires du PNRusizi de mieux déceler les activités humaines entreprises dans ce parc et celles qui le menacent principalement, pour enfin prendre des mesures efficaces pour arriver à sa gestion durable. Les résultats obtenus ont révélés que les coupes de bois, l'agriculture, la coupe d'herbe illicite et les cimetières constituent les principales menaces des ressources végétales de ce parc.

Des actions orientées en priorité sur ces principales perturbations pourraient contribuer à une gestion durable du PNRusizi. Des études similaires dans d'autres aires protégées n'ayant pas encore subie de telle recherche sont nécessaires pour détecter les facteurs anthropiques de dégradation de la végétation de leurs habitats.

0. INTRODUCTION

0 .1 Contexte

Une aire protégée est un espace géographique clairement défini, reconnu, consacré et géré, par tout moyen efficace, juridique ou autre, afin d'assurer à long terme la conservation de la nature et des services écosystémiques et des valeurs culturelles qui lui sont associés (Dudley, 2008). La création des aires protégées constitue une des stratégies adoptées pour assurer la conservation de la biodiversité (Dudley, 2008). Dans la période de 1990 à 2018, l'ensemble mondial des aires protégées a connu une augmentation de 136 461 aires protégées totalisant une superficie de 27 614 431 km2 (Unep-Wcmc, 2018) . Des progrès notables ont été réalisés dans l'expansion de la couverture des aires protégées terrestres, avec une couverture légèrement augmentant de 14,7 % en 2016 à 14,9 % en 2018 (Unep-Wcmc, 2018) .

Cependant, la planète a été profondément modifiée par l'Homme et aujourd'hui 84 % des surfaces émergées de la planète font face à des pressions anthropiques multiples, 48 % des terres ont été modifiées suite à l'occupation humaine (Dinerstein et al., 2020). Cette anthropisation croissante de la planète s'est traduite par un effondrement des populations d'insectes, d'oiseaux, de plantes ou de poissons, sur terre et dans les cours d'eau (https://www.fondationbiodiversite.fr/evenement/journees-frb-2020-les-aires-protegees-peuvent- elles-sauver-la-biodiversité-au-XXIe-siecle/)cité par (Barot et al.,2023).

Au Burundi, la préoccupation de la conservation de la biodiversité date depuis l'époque coloniale entre les années 1930 et 1950. Lors de cette période, trois réserves forestières ont été établies à savoir la Réserve Forestière de la ligne de partage Congo-Nil (actuel Parc National de la Kibira), la réserve forestière de Bururi et la réserve forestière de Kigwena (Nsabiyumva et al., 2015). Aujourd'hui, le réseau d'aires protégées burundaises couvre une superficie d'un peu plus de 136 700 ha, soit près de 5 % du total du territoire national (Masharabu, 2011). Le pays compte 14 aires protégées qui se répartissent en 4 catégories à savoir : 3 Parcs Nationaux, 4 réserves naturelles ,2 Monuments Naturels et 5 paysages protégés (MEEATU, 2013). La population Burundaise compte 12 874 547 habitats (Mbarushimana, 2020), projetant une augmentantation de 3% par an (Banque Mondiale ,2017).

Cette forte pression démographique qui se remarque sur l'ensemble du territoire, est suivie des perturbations des aires protégées suite aux besoins croissants en ressources naturelles et en terre agricoles (UICN, 2011).

Situé dans la plaine de l'Imbo, le PN Rusizi est l'une des aires protégées les plus grandes du pays (Kezimana, 2017). A la suite de la création de l'Institut National pour la Conservation de la Nature (INCN) en 1980, devenu Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature (INECN) en 1989, la Réserve de la Rusizi a été créée, mettant sous protection environ 8000 ha (Ntakimazi et al., 2000a)**.**

Le PN Rusizi représente une grande biodiversité tant floristique que faunique abritées par ses différents types d'habitat dont les savanes à *Accassia, Phragmites,* des bosquets à *Cadaba farinosa* et *Commiphora madagascariensis* et des forêts à *Hyphaene petersiana*, la végétation paludicole, etc (Nsengimana, 2013 ; Ngendakumana, 2016). Par ailleurs, ce parc constitue la dernière partie de la plaine de la Rusizi où la couverture végétale originelle et une partie de la faune ont pu résister à la pression anthropique et climatique (Nsengimana, 2013). En plus d'autres services écosystémiques fournis par cette grande diversité de ce parc, ce dernier constitue un site d'un grand intérêt touristique grâce aux grands mammifères et une grande populaton des oiseaux tant migrateurs que sédentaires (OBPE, 2015). Depuis l'an 2002, le PN Rusizi a été désignée site Ramsar comme zone humide d'importance international (MEEATU, 2014). Toute cette richesse fait que le PN Rusizi soit d'une importance indéniable et sous divers aspects.

0.2. Problématique

Malgré divers intérêts du PN Rusizi, il connaît une dégradation se traduisant en une destruction des habitats et une perte des espèces et cela suite à des perturbations de la part des populations environnantes mais aussi aux effets des changements climatiques et des plantes invasives (OBPE, 2015). En effet, le PN Rusizi est situé à la porte de la Mairie de Bujumbura et dans les communes semi-urbaines de Gihanga et Mutimbuzi (zone Gatumba), ce qui lui fait subir, depuis de nombreuses années, une pression anthropique menaçant fortement son intégrité (Ntakimazi et al., 2000 ; OBPE, 2015). Parmi les facteurs anthropiques de dégradations des habitats du PN Rusizi figurent l'exploitation illicite et anarchique du bois et d'autres espèces herbeuses telles les phragmites,

l'agriculture et l'élevage (Ntakimazi et al., 2000 ;Nsengimana, 2013 ; OBPE, 2015 ; Ngendakumana, 2016 ; Masharabu et al., 2019a). Les rares études déjà menées sur le PN Rusizi se sont limitées à citer les différentes perturbations anthropiques de sa végétation sans toutefois évaluer la part de chacune afin de mettre en évidence celles qui menacent principalement les habitats. Cela constitue une lacune dans la mesure où la gestion durable de cette aire protégée devrait être guidée par les résultats de recherche en priorisant les actions sur les principaux facteurs de dégradation des habitats.

C'est la raison pour laquelle la présente étude intitulée : « **Analyse des perturbations anthropiques des habitats du Parc National de la Rusizi», a été entreprise** pour une meilleure connaissance des facteurs de dégradation du PN Rusizi afin d'assurer une gestion durable de sa biodiversité et ainsi sauvegarder ses services écosystémiques.

0.3. Intérêt du sujet

Cette étude dont le sujet est mentionné ci- haut, permettra aux gestionnaires du parc d'avoir une vue claire sur les activités humaines entreprises dans ce parc et celles qui le menacent principalement, pour enfin prendre des mesures efficaces pour arriver à sa gestion durable.

0.4. Quelques questions de recherche

Q1. Quelles sont les principales perturbations anthropiques de dégradation de la végétation des habitats du PN Rusizi?

Q2. Y –a-t-il une relation entre la distance par rapport à la limite ou par rapport à la rivière Rusizi et les fréquences des types de perturbations anthropiques de dégradation de la végétation des habitats du PN Rusizi?

Q3. Y-a t- il une relation entre les fréquences de certains types de perturbation anthropiques de dégradation des habitats du PN Rusizi?

0.5. Hypothèses de l'étude

Les hypothèses suivantes seront vérifiées dans cette étude :

H.1. La coupes de bois et la coupe d'herbe sont les principaux types de perturbations anthropiques de dégradations des habitats du PN Rusizi ;

H.2. Les perturbations anthropiques de dégradation de la végétation diminuent en s'éloignant de la limite des collines riveraines ou de la rivière Rusizi vers l'intérieur du PN Rusizi.

H.3. Les fréquences de certains types de perturbations anthropiques des habitats du PN Rusizi; sont en relation avec celles des autres.

0.6. Objectifs de l'étude

0.6.1. Objectif global

La présente étude a comme objectif global de contribuer à la gestion durable de la biodiversité du PN Rusizi par une analyse des facteurs anthropiques de dégradation de ses habitats.

0.6.2 Objectifs spécifiques

Trois objectifs spécifiques seront visés dans cette étude à savoir :

1. Inventorier les principales perturbations anthropiques de dégradation des habitats du PN Rusizi.
2. Etudier la relation existant entre la distance par rapport à la limite des collines riveraines ou à la rivière Rusizi et les fréquences des types de perturbations anthropiques du PN Rusizi.
3. Evaluer les liens existants entre les fréquences des différents types de perturbation anthropiques.

0.7. Plan de travail

En dehors de l'introduction et la conclusion, le présent travail se subdivise en quatre chapitres à savoir : la synthèse bibliographique, méthodologie, présentation et interprétation des résultats et la discussion des résultats. Le travail se termine par une bibliographie.

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Perturbations écologiques des Ecosystèmes

I.1.1. Quelques définitions

Une perturbation écologique est définit comme étant « tout événement discret (au sens physique du terme) dans l'espace et dans le temps qui déstructure un écosystème, une communauté ou une population et modifie les ressources, le substrat ou l'environnement physique » (White (1979) cité par (Blondel ,2019).

Une perturbation est un événement naturel ou induit par l'homme, qui provoque un changement permanent ou temporaire, mais plus long que le cycle saisonnier de croissance de la végétation, dans les conditions environnementales moyennes ou un changement marqué dans la structure et le fonctionnement d'un écosystème, altérant les relations entre les organismes et leurs habitats et conduisant généralement à une perte de biomasse (Triplet, 2016).

La perturbation se définit également comme étant « des bouleversements qui surgissent dans l'environnement affectant (climat, faune, sol, etc.) et provoquant des modifications sur le fonctionnement de l'écosystème » (Veyret et al., 2007) cité par (Sainjuste, 2022).

I.1.2. Caractéristiques des Perturbations

La variabilité qui peut caractériser un régime de perturbations peut se définir selon quatre axes principaux : les intervalles entre les perturbations successives, la superficie des perturbations, leur intensité et leur sévérité qui désignent l'ampleur (Gauthier & Vaillancourt, 2008). D'autres caractéristiques des régimes des perturbations sont entre autre la durée, l'occurrence, le cycle, qui sont temporelles et d'autres qui sont spécifiques comme la spécificité (Vaillancourt et al., 2008).

Vaillancourt et al, (2008) définissent un certain nombre de ces caractéristiques qui sont liées à un évènement perturbateur :

- **Taille** : étendue ou surface perturbée par un agent perturbateur durant un seul évènement de perturbation.

- **Durée** : la période de temps écoulée (minute, jour, années) depuis le début jusqu' à la fin d'un évènement perturbateur.
- I**ntensité** : force physique de l'évènement perturbateur par unité de surface et de temps.
- **Sévérité** : effet d'un évènement perturbateur sur les organismes, la communauté ou l'écosystème.
- **Occurrence** : nombre d'évènement perturbateur ayant eu cours pendant un temps donné dans un territoire donné peu importe leur taille.
- **Intervalle** : temps écoulé entre deux évènements successifs causés par un agent perturbateur à un endroit précis
- **Distribution de taille** : l'ensemble de toutes les tailles d'évènement du même type de perturbation ayant eu cours sur un territoire donné
- **Cycle** : le temps requis pour perturber une superficie totale de l'aire étudiée par un type d'agent perturbateur
- **Spécificité** : sélection d'un agent perturbateur envers un ou plusieurs types d'habitat ou envers une espèce

I .1.3. Classification des perturbations

Les perturbations peuvent être physiques ou biologiques selon l'hypothèse de la théorie des perturbations intermédiaires(Menge & Sutherland, 1987). Ainsi Menge et Sutherlqnd (1987) cité par Alvrado (2012) distinguent quatre types des perturbations : physique, physiologique, biologique et prédation.

- **Perturbation physique** : est produite par des forces mécaniques agissant sur les organismes (e.g. le mouvement de l'air, de l'eau ou le feu).
- **Perturbation physiologique** : causée par les effets produits par des réactions biochimiques et se produisent quand les conditions environnementales sont plus éloignées de la plage de tolérance ou plus extrêmes que les organismes sont tués (sous l'influence, par exemple, de la température, la lumière ou la salinité).
- **Perturbation biologique** : causée par les effets des activités d'animaux mobiles (e.g. piétinement)
- **Prédation et pâturage** : sont définis (comme la mortalité) par les effets résultants de la consommation par des animaux.

I.1.4. Théorie des Perturbations intermédiaires

Actives à toutes les échelles de temps et d'espace, modifiant les interactions entre les individus et favorisant les flux d'espèces, les perturbations représentent un facteur écologique fondamental à même d'agir sur la structure des communautés (Tilman et Pacala 1993) cité par (Dhote, 2004). Les perturbations sont parfois mêmes considérées comme les déterminants majeurs de la distribution des espèces à l'échelle régionale (White et Jentsch 2001).

Dans le domaine de l'écologie des perturbations, l'Hypothèse des Perturbations Intermédiaires (HPI) (Huston 1979 ; Wilson 1994 ; Collins et Glenn 1997 ; Sheil et Burslem 2003) constitue certainement un cas d'école. Cette hypothèse propose que, dans les communautés d'organismes sessiles, un maximum de diversité est obtenu pour une fréquence ou une taille intermédiaire des perturbations (Dhote, 2004) (fig.1). Des perturbations fréquentes et de forte intensité empêchent les espèces les plus compétitives de dominer, favorisant ainsi les espèces moins compétitives, plus résistantes aux perturbations ou meilleures colonisatrices. Cette hypothèse suppose également qu'un pic de diversité est atteint au cours du temps après occurrence d'une perturbation et initiation d'une succession (Dhote, 2004) (fig.1).

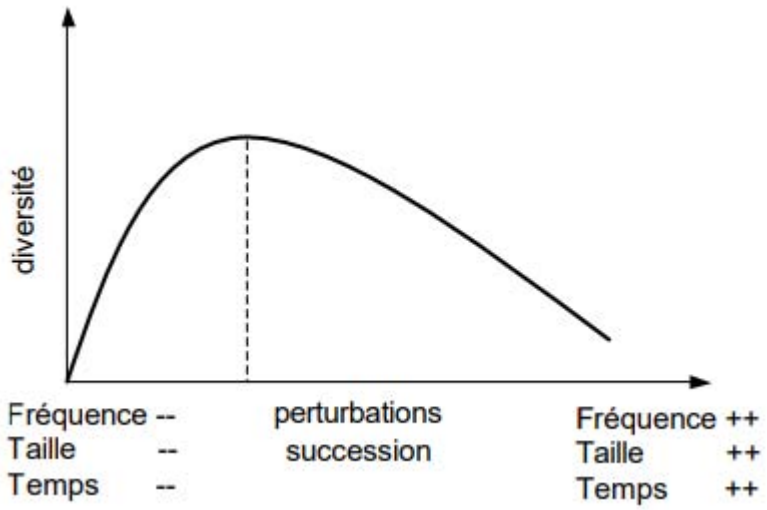


Figure 1: Synthèse de la théorie des perturbations intermédiaires (Dhote, 2004)

I.1.5. Origine et types de perturbations

I.1.5.1. Origine des perturbations

Les perturbations peuvent être d'origine anthropique, résultants des activités humaines ou naturelles (Abou-Hamdan, 2004). Toutefois, la dégradation naturelle va souvent de pair avec la dégradation anthropique car l'activité humaine peut influer sur la vulnérabilité de la forêt face aux causes naturelles (ex. un niveau réduit de peuplement dû à la coupe peut accroître l'exposition aux dégâts du vent) (Simula, 2009).

En revanche, les dégâts naturels peuvent également se traduire par une augmentation des perturbations humaines (ex. un feu de forêt naturel peut donner lieu à l'empiètement des cultures itinérantes) (Simula, 2009).

I.1.5.2. Types de perturbations

I.1.5.2.1. Perturbations naturelles

Les perturbations naturelles sont des processus écologiques intrinsèques aux écosystèmes forestiers (White et Pickett,1985 ;Attiwil,1994) cité par (Vaillancourt et al., 2008). Elles sont considérés comme étant normales et faisant partie du cycle des forêts (http://www.fao.org/3/u6010f/u6010f03.htm).

Les perturbations naturelles ont d'importantes répercussions sur les forêts. D'une part, elles peuvent améliorer la régénération et la succession de ces dernières par la libération de nutriments provenant des arbres touchés et par la réduction de la concurrence entre les arbres survivants et ceux nouvellement établis (https://www.ccmf.org/des-for%C3%AAts-saines/les-perturbations-naturelles/): Inversement, elles peuvent nuire aux écosystèmes forestiers ou aux personnes, collectivités et entreprises qui dépendent des forêts. Les événements climatiques, les feux, les épidémies d'insectes et de pathogènes peuvent avoir de graves répercussions sur les forêts (https://www.ccmf.org/des-for%C3%AAts-saines/les-perturbations-naturelles/)

A. **Feux sauvages**

Les feux naturels de forêt peuvent s'étendre sur plusieurs milliers d'hectares occasionnant de nombreux bouleversements écologiques: mortalité des arbres et du couvert végétal, mortalité des animaux incapables de fuir, émission de gaz à effet de serre, pollution de l' atmosphère

Bien que les causes naturelles soient réelles (foudre, chute de pierres provoquant des étincelles), elles ne peuvent être à l'origine de feux parcourant annuellement de grandes superficies de savanes(Poilecot & Loua, 2009) .

B. Les épidémies d'insectes et de pathogènes

Les insectes et les pathogènes vivant aux dépens des arbres jouent un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes (White et al., 2000). La plupart des insectes et de pathogènes sont spécifiques quant à l'espèce qu'ils attaquent (Côté, 1997) . Ceci devrait être favorable aux nombreux champignons et insectes ravageurs qui se développent préférentiellement aux dépens d'arbres préalablement affaiblis (Marçais et al., 2000).

Cependant, les impacts négatifs sur la santé des forêts et sur l'économie forestière peuvent être majeurs lorsque la population d'insectes ou de pathogènes atteint un stade épidémique: mort de l'arbre, diminution de la croissance de l'arbre et de la qualité du bois, modification des habitats fauniques, diminution des valeurs intrinsèques à la forêt se rattachant à la culture, au paysage et au récréotourisme (Marçais et al., 2000).

C. Autres perturbations naturelles

D'autres perturbations naturelles sont : tempêtes, éruptions volcaniques, sécheresses, inondations ou toutes autres catastrophes naturelles. Ces perturbations peuvent toucher les écosystèmes et modifier régulièrement la structure des écosystèmes (shttps://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-perturbations-ecologiques-s1242). Le vent est un autre facteur de perturbation naturelle modifiant l'équilibre des forêts. Les fortes rafales peuvent coucher les arbres, et ce phénomène porte le nom de «chablis» (Bonnesoeur, 2016). Le chablis est le déracinement ou le bris d'arbre sous l'action du vent(Collin et al., 2006) .

I.1.5.2.2. Perturbations anthropiques

Pour subvenir à ses besoins, l'homme n'a pas cessé de transformer son environnement (paysage). Ces transformations s'intensifient au fil des années avec la croissance démographique (Sainjuste, 2022). Elles sont connues sous le nom de perturbations anthropiques.

Ces actions causées par l'homme ont, à leur tour, des impacts néfastes sur la biodiversité et comparativement aux perturbations naturelles, les actions humaines sont à l'origine de la majeure partie des perturbations (Cristofoli & Mahy, 2010) .

Les perturbations anthropiques qui sont à l'origine de la dégradation des écosystèmes sont notamment la récolte excessive de PFNL et du bois de feu, la chasse et la production de charbon de bois, ainsi que les feux de forêt de grande envergure et incontrôlés, les feux sous couvert souvent associés aux cultures itinérantes et au pâturage (Simula, 2009).

A. Feux anthropiques

Les feux de brousse sont le plus souvent d'origine anthropiques (volontaire ou accidentelle) .Ils sont déclenchés soit par les éleveurs (pour provoquer une repousse d'herbe), les agriculteurs (feux culturaux non contrôlés qui débordent dans les savanes adjacentes), les braconniers, les collecteurs de miel, villageois (faciliter les déplacements dans les savanes, éliminer les parasites, maintenir la production de pailles destinées aux toitures, favoriser la floraison des arbres fruitiers, pratiquer des feux rituels) (Poilecot & Loua, 2009) .

Les feux sont utilisés pour le nettoyage des terrains de culture. Ils assurent également la présence de l'herbe, évitant ainsi l'assèchement du pâturage (Ramamonjisoa et al., 2013).

Le feu affecte les écosystèmes sur le plan tant floristique que physionomique. Sur le plan floristique, le feu sélectionne certaines espèces résistantes (*pyrophiles*) au détriment d'autres moins bien armées pour se défendre contre lui (*pyrofuges*) (Valea & Ballouche, 2012). Sur le plan physionomique, une augmentation de la fréquence des feux diminue le couvert arboré (figure 3) en tuant les plantules et les petits arbres (figure 2), réduisant ainsi la strate arborée d'une savane ou transformant une forêt en savane (Hoffmann et al.,2012).

Les incendies ont une incidence sur la phénologie des ligneux, en réduisant l'intensité de la floraison et/ou de la fructification. Il en découle une production moindre de graines avec un effet réducteur sur le recrutement potentiel de jeunes individus au sein des peuplements (Poilecot & Loua, 2009).

Les facteurs climatiques (température de l'air, durée de l'insolation, intensité du rayonnement solaire, vent) ainsi que les facteurs biologiques (type de végétation, masse de combustible, distribution de la végétation) ont une influence sur l'intensité des feux et sur leur impact sur le milieu naturel (Poilecot & Loua, 2009).

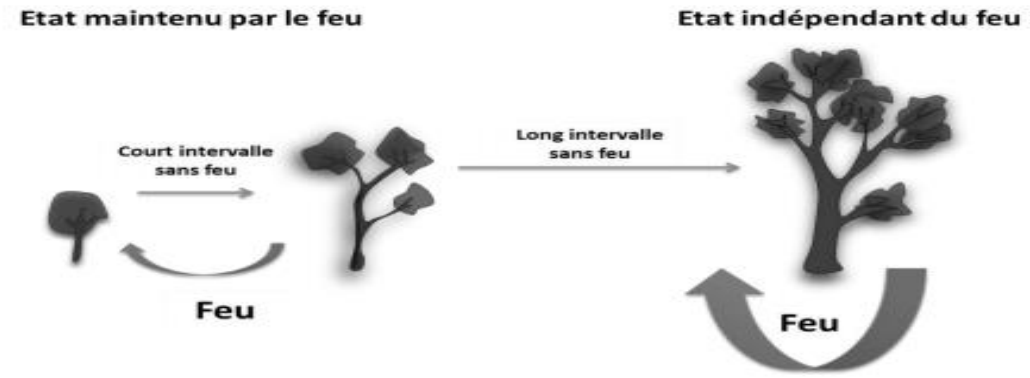


Figure 2: Effet du feu sur les plantes ligneuses (Hoffmann et al. 2012) reproduit par (Alvarado, 2012)

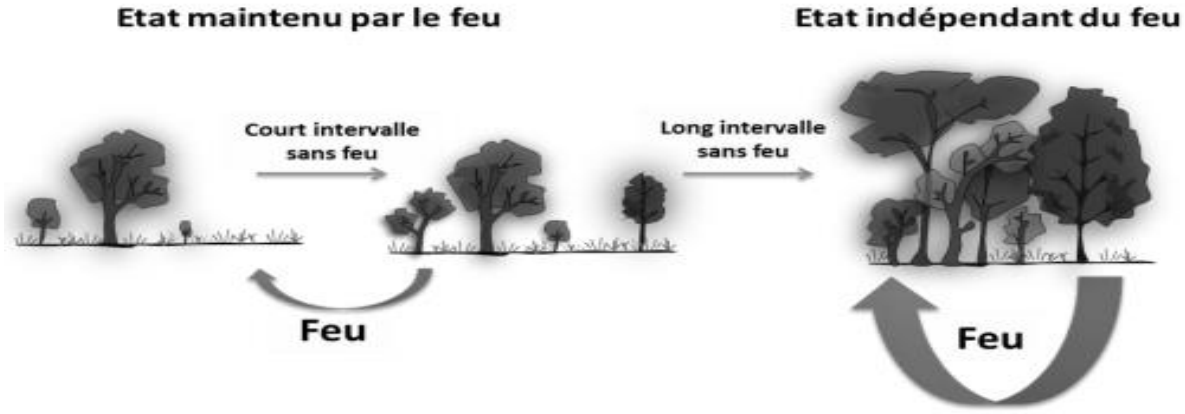


Figure 3: Evolution d'un écosystème face au feu (Hoffmann et al. 2012) traduit d'après(Alvarado, 2012).

B. Agriculture

L'agriculture constitue la cause principale de la déforestation en particulier l'agriculture itinérante sur brulis (Tchatchou et al., 2015a). Elle est considérée comme le plus grand responsable de la perte de la biodiversité terrestre ,moteur de la transformation des habitats, principalement en convertissant les écosystèmes naturels et semi naturels en terres agricoles (SCDB, 2008). Les modèles de l'expansion agricole en particulier dans les régions tropicales et subtropicales dans les forêts, les prairies et les savanes ont sensiblement réduit les niveaux de la biodiversité et des services écosystémiques sur d'importantes superficies compromettant ainsi la viabilité à long terme de la production agricole elle-même (SCDB,2008) .

C. Coupe de bois

La coupe de bois constitue une des perturbations anthropiques majeures des écosystèmes conduisant soit à leur déforestation ou à leur dégradation (Tchatchou et al., 2015a). Entre 1990 et 2015, la superficie forestière mondiale a diminué de 129 millions d'hectares (3,1 pour cent) et est un peu moins de 4 milliards d'hectares en 2016 (FAO, 2016).

La coupe de bois- énergie, l'urbanisation, l'agriculture, les activités minières conduisent à la déforestation ainsi que la dégradation des écosystèmes (Kaleba et al., 2022). Dans certaines régions, les populations qui vivent à proximité des formations végétales utilisent le bois comme matériel de construction pour leur maison (piliers de véranda ,clôture) ; comme matériel et accessoire d'usage quotidien (pilon , louche , mortier) ainsi que pour les poteaux de clôture des bétails (Intercooperation, 2009) cité par (Ramamonjisoa et al., 2013). La surexploitation du bois de chauffage fait partie des causes de dégradation des forêts. La technique de production du charbon de bois exige l'abattage d'arbre ce qui entraîne une réduction de la couverture ligneuse (Ramamonjisoa et al., 2013).

D. Les espèces exotiques envahissantes

Les invasions biologiques d'espèces non-indigènes, appelées également espèces envahissantes, constituent l'une des menaces principales pour les écosystèmes naturels et la diversité biologique (White & Jentsch, 2001). Une espèce exotique envahissante (EEE) est un animal, un végétal ou un microorganisme qui est introduit hors de son aire de répartition. Leur présence au sein d'un écosystème qui n'est pas initialement le leur a tendance à complètement changer les dynamiques à l'intérieur de ces écosystèmes(https://www.academia.edu/88570138/L%C3%A9ducation_relative_%C3%A0_lenvironnement_). Les EEE ont très peu ou pas de prédateurs et qui se reproduisent rapidement et dont leurs populations sont souvent très difficiles à contrôler (White & Jentsch, 2001). Ces espèces ont la capacité de changer les microhabitats y compris la qualité du sol, pouvant défavoriser les espèces endémiques (Kull et al.,2005) cité par (Ramamonjisoa et al., 2013) .Ainsi, elles contribuent à la dégradation des écosystèmes, la modification de la structure et de la composition des communautés et une perte des fonctions des écosystèmes bénéfiques aux humains (https://www.academia.edu/88570138/L%C3%A9ducation_relative_%C3%A0_lenvironnement).

E. Pâturage

Le pâturage constitue un important facteur de structuration et de fonctionnement des écosystèmes. Il influence également la production primaire et la qualité de la végétation et peut, ainsi, avoir un impact sur les flux d'éléments et les cycles biogéochimiques (Rossignol, 2006).Le pâturage réduit en particulier la couverture végétale du sol et impact sa structure, sa composition et son étendue. Avec le temps, la qualité du couvert végétal régresse et sa productivité fourragère diminue (Sabir et al., 2021).

En effet, l'action du pâturage modifie la qualité et la quantité de la production végétale, de façon directe en induisant une réponse de la végétation à la pression du pâturage, aussi bien que de façon indirecte en modifiant la composition spécifique de la végétation (Rossignol, 2006).

La diminution des ressources fourragères entraîne une circulation plus intense des animaux, ce qui induit une détérioration du couvert végétal par piétinement. Par conséquent, le sol devient nu et dépourvu de résidus organiques pour sa protection (Sabir et al., 2021). L'effet du pâturage sur le recouvrement de la végétation est dû à deux actions simultanées de l'animal : le broutage et le piétinement. Le broutage a le plus souvent une action partielle de prélèvement sur les plantes, mais parfois un déracinement complet peut s'observer. Le piétinement, par l'action mécanique des sabots, provoque une cassure des tiges et des feuilles.(Sabir et al., 2021)

Dans les écosystèmes pastoraux humides, le pâturage tasse la surface du sol à cause de la charge animale élevée. Ce tassement associé à une réduction du couvert végétal se traduit par une diminution de la capacité d'infiltration du sol et une augmentation du ruissellement et de l'érosion (Sabir et al., 2021).

I.1.6. Impact des perturbations sur la perte de biodiversité et la dégradation des habitats

Les perturbations créent de nouvelles structures, de nouveaux aménagements des substrats et de la matière organique dans un écosystème (White & Jentsch, 2001) affectant ainsi sa dynamique (Pickett et al., 1989). En effet, elles ont des effets directs sur la végétation notamment la destruction de la biomasse et des effets sur l'environnement abiotique en changeant la disponibilité des ressources telles que la lumière et les nutriments

et sur l'environnement biotique ou physique favorisant ainsi l'intensité de la compétition (Marion,2010 ; Triplet, 2016 ;White et Jentsch,2001).

La perturbation fait varier les ressources disponibles et l'habitat physique et elle affecte chaque niveau d'organisation de l'individu, à l'écosystème et au paysage (Pickett et al., 1989) donc elle varie dans l'espace à des échelles très variables (Marion, 2010). Ainsi, les perturbations transforment les habitats affectant leur dynamique qui se traduit par la modification de leur composition floristique, leur fragmentation et leur perte (Gerwing, 2002). La fragmentation et la perte des habitats ainsi que ses conséquences constituent des atteintes majeures à la biodiversité (Harrison & Bruna, 1999) et l'une des principales causes de la perte d'espèces (Tilman et al., 1994) .

I.1.7. Résistance et résilience des écosystèmes liés à des perturbations

La résistance et la résilience sont deux propriétés qui sont reliées et qui permettent à un écosystème de maintenir ses fonctions et sa structure de manière dynamique assurant ainsi une réorganisation à long terme(Vaillancourt et al., 2008). Elles mesurent les impacts de la perturbation sur un écosystème, ainsi que sa réponse.

La résilience est définie comme le processus au travers duquel l'écosystème retourne vers la trajectoire de référence après une perturbation (Hirst et al., 2003). La notion de résilience correspond à la capacité d'un système à intégrer une perturbation dans son fonctionnement, sans changer de structure qualitative (Nginda, 2019). Un système sera dit résilient lorsqu'il est capable de se maintenir alors qu'il est affecté par une ou plusieurs perturbations(Aschan-Leygonie, 2000). La résilience est vue comme la capacité d'un système à absorber le changement et à persister au-delà d'une perturbation (Barroca et al., 2013). À la résilience s'associe la durée de retour à un état de fonctionnement acceptable (Dauphiné et Provitolo, 2003) cité par (Barroca et al., 2013). Quant à la résistance, elle est définie comme la capacité d'un écosystème à supporter ou résister à une perturbation (Mitchell et al., 2000) donc à rester inchangé malgré les perturbations (DeRose & Long, 2014) .

Selon l'impact de la perturbation, 4 types de réponse sont attendues (Alvarado, 2012). A) résilience élevée ; B) résistance élevée ; C) faible résistance, résilience élevée ; et D) faible résistance, faible résilience (Figure 4))

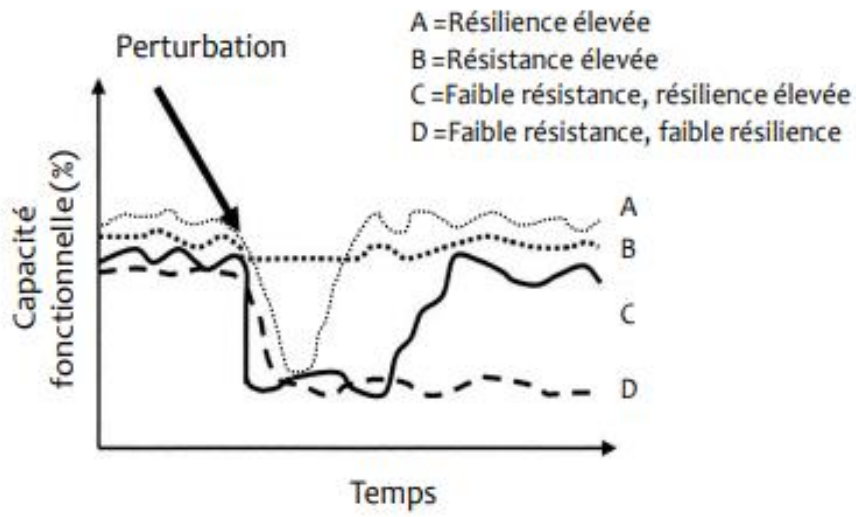


Figure 4: Réponses après une perturbation ((Tugel et al., 2005) traduit et adapté d'après (Alvarado, 2012).

I.1.8. Restauration des écosystèmes

L'idée générale de restauration suppose qu'il est possible de remettre dans un état antérieur ce qui a été dégradé ou détruit par des causes naturelles et/ou humaines. La restauration écologique est définie comme toute action intentionnelle qui initie ou accélère l'autoréparation d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit, en respectant sa santé, son intégrité et sa gestion durable (Dousset, 2023).

La restauration est préconisée dans le cas où la résilience échoue après une perturbation qui a causé une dégradation importante de l'écosystème. Dans ces cas de dégradation importante de l'écosystème, cela nécessitera une intervention humaine pour retrouver son fonctionnement initial, ou pour induire un fonctionnement nouveau en cas de « destruction irréversible de l'écosystème » de départ : c'est le principe de l'écologie de la restauration (Muller, Dutoit et coll. 1998) cité par (Corcket, 2015). Egalement, l'enjeu de la restauration devient s la reconstitution des ressources naturelles permettant le rétablissement des usages sociaux menacés, l'invention de nouvelles pratiques ou la reconstitution d'un patrimoine biologique et écologique menacé (Donadieu, 2002).

CHAPITRE II. MILIEU, MATERIELS ET METHODE

II.1. Présentation du milieu d'étude

II.1.1. Historique du PN Rusizi

Jusqu'au siècle dernier, la plaine de la Rusizi était inhospitalière, inhabitée par l'homme, donc à peine perturbée par l'homme. Les premières cultures furent introduites en 1950 par l'autorité coloniale ; ce qui marqua le début de la dégradation de la plaine. Il s'agissait entre autres des cultures de riz, de coton et de café jointes à l'installation des paysannats (OBPE, 2015).

Bien que la volonté de protéger les forêts naturelles par l'autorité coloniale belge fût matérialisée à travers le décret du 18 décembre 1930, le besoin de conservation de la plaine de la Rusizi s'est fait sentir après indépendance du Burundi (Nzigidahera, 2003) . C'est ainsi que fut créé en 1980 un Institut National pour la Conservation de la Nature (INCN). Il deviendra depuis 1989 l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature (INECN). La création de l'Institut National pour la conservation de la nature en 1980 a été adoptée pour assurer la protection de la Réserve Naturelle de la Rusizi créée la même année mettant sous protection 8000 ha (OBPE, 2015).

En 1990, la Réserve Naturelle de la Rusizi est déclarée « Parc National » avec deux parties géographiquement séparées : le Secteur Palmeraie et le Secteur Delta. Cette aire restera avec une protection théorique du moment où un statut légal et clair spécifiant les limites et les activités acceptables pour le Parc reste absent. Cette situation a généré beaucoup de conflits avec la population riveraine qui réclamait des indemnisations et les autres intéressés. Ses limites furent fixées en 2000 par le décret n°100/007 du 25 janvier portant délimitation d'un Parc National et de quatre Réserves Naturelles. A cette époque, le Parc de la Rusizi redevint ainsi une Réserve Naturelle avec une superficie d'environ 5456 ha ; une partie ayant été distribuée à des fins d'agriculture et d'élevage (OBPE, 2015).

L'aire protégée est actuellement érigée en Parc National avec une étendue de 10673 ha. Cela ressort du contenu du nouveau décret du 14 novembre 2011 portant modification de certaines dispositions du décret du 25 janvier 2000. Selon ce décret, le Parc National de la Rusizi comprend le Secteur de la Palmeraie d'une zone intégrale de 6647 ha avec une zone tampon de 2102 ha et le Secteur Delta ayant une zone intégrale de 1363 ha. Ces deux secteurs sont reliés par un corridor de connexion d'une superficie de 443 ha.

Ces changements répétitifs des statuts régissant le Parc National de la Rusizi constituent une marque de faiblesse dans la protection de ce patrimoine (OBPE, 2015) et (Ngendakumana, 2016)

II.1.2. Cadre biophysique

II.1.2.1. Situation géographique du PN Rusizi

Le Parc National de la Rusizi faisant objet de l'étude est situé dans la basse plaine de la Rusizi. La plaine de la Rusizi est limitée par les parallèles 3° 8' et 3° 23' de latitude Sud et les méridiens29° 13' et 29° 23' de longitude Est(Bangirinama, 2010). L'altitude moyenne de ce parc est de 775m au niveau du delta de la rivière Rusizi (MEEATU, 2013). Le PN Rusizi est placé exactement au Nord du lac Tanganyika dans la région naturelle de l'Imbo qui est la région naturelle la plus occidentale, la plus basse et la plus chaude du Burundi. Le PN Rusizi est l'une des aires protégées les plus grandes du pays (Kezimana, 2017) couvrant une superficie de 10 673ha dont 1373 ha pour le Secteur Delta, 443ha au niveau du corridor reliant ces deux secteurs et qui est constitué par la « branche gauche de la rivière Rusizi » et un ruban de terrain de 100 m sur chaque rive et 8857ha pour le secteur Palmeraie (Ngendakumana, 2016).

Du point de vue administratif, le PN Rusizi s'étend sur deux communes dont Mutimbuzi et Gihanga situées respectivement dans les provinces de Bujumbura Rural et Bubanza. Le secteur Delta se trouve dans la Commune Mutimbuzi de la Province Bujumbura Rural. Il est subdivisé en 4 sous-secteurs qui sont Mahotera, Vétérinaire, Rugarika, Kayobera ainsi que la partie du corridor qui se localise au niveau de la frontière de Vugizo vers Kiriba. Quant au Secteur Palmeraie il est situé dans la Commune Gihanga de la province Bubanza. Ses limites correspondent à l'ouest par la rivière Rusizi jusqu'à environ 200 m au nord de la rivière Mpanda. Elle remonte une bande d'une distance inégale jusqu'à 500m de la rivière Mpanda, au niveau de la RN5. La bande de 200 m en descendant vers la rivière Rusizi est une zone tampon (OBPE ,2015). A l'ouest, depuis les 500 m de la rivière Mpanda, elle longe la RN 5 jusque dans les environs de la TV8 (au sud de la TV8). De la TV 8 et la TV 9, suivre une courbe de niveau de 800 m jusque à Nyamitanga. La zone située entre la courbe de niveau et la palmeraie constitue une zone tampon de 1000 m tandis que celle située entre cette courbe de niveau et la RN 5 constitue le domaine privé de l'Etat (OBPE, 2015).

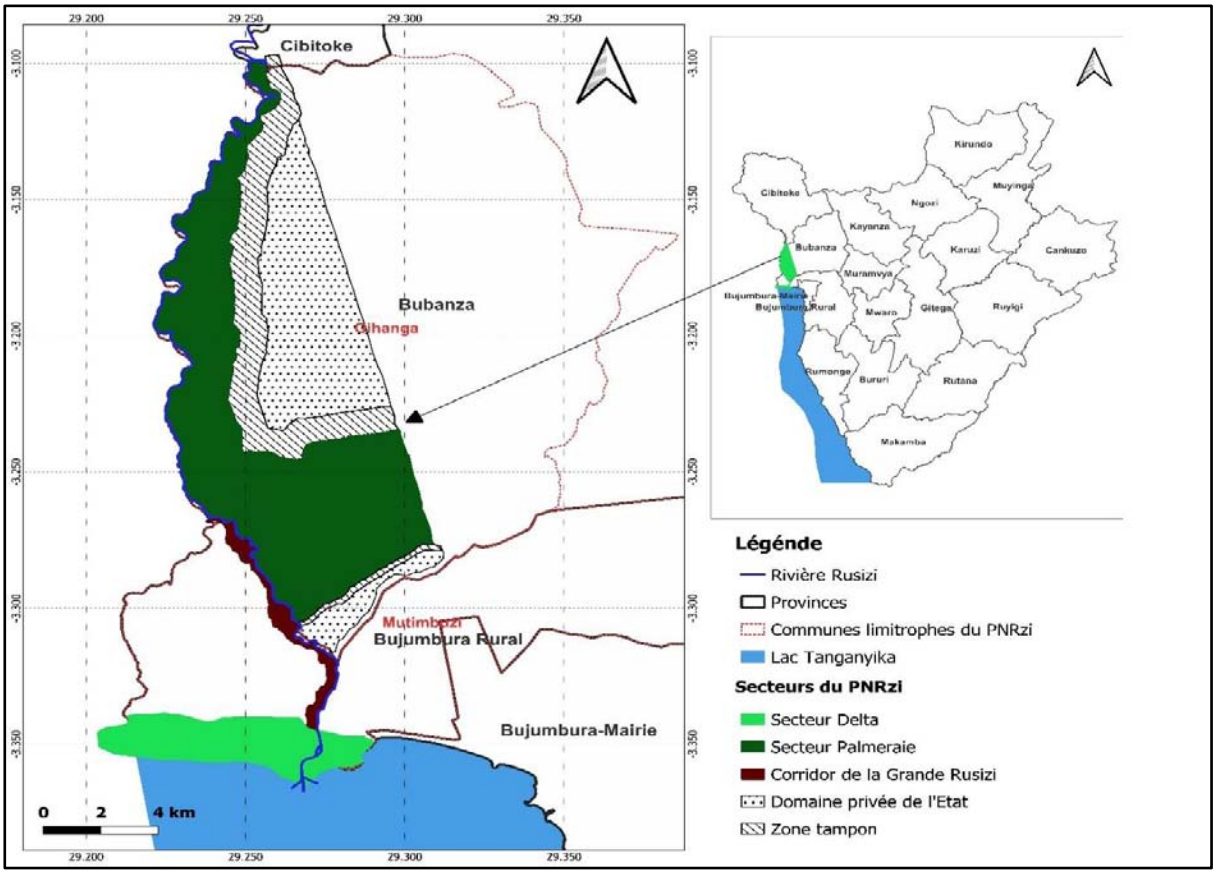


Fig. 5. Localisation du Parc National de la Rusizi (Mbarushimana, 2024)

II.1.2.2. Climat

La zone d'étude se situe dans la région naturelle de l'Imbo qui est caractérisée par une basse altitude d'environ 1000 m et un climat chaud (Masharabu et al., 2019a). La plaine de la Rusizi jouit d'un climat tropical de type (AW)4S dans la classification de Köppen (Reekmans, 1980). C'est une région de climat tropical relativement sec et les faibles précipitations la caractérisent par rapport aux autres régions du Burundi. Les précipitations annuelles restent les plus faibles et varient entre 800 et 1100 mm (Habonayo et al., 2023) et la température moyenne est de 24,4° C. La région ne connaît quasiment pas de variations saisonnières. Les amplitudes de variations annuelles sont faibles avec des minima en saison sèche et des maxima en début de saison pluvieuse (OBPE ,2015).

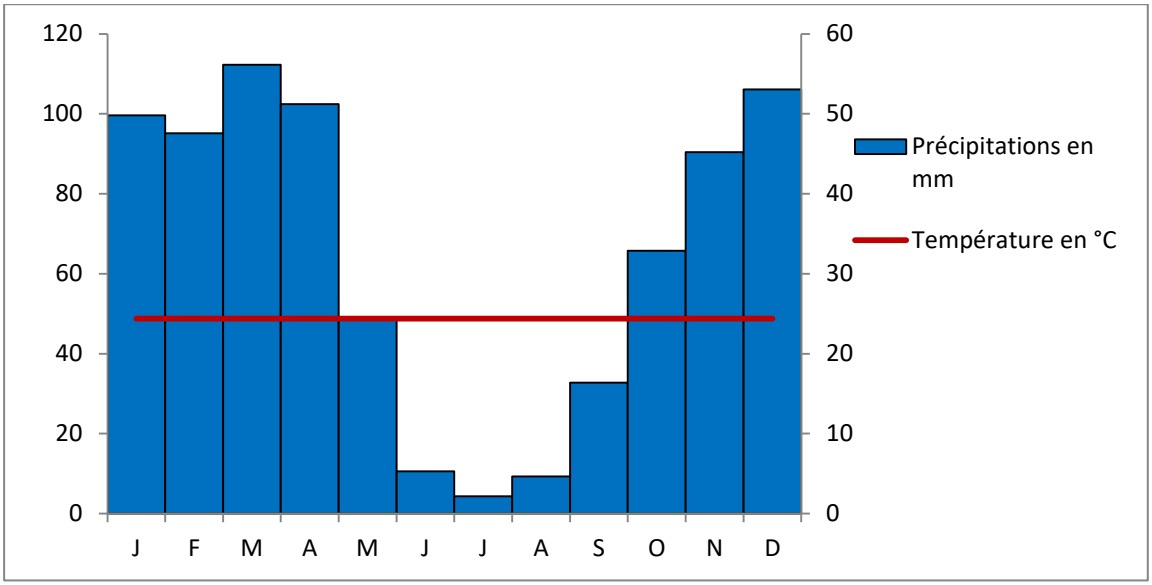


Fig.6. Diagramme ombrothermique du PN Rusizi du PN Rusizi (Nduwayo ,2024 à partir des données de l'IGEBU pour la période de 1983 à 2019)

II.1.2.3. Hydrographie

Le réseau hydrologique de la plaine de la Rusizi fait partie du bassin du Lac Tanganyika qui fait lui aussi partie du grand bassin du Congo. La rivière Rusizi prend son origine dans le lac Kivu pour venir se déverser dans le lac Tanganyika (OBPE ,2015). En effet, au niveau du Delta, la branche gauche de la Rusizi se déplace vers l'Ouest et 3 de ses petites branches qui atteignaient le lac Tanganyika se sont asséchées. Le long de son parcours à partir du lac Kivu, la rivière Rusizi reçoit de nombreux affluents qui prennent source dans les massifs d'Itombwe du côté de la RDC et de la Kibira du côté du Burundi. Dans la plaine de la basse Rusizi, il s'agit notamment des rivières Kajeke dont le cours a complètement changé et Mpanda (OBPE ,2015). Arrivé à Vugizo, zone frontalière avec la RDC, la rivière Rusizi se subdivise en deux branches : « branche gauche » à l'est et « branche droite » à l'ouest laissant entre elles une zone qui apparaît comme un complexe alluvionnaire caractérisé par une succession des phases d'érosion et de sédimentation en relation avec les fluctuations du niveau du lac : c'est le delta de la Rusizi (OBPE ,2015).

II.1.2.4 Géologie

D'une manière générale, la géologie du Burundi est inhérente aux grands mouvements tectoniques qui ont édifié le relief de l'ensemble de l'Afrique orientale avec comme conséquence l'individualisation du lac Tanganyika.
Le PN Rusizi faisant partie de la plaine de la Rusizi ne peut donc qu'avoir une histoire géologique similaire à celle du lac Tanganyika (OBPE ,2015).

Pour Reekmans (1980), l'exondation de la basse vallée de la Rusizi remonte vraisemblablement d'un siècle et date probablement de 1879. A cette époque, à la suite d'un affaissement du seuil de la Lukuga, exutoire du lac Tanganyika, les eaux du lac Tanganyika se sont engouffrées dans le Congo vers le Burundi. Cet abaissement a permis la mise en place des alluvions fluviatiles et lacustres les plus récentes du delta de la Rusizi. C'est dans ces alluvions que la rivière Rusizi a creusé et continue de creuser son lit. Selon toujours Reekmans (1980), la configuration mouvante des secteurs les plus jeunes de la plaine de la Rusizi émane des phénomènes géologiques récents. Elle est notamment liée aux déplacements successifs du lit de la Rusizi, de la RDC vers le Burundi.

II.1.2.5. Pédologie

Le système pédologique de la Parc National de la Rusizi, comme l'ensemble de la plaine de la Rusizi, est une mosaïque compliquée des sols différents d'origine à la fois lacustre et fluviatile.
Reekmans (1980) distingue quatre types de sol d'origine lacustre :

- **Les vertisols** appelés encore « argiles noires tropicales », dont la couleur est due a la nature du complexe argilo-humique et dont le pH est élevé. Ce sont des sols hydromorphes riches en sels solubles qui sont gorgés d'eau pendant la saison de pluie, devenant très durs et striés de fentes de retraits lors de la saison sèche. Ces sols sont riches en éléments minéraux, notamment en calcium, magnésium, sodium et potassium mais en colloïdes humiques ;
- **Les solonetz** retrouvés dans les parties hautes des replats morphologiques, ont un horizon A peu profond, sableux, très pauvre et nettement acide dominant un horizon B argileux et imperméable et C très chargé en sels minéraux. Ils sont arides pendant la saison sèche et chargés d'eau pendant toute la saison pluvieuse ;

- **Les sols buns eutrophes** qui sont perméables et toujours bien drainés contrairement aux vertisols offrant un drainage interne médiocre ou lent avec une perméabilité faible ou nulle. Ces sols bruns ont un horizon A avec un humus très doux reposant sur les sols riches en alcalino-terreux ;
- **Les kaolisols** qui sont des sols lessivés rencontrés le long de la première terrasse de la Rusizi et dans les thalwegs des rivières temporaires.
  Sa structure est très légère et perméable et encore ces sols sont caractérisés par une pauvreté en matières organiques. Ils ont des engorgements de surface fréquents mais temporaires.

Reekmans (1980) distingue encore trois types de sol d'origine fluviatiles dans ce parc, qui sont les alluvions anciennes, récentes et actuelles de la rivière Rusizi ainsi que les formations du Delta de la Rusizi :

- **Les alluvions anciennes** : sont très largement répandues et occupent les deux replats morphologiques qui sont au-dessus de la Rusizi sur la grande partie de son cours inférieur. Elles sont riches en éléments micacés et présentent une texture très meuble ainsi qu' un pouvoir filtrant élevé.
- **Les alluvions récentes** : se situe à la seule terrasse de la rivière Rusizi et dépendent directement de sa nappe phréatique a forte salinité. Leur pH est constamment élevé.
- **Les alluvions actuelles :** avec des sols très jeunes**,** elles occupent des franges très étroites le long de la Kajeke et dans les méandres recoupés de la Rusizi. De nature hydromorphe, ces sols se caractérisent par leur horizon A para-tourbeux et leur engorgement quasi-permanent.

II.1.2.6. La végétation

Ce sont des formations végétales de la plaine de l'Imbo et à l'altitude variant entre 775 et 1000 m.

A. Végétation du Secteur Delta

D' après (Nzigidahera, 2003) , On y distingue :

- La savane herbeuse à *Phragmites mauritianus* qui est un type d'habitat nettement dominant aux mois de mai et juin et qui occupe des terres fermes peu inondées.

Il s'agit d'une végétation typiquement de roselière ou cette espèce atteint 3 à 4m de hauteur. Les strates intermédiaires est essentiellement composées d arbrisseaux tels que *Flueggea virosa,Pluchea ovalis et vernonia amgdalina* qui, dispersés dans cette savane ,forment des fourrés enrichis d'herbes volubiles comme *Ipomoea cairica*, quant au strate inférieure ,elle est formée par *Asystasia gangetica et Achyranthes aspera var. pubscens*.

- La savane arborée à *Acacia polyacantha* : Il s'agit d'une formation végétale se développant à travers une couche continue de phragmites, formés *d'Acacia polyacantha* en strate arborescente tandis que la strate arbustive est constituée de *Rhus longipes, Flueggea virosa* et autres, entremêlés dans un tapis graminéen de *Phragmites mauritianus* qui forme une strate herbacée. Les arbres de cette espèce peuvent atteindre parfois 18m de hauteur.

- Fourres à *Lantana camara* : Il s'agit d'arbrisseaux qui sont essentiellement constitues par *Lantana camara* et dispersés dans une prairie basse dominée par *Panicum repens*. Le sous –bois est formé par *Sida acuta, Sida cordifolia, Eragrostis ,Indigofera spicata ,Indigofera colutea* et oldenlandia herbacea.
- Végétations paludicoles : La présence des diverses végétations paludicoles s'explique par l'existence des étangs et de la période d'inondation. C'est ainsi qu'on distingue :

✓ La végétation aquatique des plantes qui flottent : ce type de végétation s'observe dans le bain des étangs et est constamment perturbé par le mouvement des pirogues de pêche. Les espèces comme *Nymphea nouchalii, Ceratophyllum demersum, Utricularia inflexa* sont caractéristiques de cette végétation et se développent dans les fenestrations qui se trouvent dans les populations de typha,

✓ La végétation semis –aquatique : C'est une végétation à *Typha domingensis* avec présence de *Cyperus papyrus*, espèce des zones marécageuses.

✓ Végétation des sols temporairement mouillés : qui comprend la végétation à *Phragmites mauritianus* et *Vossia cuspipidata*, la prairie à *cyperus laevigtuss*, la pelouse à *Sporobolus spicatus* et la prairie a *Panicum repens*.

✓ Végétation pionnière des zones dunaires : Elle occupe les levées de terre sableuse relativement bien drainée et séparant le lac Tangagnika des étangs.

✓ Végétation nitrophile et post-culturale : Etant suffisamment représentée au Secteur Delta dans le sous-secteur Kayobera ; cette végétation s'explique par l'action de l'homme et des animaux domestiques qui maintiennent ce type de végétation et la dissémination des espèces anthropo-zoophiles

B.Végétation du Secteur Palmeraie

Dans la plaine de la Rusizi, la végétation du secteur « Palmeraie » est dominée par les formations à *Hyphaene petersiana (*Nzigidahera, 2011) qui est endémique de cette plaine. Nzigidahera (2003) a pu inventorier les différentes formations végétales du Secteur palmeraie. Il en distingue

- **Les bosquets xérophiles a *Cadaba farinosa* var. *adenotricha* et *Commiphora madagascariensis***

Il s'agit des boqueteaux d'étendue variable, largement dispersés dans une pelouse rase. Ayant une allure nettement sclérophylle, cette formation végétale se rencontre surtout au niveau de deux terrasses fluviatiles supérieures de la Rusizi, c'est à dire en bordure de la plaine lacustre et elle est liée à la présence de kaolisols lessives. Elle est trouvée aussi sur les ados des formations dunaires des bords de la rivière Kajeke et Mpanda(cimetière) où elle entre en compétition avec l'association à *Hyphaene petersiana* .Regardée de tout près, une dominance nette *d' Euphorbia candelabrum* et *Hyphaene pertesiana* est remarquée.

- **Les formations aquatiques et semi-aquatiques**
- Ce sont des formations végétales qu'on rencontre sur les alluvions actuelles ou récentes engorgées d'eau de manière quasi-permanente de la Rusizi et de la Kajeke. Ainsi, l'accentuation des précipitations et les apports plus massifs de la rivière Kajeke qui ont fait monter le niveau de l'étang naturel de Kimirabasore laissent assister au développement de *Nymphea lotus* et *Nymphea nouchalii*, dont les larges feuilles recouvrent la majeure partie de la surface libre de l'étang. A côté, on découvre les espèces comme *Utricularia inflexa, Polygonum segalensis, Polygonum pulchrum* et *Pistia stratiotes*. Entre le tapis flottant, l'on peut observer *Ludwigia leptocarpa* et le développement de grande quantité de fougère aquatique, *Azolla pinata*.

- **La forêt à *Hyphaene petersiana***

Elle est de loin une association la plus spectaculaire de la plaine voire de tout le Burundi. Cette végétation à dôme continue et largement dominante occupe toute la partie à alluvions fluviatiles anciennes le long de la Rusizi et la zone à kaolisols lessivés.

Selon le même auteur, d'autres formations végétales s'observent également dans le Secteur Palmeraie telles que : les formations amphibies, les steppes à *Bulbine abyssinica,* les formations forestières des ravins du nord ainsi que les formations de recolonisation à *Acacia hochii*.

II.1.2.7. Faune

Le PN Rusizi abrite une biodiversité nettement riche en nombre surtout autour du lac Tanganyika. Il héberge une diversité de grands mammifères, la faune ornithologique (oiseaux), de reptiles, de batraciens, de poissons et d'invertébrés (OBPE 2015).
Les autres groupes taxonomiques comme les petits mammifères, les Reptiles, les Amphibiens et les Arthropodes, bien que présents dans le parc sont plutôt mal connus(Ntakimazi et al., 2000b) .

La faune mammalienne du PN Rusizi comprend autour de 18 espèces de mammifères dont 10 au secteur delta et 18 au secteur palmeraie. Les plus caractéristiques sont *Hippopotamus amphibius*, *Tragelaphus scriptus* et *Tragelaphus spekei* (MEEATU, 2013).

Le Parc National de la Rusizi est ornithologiquement riche avec environ 350 espèces sédentaires et migratrices. Les bancs de sable dans la rivière et au Delta servent de repos diurne pour de grands groupes de *Dendrocygnes* (*Dendrocygna viduata* et *Dendrocygna bicolor*) dont la population peut atteindre même autour de 6000 en juillet. Les prairies exondées du Delta constituent des sites de nidification pour de nombreuses espèces limicoles comme Himantopus himantopus, Vanellus coronatus, La forêt à Hyphaene abrite une avifaune assez spécifique avec des oiseaux caractéristiques comme Cycladusa arquata et Cypsiurus parvus. Le parc est également un important lieu de passage, de repos et d'hibernation pour les oiseaux migrateurs intra-africains et surtout paléarctiques (UICN, 2011 ; MEEATU, 2013).

Le parc de la Rusizi constitue un habitat de choix pour environ 135 espèces de reptiles dont les plus importantes sont *Crocodilus niloticus* ou le crocodile du Nil (ingona), *Crocodilus cataphractus* (musomoke) et le varan, ce dernier vivant dans le secteur palmeraie. Une espèce paludique de tortue - *Pelusos castaneus* (ikinyamasyo) - vit dans les étangs (MEEATU, 2013). Les batraciens identifiés pour le moment quant à eux sont constitués de 43 espèces dans le Parc National de la Rusizi (MEEATU, 2013).

II.1.2.8. Principaux menaces qui pèsent sur le PN Rusizi

Les principales menaces qui empêchent l'évolution normale de la végétation du PN Rusizi sont d'origine anthropique. En effet les guerres socio-politiques qu'ont connu le Burundi et la RDC ont occasionné des mouvements intenses des déplacés et rapatriés augmentant par conséquent les effectifs de la population dans les zones riveraines de Gatumba et Gihanga, ce qui constituent une menace importante pour le PN Rusizi. En effet cette pression démographique autour du Parc a pour conséquence l'exploitation anarchique de ce patrimoine, qui s'est vu déclasser des Parcs Nationaux pour être compté parmi Réserves Naturelles en 2000 (Nsengimana, 2013 ; Ngendakumana, 2016).

Hyphaene petersiana est classée parmi les espèces menacées nécessitant une haute priorité de conservation. Outre l'exploitation anarchique de cette espèce, nous pouvons affirmer que la réserve est menacée par diverses activités anthropiques notamment l'agriculture, l'élevage, l'extraction de matériaux de construction, artisanaux et autres (Nzigidahera, 2011)

II .2. MATERIEL UTILISE

Le matériel ayant été utilisé pour la réalisation de cette étude est constitué de :

- Un GPS pour prendre les coordonnées Géographiques des placettes choisies ;
- Un décamètre pour mesurer les superficies des placettes et des transects ;
- Un Smart phone pour la prise des photos; de la peinture pour marquer les limites des placettes ;
- Une longue corde pour délimiter les placettes
- Une Fiche d'enregistrement des observations sur les perturbations anthropiques des habitats ;
- Un bloc note et stylos pour la prise des différentes données ou informations ;
- Des logiciels, QGIS, ArcGIS 10.4, Excel, SPSS, word pour traiter les données collectées.

II.3. METHODES

Pour la réalisation de cette étude une recherche documentaire a été réalisée pour permettre non seulement de mieux comprendre notre zone d'étude mais aussi tous les paramètres à analyser pour répondre à notre problématique.

La recherche documentaire passe en revue la documentation existante sur le Parc National de la Rusizi et d'autres travaux analogues en rapport avec le sujet. Cela a permis de bien définir les indicateurs de perturbations de la végétation des habitats du PN Rusizi, bien orienter et cadrer cette étude. Le travail a consisté également à une collecte des données sur le terrain par des visites physiques au PN Rusizi tout en inventoriant les différents types de perturbations anthropiques des habitats. En fin ces données ont été analysées, traitées et une discussion des résultats a été faite sur base travaux similaires.

II.3.1. Recherche documentaire

La recherche documentaire passe en revue la documentation existante sur le Parc National de la Rusizi et d'autres travaux analogues en rapport avec le sujet. Cela a permis de bien définir les indicateurs de perturbations des habitats du PN Rusizi, bien orienter et cadrer cette étude.

II.3.2. Collecte des données sur terrain

Accompagnée par certains des Guides Touristiques du PN Rusizi, la collecte des données sur terrain a été réalisée dans une période d'un mois 13jours à partir du 25 septembre jusqu' au 8 novembre, et cela par des visites physiques du PN Rusizi. Ainsi, les différents types de perturbations anthropiques des habitats de ce Parc ont été inventoriés, sur base des indicateurs de perturbations vues lors de cette collecte.

II.3.2.1. Inventaire des types de perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi

II.3.2.1. 1.Les indicateurs des types de perturbations

La détermination de la typologie des perturbations anthropiques et de leurs indicateurs a été réalisée grâce à la consultation sur la littérature disponible (Ramamonjisoa et al., 2013. ; Mbarushimana,2020 ; Sainjuste,2022) .

Pour le cas du PN Rusizi, les types de perturbations anthropiques de la végétation des habitats du PN Rusizi et leurs indicateurs (tableau 1) ont été déterminés sur base des travaux déjà réalisés (Ntakimazi et al., 2000 ; Nzigidahera, 2003 ; Nsengimana, 2013 ; OBPE, 2015 ; Ngendakumana, 2016). La liste des perturbations anthropiques de ce parc a été complétée à travers les différents entretiens avec les gestionnaires.

Le modèle adopté pour construire la typologie des perturbations anthropiques et leurs indicateurs est celui développé par Ramamonjisoa et al, (2013) mais il a été adapté aux réalités du PN Rusizi, en y ajoutant les autres types de perturbations observés dans ce milieu d'étude. Ainsi, les signes des 9 types de perturbation ont été vérifiés selon le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Liste des types et des indicateurs de perturbation anthropique des habitats du PN Rusizi trouvés sur terrain

Types de perturbation	Indicateurs
Coupe illicite d'herbe	Présence des touffes d'herbes coupées
Coupe de bois	Présence des souches d'arbres ou de troncs avec rejet
Feux de brousse	Présence des traces noires ou de troncs calcinés
Agriculture	Présence des champs de culture, de jachères, traces des travaux du sol, présence des labours
prélèvement des terres salines	Présence des endroits creusés
Pacage du bétail	Présence des animaux domestiques, ou leurs déjections
Extraction des carrières	Présence des endroits creusés
Fabrication des briques	Présence des fours et des fossés
Cimetière	Présence des tombes construites et non construites

II.3.2.1.2. Echantillonnage des collines d'études

L'étude a été réalisée dans le Parc National de la Rusizi dans la commune Mutimbuzi de la province Bujumbura rural et la commune Gihanga de la province Bubanza. Comme le parc est subdivisé en 2 secteurs, le choix des collines a été orienté vers les collines connaissant de fortes perturbations et accessibles par rapport à la sécurité (selon les chefs des 2 secteurs Delta et Palmeraie). Ainsi 7 collines ont fait partie de l'échantillonnage dont 3 pour le Secteur Delta et 4 pour le Secteur Palmeraie.

Il s'agit respectivement des collines Mushasha I, Kigaramango, Vugizo, Buringa, Gisenyi, Cabiza et Kagwema. Une superficie du PN Rusizi de 8 ha a fait l'objet de l'échantillonnage.

II.3.2.1.3. Technique de collecte des données

Pour collecter les données la méthode des transects et des placettes a été utilisée pour l'inventaire des signes de perturbation de la végétation des habitats du PN Rusizi. Cette méthode a été déjà utilisée par (Ramamonjisoa et al., 2013. ; Mbarushimana,2020 ; Sainjuste,2022) pour étudier respectivement les facteurs de dégradation des bois de Tapia (*Uapaca bojeri*) d'Arivonimamo à Madagascar, de la végétation du Parc National de la Ruvubu (PNR) et des écosystèmes forestiers du parc national naturel La Visite (PNN-LV) d'Haïti . Il a consisté à placer les transects en bande de longueur et de largeur prédéfinies et les subdiviser en placettes de superficie égale dans lesquelles les signes de perturbations sont comptés. Les transects ont été établis de façon à parcourir les différents types d'habitats du PN Rusizi étant donné qu'à chaque type d'habitat correspond sa composition floristique et sa structure illustrant la variabilité des conditions écologiques (disponibilité des ressources, contraintes environnemental) (Mbarushimana, 2020).

Pour chaque colline choisie et à l'aide du GPS, deux transects parallèles mais de sens opposé ont été installés pour inventorier les types de perturbations des habitats du parc (figure 7). L'un, orienté perpendiculairement à la rivière Rusizi, avait comme point de départ la frontière entre la colline et le parc et l'autre, orienté perpendiculairement à la limite du parc, partait de la bordure de la rivière Rusizi. Les transects ont tous une longueur prédéfinie de 500 m et une largeur de 10 m faisant un total de 16 transects et ont été établis dans les 7 collines prises comme échantillons. Signalons que des contraintes environnementales ont limité la collecte des données, comme les inondations qui nous ont limité à quatre transects seulement deux à deux parallèles dans le secteur Delta.

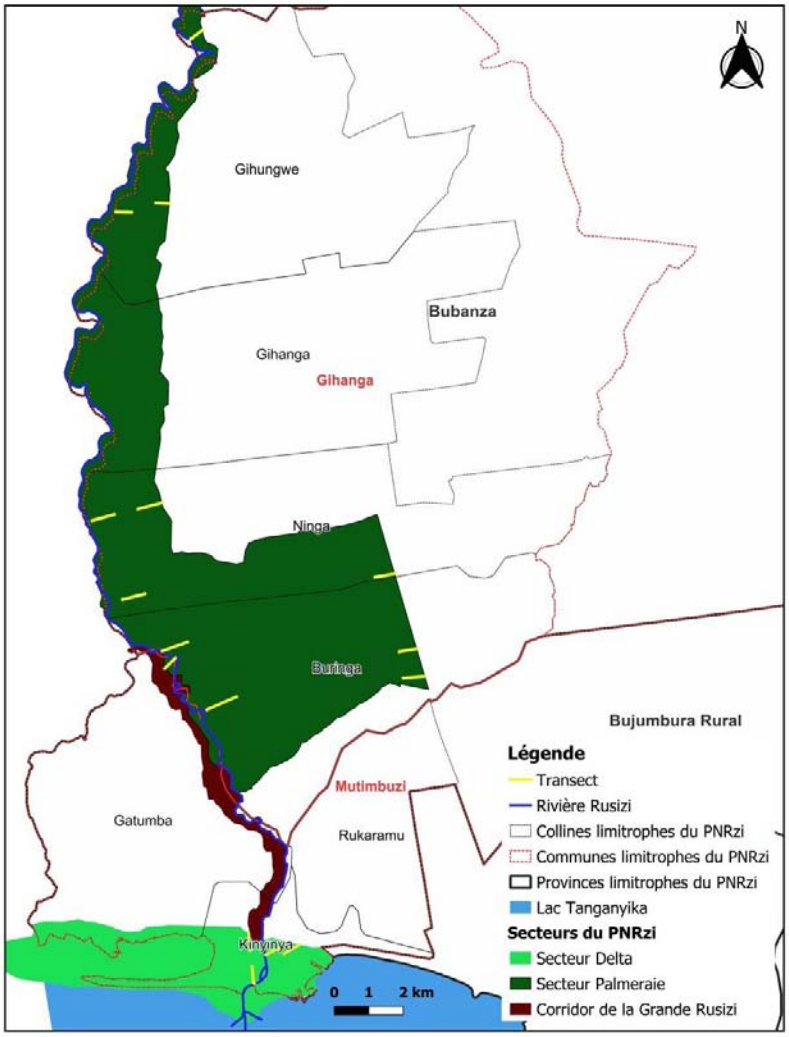


Figure 7: Répartition des transects au niveau des 2 secteurs du PN Rusizi (Mbarushimana,2024)

Chaque transect a été subdivisé en 10 placettes de 50m de longueur et 10m de largeur (figure 7) à l'intérieur desquelles les différents indicateurs de types de perturbations anthropiques de la végétation ont été comptés. Un total de 160 placettes a fait l'objet de l'étude et correspond à une superficie de 8 ha

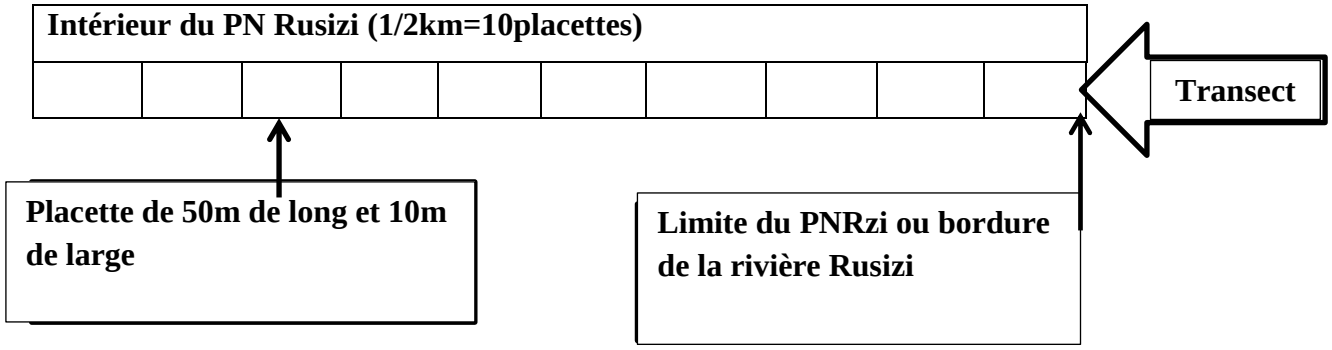


Figure 8 : Disposition des transects et placettes lors de l'inventaire des perturbations des habitats du PN Rusizi

Dans les 160 placettes, 34,4% représentent les savanes herbeuses, 25% sont les bosquets à *Hyphaene*, les savanes arborescentes représentent 18,7%, tandis que les bosquets à *Euphorbia* et le marécage ont respectivement des proportions égales à 12,5 et 9,4 %.

Tableau 2 : Proportion des placettes par types d'habitats

Types d'habitats	**Nombre de placettes**	**Proportion**
Savanes herbeuses	55	34,4
Bosquets à hyphaene	40	25
Savane arborescente	30	18,7
Bosquets à euphorbia	20	12,5
Marécages	15	9,4
Total	**160**	**100**

II.3.2.1.4. Types de données collectées

Deux types de données ont été collectés la fréquence absolue et le paramètre "Présence-absence" des indicateurs des perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi. Une fiche de collecte de donnée a été utilisée pour enregistrer ces types de données avant leur dépouillement dans le logiciel SPSS.

- **Fréquence absolue** : concernait le comptage du nombre de fois qu'un indicateur de perturbation anthropique a été observé dans chaque placette c'est à dire dans un intervalle de 50m.

- **Présence-absence** : concernait la confirmation de la présence ou non d'un indicateur de perturbation anthropique dans chaque placette. Ces paramètres étaient identifiés dans un transect de 500m.





Délimitation des placettes | Marquage des limites des placettes | Enregistrement des données

Figure 9 : Délimitation des placettes et enregistrement des données (photos de Nduwayo Septembre- octobre 2023)

II.3.3. Analyse des données sur les perturbations anthropiques

Cette analyse des données sur les perturbations anthropiques porte sur l'application des différents tests et le calcul des différents paramètres :

II.3.3.1. Fréquence absolue et la présence- absence des types de perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi

Pour vérifier l'hypothèse disant que la coupe d'herbe et la coupe de bois sont les principaux types de perturbations anthropiques de dégradations de la végétation des habitats du PN Rusizi, les paramètres suivants ont été calculés :

- Somme des fréquences absolues de chaque type de perturbation anthropique.
- Proportion des placettes touchées par type de perturbation

$$= \frac{\text{Nombre de placettes touchées par type de perturbations}}{\text{Nombre total de placettes}} \qquad \text{(Equation 1)}$$

- Proportion des types de perturbations par type d'habitats

$$= \frac{\text{Somme des fréquences des type de perturbations par type d'habitat}}{\text{Somme des fréquences de tous les type de perturbations}} \quad \text{(Equation 2)}$$

II.3.3.2. Test de Friedman

La comparaison des fréquences des différents types de perturbation de la végétation des habitats du PN Rusizi a été réalisée en utilisant le test statistique non paramétrique de Friedman (Sainjuste, 2022) qui est une procédure alternative à la méthode ANOVA paramétrique pour les mesures répétées (Pereira et al., 2015). Il permet de comparer plus de deux échantillons appariés en vérifiant si les valeurs des échantillons sont différentes de celles des autres, (Dagnélie, 1975) cité par (Ramamonjisoa et al.,2013 ;Sainjuste,2022). Ce test a été réalisé sous SPSS et l'analyse de la valeur asymptotique (p- value) a permis l'acceptation ou le refus de l'hypothèse nulle stipulant que tous les types de perturbations ont la même fréquence.

II.3.3.3. Test post-hoc

Dans le cas où l'hypothèse nulle du test de Friedman est rejetée, des tests post hoc, doivent être réalisé afin de comparer par paire les traitements (Pereira et al., 2015 ; Sainjuste, 2022). Ainsi, en utilisant le logiciel SPSS des tests post- hoc ont été faits pour enfin comparer par paire les différents types de perturbations anthropiques et déterminer leurs différences entre les uns et les autres. L'analyse de la signification asymptotique (p- value) a permis d'accepter ou de rejeter l'hypothèse nulle.

II.3.3.4. Coefficient de corrélation r de Pearson

La distribution spatiale des types de perturbation a été étudiée à travers la corrélation entre l'évolution de leurs fréquences en fonction de la distance au village (Ramamonjisoa et al.,2013 ; Sanjuste,2022). De ce fait, le coefficient de corrélation r de Pearson a été calculé pour déterminer s'il existe une relation entre la fréquence des types de perturbations anthropiques et la distance à partir de la frontière des collines riveraines du parc et la bordure de la rivière Rusizi vers l'intérieur du PN Rusizi. Ce coefficient de corrélation varie de -1 à +1. Plus, il s'éloigne de 0, la corrélation sera meilleure.

Les valeurs de la signification asymptotique (p-value) ont permis d'accepter ou de refuser l'hypothèse nulle stipulant qu'il n'y a pas de lien entre la fréquence absolue des types de perturbations et la distance.

$$r(X_1, X_2) = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_{1i} - \bar{x}_1)(x_{2i} - \bar{x}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_{1i} - \bar{x}_1)^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_{2i} - \bar{x}_2)^2}} \qquad \text{(Equation 3)}$$

Où r est le coefficient de corrélation de Pearson, X1 représentant la distance villages/PNR et prenant les valeurs (x11; x12;…; x1i; …; x1n) et X2 est la fréquence absolue des types de perturbations anthropiques et prend les valeurs (x21; x22; … ; x2i; … ; x2n).

II.3.3.5. Test χ2 d'indépendance

Le test χ2 d'indépendance ou test χ2de Pearson est un test de liaison qui a un objectif d'évaluer si un deux variables qualitatives sont liées (Genin, 2015). Ce test a été fait dans le but d'évaluer l'association des types de perturbations anthropiques de la végétation des habitats du PN Rusizi. Les valeurs de la signification p-value ont permis d'accepter ou de rejeter l'hypothèse nulle stipulant que les types de perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi sont indépendants.

CHAPITRE III. RESULTATS

III.1. Résultats issus des inventaires de terrain des types de perturbations anthropiques des habitats du PN Rusizi

III.1.1. Fréquence absolue des types de perturbations

Les résultats issus des inventaires des types des perturbations anthropiques des habitats du PN Rusizi au niveau de 160 placettes, montrent une forte fréquence absolue des coupes de bois (763) qui s'observent dans 40% des placettes (tableau3). Viennent ensuite le cimetière avec également une forte fréquence de 556 et s'observant dans 9,4% des placettes. Les coupes d'herbe viennent en 3ème position avec une fréquence de 519 avec 16,9% des placettes touchées. Les feux de brousse présentent une fréquence absolue de 410 mais par contre ils se présentent dans une moindre proportion des placettes (7,5%). L'agriculture vient avec une fréquence absolue considérable mais inférieure des 4 précédentes et avec une forte proportion des placettes touchées égale à 35,6%. Le prélèvement des terres salines, le pacage du bétail, l'extraction des carrières, et la fabrication des briques présentent des fréquences absolues proches et plus ou moins faibles affectant une moindre proportion des placettes.

Tableau 3. Fréquence absolue des types de perturbation anthropiques des habitats du PN Rusizi

Types de perturbation	Fréquence	Présence-absence	%des placettes touchées
Coupe de bois	763	64	40
Cimetières	556	15	9,4
Coupe d'herbe illicite	519	27	16,9
Feux de brousse	410	12	7,5
Agriculture	206	57	35,6
Prélèvement des terres salines	47	7	4,4
Pacage du bétail	45	5	3,1
Extraction des carrières	42	7	4,4
Fabrication des briques	9	3	1,9

III.1.2. Fréquence des types de perturbation par types d'habitats

Ces résultats montrent que le cimetière et la coupes de bois sont les plus fréquentes au niveau des bosquets à *Hyphaene* par rapport aux autres types d'habitats (figure 10). Les coupes de bois s'observent aussi dans les savanes arborescentes et dans les savanes herbeuses. La coupe d'herbe est plus fréquente dans les savanes herbeuses et arborescentes. Les feux de brousse sont beaucoup importants dans les bosquets à *Hyphaene* mais leurs présences se remarquent aussi dans les marécages et les savanes arborescentes. L'agriculture se présente dans les bosquets à *Euphorbia* avec une fréquence élevée mais elle est aussi remarquée dans les marécages et les savanes herbeuses. Sa présence est faible dans les savanes arborescentes.

Le pacage du bétail et la fabrication des briques, extraction des carrières restent spécifiques respectivement dans la savane herbeuse, la savane arborescente. Quant au prélèvement des terres salines, il est fréquent dans la savane arborescente et herbeuse.. Les prélèvements des terres salines et la fabrication des briques restent les types de perturbations de moindre fréquence par rapport aux autres.

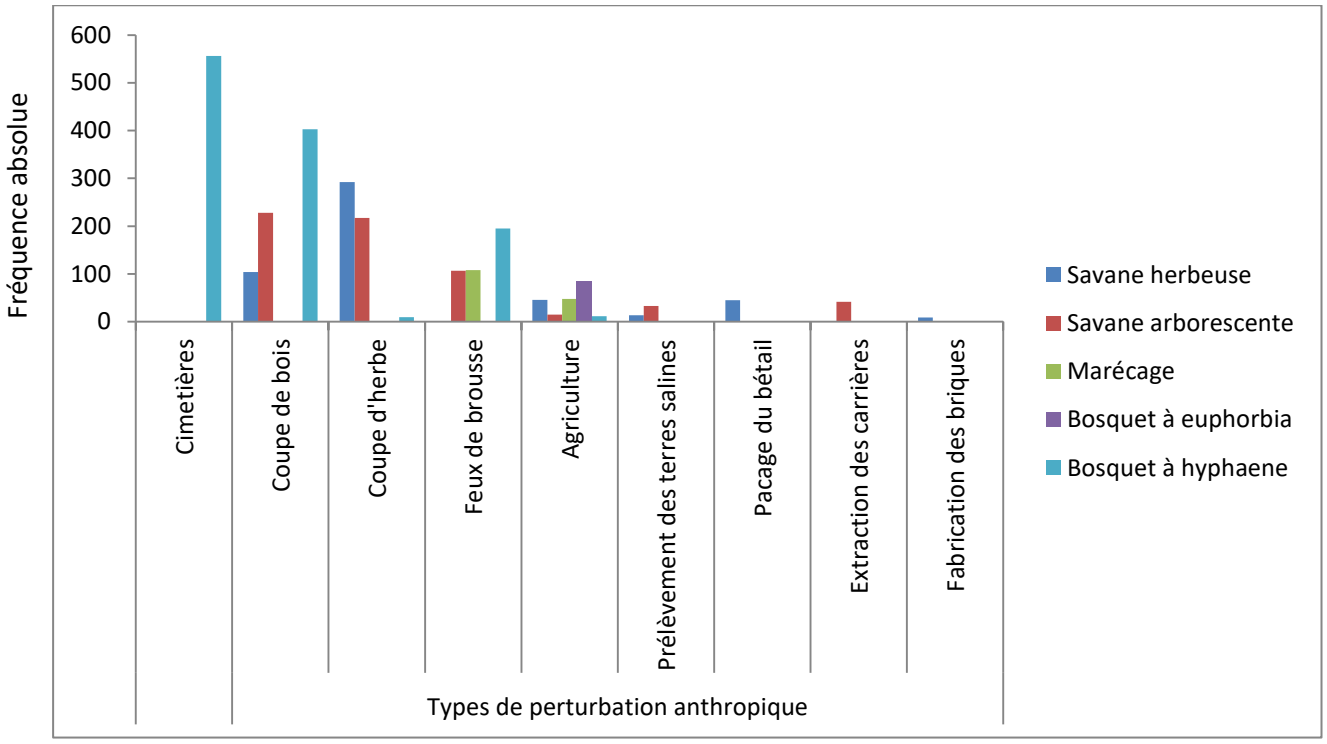


Figure 10 : Répartition des types de perturbations anthropique de la végétation par types d'habitat du PN Rusizi

III.1.3. Différence entre les types de perturbations anthropiques des habitats du PRNzi

III.1.3.1. Résultats issus du test de Friedman

Ce test a été réalisé pour détecter s'il existe une différence entre les fréquences des types de perturbations anthropiques de la végétation des habitats du PN Rusizi. Les résultats de ce test montrent les valeurs de Chi-deux égale à 268,157 avec une signification asymptotique nulle (p=0,000) pour les fréquences absolues. Pour la présence-absence, la valeur de Chi-deux trouvée est égale à 258,728 avec une signification asymptotique nulle (p=0,000) (tableau 4). La signification asymptotique nulle permet de rejeter l'hypothèse nulle stipulant que les fréquences des types de perturbation sont identiques. Ces valeurs montrent une différence hautement significative entre les fréquences des types de perturbations anthropique de la végétation des habitats du PN Rusizi.

Tableau 4 : Résultats issus du test de Friedman

	Fréquences absolues des types de perturbations	**Présence-absence**
N	160	160
Chi-deux	268,157	258,728
ddl	10	10
Signification asymptotique	,000	,000

III.1.3.2. Résultats issus du test post-hoc « Test de Wilcoxon »

Pour s'assurer de l'existence de la différence significative trouvée entre les types de perturbations par le test de Friedman, le test Post-hoc aussi appelé de Wilcoxon a été appliqué pour comparer par paire les différents types de perturbations. Les résultats issus de ce test en terme de fréquence absolue et de présence-absence montrent des valeurs de $p<0,05$ pour la plupart des types de perturbations, ce qui traduit des différences significatives des fréquences les unes par rapport aux autres. Cependant, une absence de différence significative pour les deux paramètres est observée entre certains types de perturbations qui affichent des valeurs de $p> 0,05$. Les tableaux 5 et 6 présentent les résultats de ce test.

Tableau 5 : Valeurs de la signification asymptotique issue du test Post hoc en termes de fréquence absolue

Types de perturbation	Cimetière	Coupe d'herbe	Feux de brousse	Agriculture	Prélèvement des Terres Salines	Pacage du bétail	Extraction des carrières	Fabrication des briques
Coupe de bois	,003	,002	,001	,000	,000	,000	,000	,000
Cimetière		,759	,718	,056	,002	,002	,001	,001
Coupe d'herbe			,526	,766	,000	,000	,000	,000
Feux de brousse				,015	,007	,004	,007	,002
Agriculture					,000	,000	,000	,000
Prélèvement des Terres Salines						,783	,916	,046
Pacage du bétail							,694	,108
Extraction des carrières								,041

Tableau 6 : Valeurs de la signification asymptotique issue du test Post hoc en termes de présence-absence

Types de perturbation	Cimetière	Coupe d'herbe	Feux de brousse	Agriculture	Prélèvement des T S	Pacage du bétail	Extraction des carrières	Fabrication des briques
Coupe de bois	,000	,000	,000	,510	,000	,000	,000	,000
Cimetière		,064	,564	,000	,088	,025	,088	,005
Coupe d'herbe			,011	,001	,000	,000	,000	,000
Feux de brousse				,000	,251	,090	,251	,020
Agriculture					,000	,000	,000	,000
Prélèvement des T S						,564	1,000	,206
Pacage du bétail							,564	,414
Extraction des carrières								,206

III.1.4. Distribution spatiale des types de perturbations anthropiques des habitats du PN Rusizi

Les résultats issus de l'analyse de la distribution spatiale de chaque type de perturbation anthropique révèlent que la densité des indicateurs du cimetière diminue au fur et à mesure qu'on s'introduit à l'intérieur du parc tandis qu'elle augmente pour les feux de brousse (figure11). Au point de vue statistique, une corrélation significative négative a été observé entre la fréquence des indicateurs du cimetière ($r=-0,662$ et $p<0,05$) et la distance aux collines riveraines du PN Rusizi, tandis que pour les feux de brousse ($r=0,800$ et $p< 0,05$) une corrélation significative positive a été trouvée (tableau7). Les autres types de perturbations (la coupe de bois, la coupe d'herbe, et l'agriculture etc.) ne sont pas liées à la distance parcourue vers l'intérieur du parc (figure 11 et tableau 7).

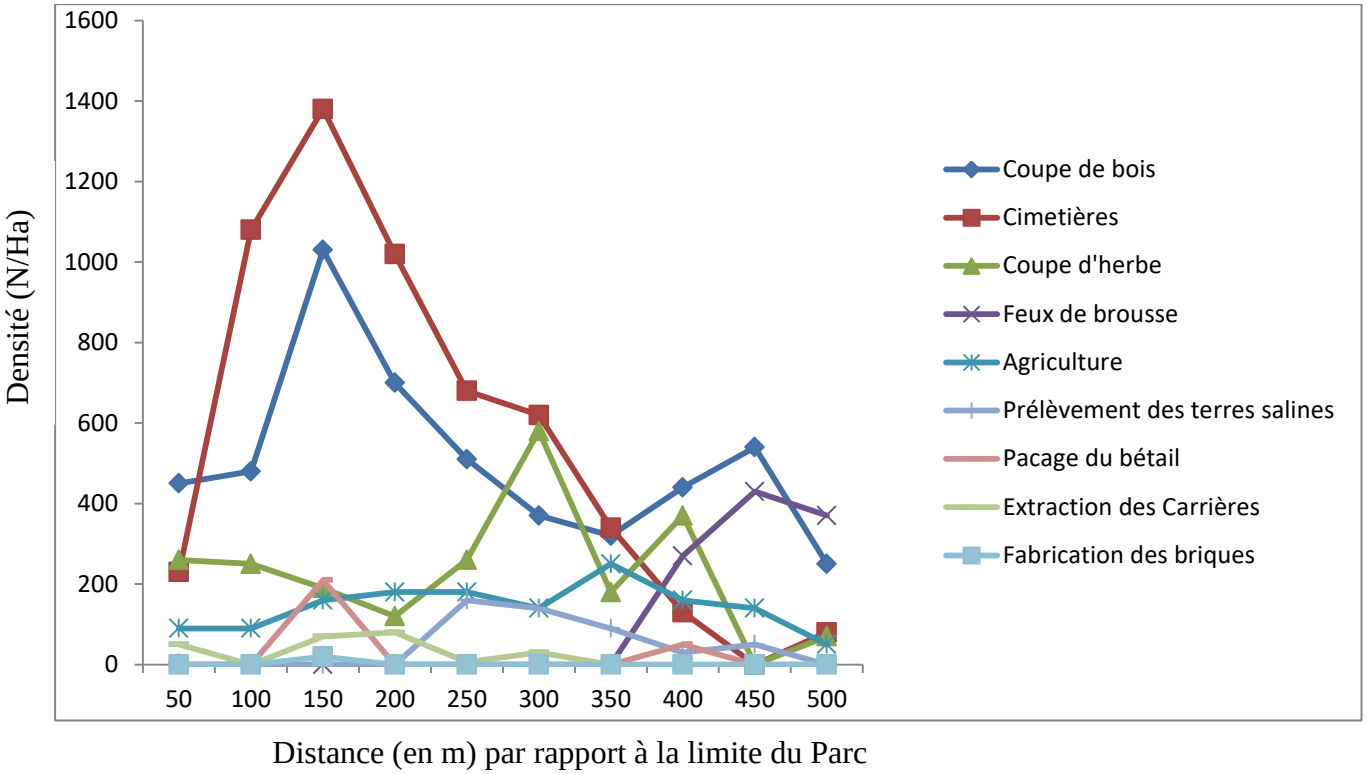


Figure 11 : Abondance des types de perturbations anthropiques par rapport à la distance de la limite du Parc

Tableau 7 : Résultats issus du calcul de la corrélation entre la fréquence des types de perturbations et la distance : limite du Parc-intérieur du Parc

Types de perturbations	Distance	
	Coefficient de Pearson	P-value
Coupe de bois	-0,466	0,175
Cimetière	-0,662*	0,037
Coupe d'herbe	-0,232	0,519
Feux de brousse	0,800*	0,005
Agriculture	0,052	0,887
Prélèvement des terres salines	0,222	0,538
Pacage du bétail	-0,281	0,431
Extraction des carrières	-0,592	0,071
Fabrication des briques	-0,290	0,416

Les résultats issus de l'analyse de la distribution spatiale de chaque type de perturbation anthropique par rapport à la rivière Rusizi, montrent qu'il existe une corrélation qui est

significative entre la fréquence et la distance, pour la coupe de bois (r=0,728 et p<0,05), l'agriculture (r=-0,639 et p< 0,05) et la fabrication des briques (r= 0,626 et p<0,05) (tableau8). La fréquence pour la coupe de bois augmente en s'introduisant à l'intérieur du parc tandis que celle de l'agriculture diminue au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la bordure de la rivière Rusizi (figure12). Pour les autres types de perturbation comme la coupe d'herbe, les feux de brousse, etc. leurs fréquences sont distribuées indépendamment de la distance par rapport à la rivière et sont observés beaucoup plus qu'au bord de la rivière qu'à l'intérieur du parc (figure 12).

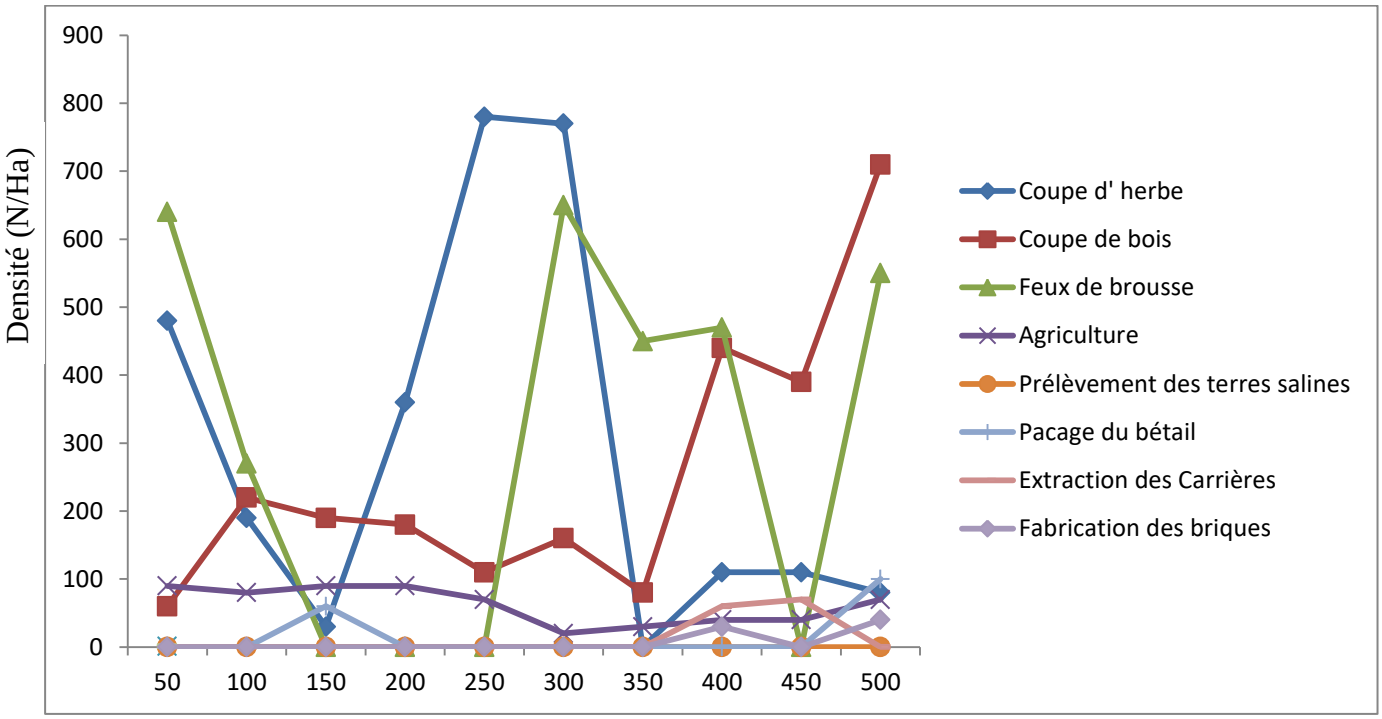


Figure 12 : Abondance des types de perturbations anthropiques par rapport à la distance de la rivière Rusizi du PN Rusizi

Tableau 8 : Résultats issus du calcul de la corrélation entre la fréquence des types de perturbations et la distance : limite bord de la rivière Rusizi -intérieur du Parc

Types de perturbations	**Distance**	
	Coefficient de Pearson	**P-value**
Coupe d'herbe	-0,302	0,397
Coupe de bois	0,728*	0,017
Feux de brousse	0,108	0,767
Agriculture	-0,639*	0,047
Pacage du bétail	0,314	0,376
Extraction des carrières	0,527	0,118
Fabrication des briques	0,626	0,053

III.1.5.Lien entre les types de perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi

Pour évaluer les associations des types de perturbations de la végétation du PN Rusizi, le test $\chi 2$ d'indépendance a été utilisé. Les résultats issus de ce test affichent l'existence des liens entre certains types de perturbations **(tableau 9).** En effet, les valeurs suivies de deux étoiles (**pour les valeurs de $p<0,01$) traduisent l'association hautement significative entre les types de perturbation et celles suivies d'une seule étoile (*pour les valeurs de $p<0,05$) traduisent qu'il existe une association significative entre ces types de perturbation. Les valeurs suivies de NS traduisent l'absence de liaison entre les perturbations. Ainsi, de fortes liaisons s'observent entre la coupe de bois et le cimetière ainsi qu'entre la coupe de bois et l'agriculture, le prélèvement des terres salines, l'extraction des carrières. D'autres fortes liaisons se remarquent entre la coupe d'herbe et l'extraction des carrières, l'agriculture mais également entre le pacage du bétail et la fabrication des briques.

Tableau 9 : Résultats des tests χ2 d'indépendance pour les associations des types de perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi

Types de perturbation	Cimetières	Coupe d'herbe	Feux de brousse	Agriculture	Prélèvement des T S	Pacage du bétail	Extraction des carrières	Fabrication des briques
Coupe de bois	19,617**	0,267 NS	0.541 NS	40,134**	10,980**	0,000 NS	10,980**	O, 057 NS
Cimetières		3,360 NS	1,342 NS	9,160	0,757 NS	0,534 NS	0,757 NS	0,316 NS
Coupe d'herbe			2,634 NS	14,432**	0,035 NS	1,048 NS	24,730**	0,621 NS
Feux de brousse				0,614 NS	0,594 NS	0,418 NS	0,594 NS	0,248 NS
Agriculture					4,051*	0,043 NS	4,051*	1,692 NS
Prélèvement des T S						0,236 NS	1,719 NS	0,140 NS
Pacage du bétail							0,236 NS	9,216**
Extraction des carrières								0,140 NS

CHIV. DISCUSSION

IV.1. Approche méthodologique

L'étude a analysé les perturbations anthropiques de la végétation du Parc National de la Rusizi sur base de quelques caractéristiques telles que le type, la fréquence, la distribution spatiale, et l'association (l'interaction entre les perturbations). Signalons qu'il existe d'autres caractéristiques pouvant permettre d'analyser les perturbations mais qui nécessitent des observations répétées pendant plusieurs années telles que la sévérité (les effets biologiques), la sélectivité (les composantes qui sont sujettes au changement), le temps et la saisonnalité (période pendant laquelle les événements se produisent) et le temps de latence (période entre les événements et leur expression) (Noon et Dale, 2002) cité (Ramamonjisoa et al., 2013). Limité dans le temps, l'étude s'est basée sur les premiers critères utilisés également par (Ramamonjisoa et al.,2013 ; Mbarushimana, 2020 ;Sanjuste,2022) La technique d'observation des types de perturbations par des indicateurs sur des transect a été utilisé pour inventorier et analyser les types de perturbations. Cette méthode a été déjà utilisé par d'autres auteurs tels que (Ramamonjisoa et al.,2013 ; Mbarushimana, 2020 ;Sanjuste,2022).

IV.2. Principales perturbations de la végétation du PN Rusizi

Les résultats ont indiqué que les fréquences des types des perturbations anthropiques du Parc National de la Rusizi ne sont pas au même degré tout en signalant que la coupe de bois , la coupe d'herbe et le cimetière restent les principales perturbations de la végétation du PN Rusizi. Ces résultats confirment la première hypothèse qui stipule que la coupe de bois et la coupe d'herbe seraient les principaux types de perturbations anthropiques de dégradations de la végétation des habitats du PN Rusizi. Ils viennent appuyer le constat de certains auteurs qui montrent l'importance du fourrage, en provenance du PN Rusizi, vendue aux près des éleveurs pour alimenter le bétail des sites de Buringa et Maramvya (Masharabu et al., 2019b). INECN (2013) signale que la dégradation de la forêt sclérophylle et les bosquets xérophiles de ce parc, s'explique par le fait que 80% de la population riveraine s'y approvisionnent en bois de chauffe et en charbon de bois en touchant les espèces les plus intéressantes. De plus encore, l'extraction du bois semble être la principale cause de dégradation des forêts, tant en Asie du Sud-Est, en Amérique latine qu'en Afrique (Tchatchou et al., 2015b) .

Nos résultats ont montré que les coupes de bois sont les plus fréquentes principalement dans le bosquet à *Hyphaene* de même que le- cimetière tandis que les coupes d'herbe s'observent beaucoup dans les savanes herbeuses.

Malgré sa présence avec une moindre proportion de placettes (8,6%), les feux de brousse apparaissaient comme un autre type de perturbation non négligeable se présentant dans trois types d'habitats dont le bosquet à *Hyphaene*, les marécages et dans la savane arborescente. Se présentant dans une grande proportion de placettes (40,7%) l'agriculture est aussi remarquée avec une fréquence absolue considérable par rapport aux autres types de perturbations qui restent les plus faibles. Ces résultats corroborent ceux de Mbarushimana, (2020) qui montrent que les feux de brousses seraient les principales perturbations des savanes. Kissinger et al ,(2012) cité par (Tchatchou et al., 2015b) signale également que l'agriculture paysanne est la principale cause de déforestation dans les zones tropicales et qu' elle contribue à 35 % à la destruction de la forêt en Afrique. Les prélèvements des terres salines, l'extraction des carrières et le pacage du bétail sont des types de perturbations trouvés souvent dans les savanes arborescentes et herbeuses.

IV.3. Distribution spatiale des types de perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi

Les résultats issus de l'analyse spatiale de la fréquence des perturbations anthropiques par rapport à la limite du PN Rusizi vers l'intérieur ont montré que seule la densité des indicateurs du cimetière diminue au fur et à mesure qu'on s'introduit à l'intérieur du parc. Cela vérifie partiellement la deuxième hypothèse qui stipule que certaines perturbations anthropiques de dégradation de la végétation diminuent en s'éloignant de la limite du parc ou de la rivière Rusizi vers l'intérieur du PN Rusizi. Ces résultats corroborent ceux de (Ramamonjisoa et al,(2013) ; Mbarushimana (2020) qui ont trouvé que seules certaines perturbations anthropiques présentent une corrélation avec l'éloignement des collines riveraines. En effet au PN Rusizi, le cimetière se situe à proximité de la route nationale qui constitue d'ailleurs la limite du parc et son accroissement spatial continue à se faire vers l'intérieur. Nos résultats viennent également confirmer le constat de (Jiagho, 2018) qui a signalé que le gradient de pression anthropique est normalement décroissant de l'extérieur vers l'intérieur du parc avec comme hypo-centre la limite du parc.

Selon (Jiagho et al., 2019), ce gradient peut être inversé suite à l'insuffisance de contrôle occasionnant des pénétrations dans le parc, ce qui justifierait nos résultats ayant révélés que pour la coupe d'herbe, les feux de brousse, l'agriculture, extraction des carrières et le prélèvement des terres salines, la densité de leurs indicateurs augmentent beaucoup plus lorsqu'on s'introduit à l'intérieur du PN Rusizi.

Egalement, la coupe de bois s'est montré distribuée indépendamment de la distance car se présentant diminuant ou augmentant dans un sens ou dans un autre.

IV.4. Lien entre les types de perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi

Les résultats de cette étude ont montré qu'il existe de liaisons entre certains types de perturbations de la végétation du PN Rusizi. Ainsi, la coupe de bois s'est montrée fortement associée à l'agriculture, au cimetière, au prélèvement des terres salines et l'extraction des carrières tandis que la coupe d'herbe s'est beaucoup révélée associée à l'agriculture et l'extraction des carrières. Ces résultats vérifient la troisième hypothèse stipulant que les fréquences de certains types de perturbations anthropiques de la végétation des habitats du PN Rusizi sont en relation avec celles des autres. En effet, les rétroactions entre les perturbations peuvent être positives pour dire qu' une perturbation favorise l'autre (White et al., 2000). Et au PN Rusizi, la plupart des activités qui s'y observe est à la base d'une forte destruction de la végétation tant herbeuse que ligneuse (OBPE, 2015). Ce constat est partagé par Sainjuste, (2022) qui a trouvé que la coupe des arbres est liée à tous les autres types de perturbations et qu'elle crée des espaces pour agrandir les champs de culture et les zones de pâturage.

CONCLUSION GENERALE ET SUGGESTIONS

L'étude a été réalisée pour analyser les perturbations anthropiques de de la végétation des habitats du Parc National de la Rusizi. Ainsi, des inventaires de perturbations ont été réalisés en utilisant des transects établis dans les différents types d'habitats du PN Rusizi. Par la suite, des analyses statistiques ont été faites afin de caractériser les perturbations anthropiques de la végétation. L'analyse a concerné la fréquence absolue des perturbations anthropiques, la structure spatiale des perturbations ainsi que l'association entre certains types de perturbations.

Les résultats issus de l'analyse de la fréquence absolue ont révélé que les coupes de bois et le cimetière constituent les principales perturbations anthropiques de la végétation des habitats du PN Rusizi et principalement les bosquets à *Hyphaene*. La coupe d'herbe constitue la troixième perturbation de la végétation du PN Rusizi et s'observe aussi bien dans les savanes herbeuses que dans les savanes arborescentes. Les feux de brousse et l'agriculture présentent des fréquences absolues assez considérables et touchent de grande proportion des placettes étudiés. L'analyse de la structure spatiale a révélé que les perturbations anthropiques dépendent ou pas de la distance par rapport aux collines riveraines du PN Rusizi ou à la rivière Rusizi. Pour le cimetière, son expansion spatiale est régressive de la périphérie du parc vers l'intérieur tandis que pour les autres types de perturbations se sont montrés diminuant ou augmentant à l'intérieur du parc, donc ne dépendant pas forcement de la distance par rapport à la colline riveraine. Cela témoignant l'inefficacité de la surveillance facilitant l'introduction de la population à l'intérieur du parc. Certaines perturbations se sont retrouvés associés avec d'autres ce qui amplifie la dégradation des habitats.

La présente étude permettra à l OBPE, principal gestionnaire des aires protégées du Burundi, de mieux déceler les principales perturbations anthropiques des habitats du PN Rusizi et ainsi prendre des mesures qui s'imposent pour une gestion durable de cette aire protégée aussi importante sur le plan national et international. Les résultats de cette étude devraient orienter les gestionnaires pour une planification priorisant des actions orientées vers les principales pressions de ce parc. En collaboration avec les institutions de recherche (Université du Burundi, ENS et autres), l'OBPE devrait mener des études similaires dans d'autres aires protégées n'ayant pas encore subie de telle recherche pour détecter les facteurs anthropiques de dégradation de la végétation de leurs habitats.

Cette étude constitue une base pour les chercheurs afin de détecter les principales causes de ces perturbations et d'évaluer la dynamique spatio-temporelle de cet écosystème pour mieux comprendre les impacts de ces perturbations sur la dégradation de ses habitats.

Pour des chercheurs ambitieux, une étude pour évaluer le stock de la biodiversité du PN Rusizi serait nécessaire.

Quelques recommandations sont formulées à l' endroit de l OBPE gestionnaire principal du PN Rusizi :

- Sensibiliser l'administration et la population environnante en général sur l'intérêt de protéger le PN Rusizi.
- Augmenter le personnel surtout les guides touristiques pour limiter les entrées à l'intérieur du parc sans permission.
- Faire respecter les textes de loi en vigueur.
- Prévoir le matériel nécessaire aux guides touristiques comme les bottines et moyens de transport afin de pouvoir parcourir tout le parc.
- Orienter en priorité les actions sur les principales perturbations anthropiques qui menacent le PNRusizi .

BIBLIOGRAPHIE

Abou-Hamdan, H. (2004). Réponses des macrophytes de six cours d'eau méditerranéens à des perturbations naturelles et d'origine anthropique (sud-est de la France) [PhD Thesis, Aix-Marseille 3]. https://www.theses.fr/2004AIX30060

Alvarado, S. T. (2012). Evaluation du rôle des feux de brousse sur la composition, la structure, la phénologie, et la résistance de la végétation des bois de tapia (Uapaca bojeri) du massif d'Ibity, Nouvelle Aire Protégée, en vue de sa gestion durable [PhD Thesis, Université d'Avignon]. https://theses.hal.science/tel-00866277/

Aschan-Leygonie, C. (2000). Vers une analyse de la résilience des systèmes spatiaux. L'Espace géographique, 64-77.

Bangirinama, F. (2010). Processus de la restauration ecosystemique au cours de la dynamique post culturale au Burundi : Mecanismes, caracterisation et series ecologiques [PhD Thesis, Doctoral Dissertation). Retrieved from https://www. ulb. ac. be/rech/ed/phd. htm]. https://www.academia.edu/download/96019367/1e2a40f5-5ebe-4b1e-a0e0-eff356d5277a.pdf.

Banque Mondial, (2017) : Analyse environnementale pays ; Burundi ,156p

Barot, S., Aubertin, C., Barriere, O., Borsa, P., Carrière, S., Durieux, L., Emperaire, L., Galletti, F., le Loch, F., & Leblan, V. (s. d.). Comment donner du sens à l'objectif de 30% des surfaces continentales et océaniques en aire protégée. Consulté 8 janvier 2024, à l'adresse https://www.ird.fr/sites/ird_fr/files/2023-11/Note%2030%25%207.pdf

Barroca, B., DiNardo, M., & Mboumoua, I. (2013). De la vulnérabilité à la résilience : Mutation ou bouleversement? EchoGéo, 24. https://journals.openedition.org/echogeo/13439

Blondel, J. (s. d.). PERTURBATIONS ET FORET : ACCIDENTS OU NÉCESSITÉS? Consulté 8 février 2024, à l'adresse https://foretspreservees.com/wp-content/uploads/2019/03/J-BLONDEL-PERTURBATIONS.pdf.

Collins, S., et M. Glenn. 1997. Intermediate disturbance and its relationship to within- and between-patch dynamics. New Zealand Journal of Ecology 21: 103-110.

Collin, J.-F., Jourez, B., & Hebert, J. (2006). La problématique chablis, s'y préparer et gérer la crise!(2ème partie). Forêt Wallonne, 80. https://orbi.uliege.be/handle/2268/21212

Corcket, E. (2015). Biodiversité et Interactions biotiques dans les communautés végétales de l'Anthropocène... [PhD Thesis, Université de Bordeaux]. https://hal.science/tel-02796284/

Côté, B. (1997). La monoculture d'érable et l'acidification des sols. McGill, campus Macdonald. 6p. http://gestion.centreacer.qc.ca/fr/UserFiles/Publications/142_Fr.pdf

Cristofoli, S., & Mahy, G. (2010). Restauration écologique : Contexte, contraintes et indicateurs de suivi. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 14(1). https://orbi.uliege.be/handle/2268/21031

DeRose, R. J., & Long, J. N. (2014). Resistance and resilience : A conceptual framework for silviculture. Forest Science, 60(6), 1205-1212.

Dhote, J.-F. (2004). Perturbations, diversité et permanence des structures dans les écosystèmes forestiers [PhD Thesis, Citeseer]. https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=e6baf9584fc8ce6433589f3e712310e0601a88c2

Dinerstein, E., Joshi, A. R., Vynne, C., Lee, A. T. L., Pharand-Deschênes, F., França, M., Fernando, S., Birch, T., Burkart, K., Asner, G. P., & Olson, D. (2020). A "Global Safety Net" to reverse biodiversity loss and stabilize Earth's climate. Science Advances, 6(36), eabb2824. https://doi.org/10.1126/sciadv.abb2824

Donadieu, P. (2002). Les références en écologie de la restauration. Revue d'Ecologie, Terre et Vie, 109-120.

Dousset, N. L. (2023). Les blocages en action dans la restauration écologique des écosystèmes terrestres. 29p.

Dudley, N. (2008). Guidelines for applying protected area management categories. Iucn.

FAO, (2016).Situation des forêts du monde. Forêts et agriculture : Défis et possibilités concernant l'utilisation des terres, Rome, 36p.

Gauthier, S., & Vaillancourt, M.-A. (2008). Aménagement écosystémique en forêt boréale. Puq. https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=UbIyIAP9EVwC&oi=fnd&pg=PR7&dq=Sylvie+Gauthier,+Alain+Leduc,+Brian+Harvey,+Yves+Bergeron+et+Pierre+Drapeau,+Les+perturbations+naturelles+et+la+diversit%C3%A9+%C3%A9cosyst%C3%A9mique,+2008+.1-17&ots=arqTVXLow3&sig=fgINjnxR4ETD0JMGaTfP0zWAEoI

Genin, M., 2015.Test du $\chi 2$, Université de Lille 2, Centre d'études et de Recherche en Informatique Médicale- (EA2694) ,16p.

Gerwing, J. J. (2002). Degradation of forests through logging and fire in the eastern Brazilian Amazon. Forest ecology and management, 157(1-3), 131-141.

Habonayo, R., Nduwimana, A., de Dieu Nkurunziza, J., & Mbarushimana, D. (2023). Services écosystémiques des aires protégées du Burundi : Points de vue des principales parties prenantes impliquées dans la conservation. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 17(2), 666-682.

Harrison, S., & Bruna, E. (1999). Habitat fragmentation and large-scale conservation : What do we know for sure? Ecography, 22(3), 225-232. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1999.tb00496.x

Hirst, R. A., Pywell, R. F., Marrs, R. H., & Putwain, P. D. (2003). The resistance of a chalk grassland to disturbance. Journal of Applied Ecology, 40(2), 368-379. https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00800.x

Huston, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. The American Naturalist 113: 81-101.

Jiagho, E. R. (2018). Flore et végétation ligneuse à la périphérie du Parc National de Waza (Cameroun) : Dynamiques et implications pour une meilleure gestion [PhD Thesis, Le Mans Université; Université de Yaoundé I]. https://theses.hal.science/tel-01902605/

Jiagho, E. R., Zapfack, L., & Choumele Kana Jumo, A. U. (2019). Distribution et dynamique de la flore ligneuse à la périphérie du Parc national de Waza (Cameroun). VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement, 19(3). https://journals.openedition.org/vertigo/27121

Kaleba, S. C., Sikuzani, Y. U., Yamba, A. M., Kankumbi, F. M., & Bogaert, J. (2022). Activités anthropiques et dynamique des écosystèmes forestiers dans les zones territoriales de l'Arc Cuprifère Katangais (RD Congo). Tropicultura. https://popups.uliege.be/2295-8010/index.php?id=2100.

Kezimana, P. F. (2017). Contribution à l'étude de la gestion communautaire du Parc National de la RUSI.ZI pour la conservation de sa biodiversité : Cas du secteur Delta Mémoire UB.

Marçais, B., Bouhot-Delduc, L., & Le Tacon, F. (2000). Effets possibles des changements globaux sur les micro-organismes symbiotiques et pathogènes et les insectes ravageurs des forêts. Revue forestière française, 12(Spécial), 99-118.

Marion, B. (2010). Impact du pâturage sur la structure de la végétation : Interactions biotiques, traits et conséquences fonctionnelles. [PhD Thesis, Université Rennes 1]. https://theses.hal.science/tel-00566651/

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.

Masharabu, T., Butore, J., Sindaye, D., & Hitimana, M. (2019a). Diversité floristique et distribution potentielle des essences fourragères spontanées au Burundi. Geo-Eco-Trop, 43(1), 161-170.

Mbarushiman, D. (2020). Analyse des perturbations anthropiques de dégradation de la végétation des habitats du Parc National de la Ruvubu (PNR) /Burundi, Mémoire UB

MEEATU, (2013).Stratégie Nationale et plan d'action sur la Biodiversité 2013-2020.Bujumbura, Burundi, 104p.

MEEATU, (2014). Atlas des quatre sites RAMSAR : localisation et ressources. Bujumbura, Burundi, 44p

Menge, B. A., & Sutherland, J. P. (1987). Community Regulation : Variation in Disturbance, Competition, and Predation in Relation to Environmental Stress and Recruitment. The American Naturalist, 130(5), 730-757. https://doi.org/10.1086/284741

Mitchell, R. J., Auld, M. H., Le Duc, M. G., & Robert, M. H. (2000). Ecosystem stability and resilience : A review of their relevance for the conservation management of lowland heaths. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics, 3(2), 142-160.

Ngendakumana, J.C., 2016.Etablissement de la situation d référence pour le suivi de la dynamique des habitats du Parc National de la Rusizi : Cas du secteur Palmeraie, Mémoire UB,102p.

Nginda, R. I. (2019). La pensée systémique des transitions appliquée à l'est de la RDC : Un modèle de la résistance a la résilience. Acta Europeana Systemica, 9, 137-144.

Nsabiyumva, J.-M. V., Rivuzimana, J.-C., Doumenge, C., & Larzillière, A. (2015). République du Burundi. https://agritrop.cirad.fr/595078

Nsengimana, E., 2013. Etablissement de la situation de référence dans le but du suivi de la dynamique des habitats au Parc National de la Rusizi : Cas du secteur Delta .Mémoire UB, 120p.

Ntakimazi, G., Nzigidahera, B., Nicayenzi, F., & West, K. (2000a). Etude spéciale de biodiversité (ESBIO) Rapport. L'état de la diversité biologique dans les milieux aquatiques et terrestres du delta de la Rusizi.

Ntakimazi, G., Nzigidahera, B., Nicayenzi, F., & West, K. (2000b). L'état de la diversité biologique dans les milieux aquatiques et terrestres du delta de la Rusizi. Rapport de l'Etude Spéciale Biodiversité (ESBIO). Projet Lutte contre pollution et autres mesures visant à protéger la biodiversité du lac Tanganyika (RAF/92/G32).

Nzigidahera, B. (2003). Etude d'évaluation des impacts, des actions anthropiques et du degré de disparition de la biodiversité : Proposition du plan de gestion durable de la Réserve Naturelle de la Rusizi, réserve de la biosphère en projet. Rapport de recherche MAB, Division des sciences écologiques. INECN, Gitega, 59p.

Nzigidahera, B., 2011.Etude d'impact des activités socio-économiques sur le faux palmier « *Hyphaene petersiana* » et le développement du plan de conservation participative du Secteur Palmeraie de la Réserve Naturelle de la Rusizi. Consultance ,53p.

OBPE, (2015).Plan d'aménagement et de gestion du parc national de la rusizi, Bujumbura, 125p.

Pereira, D. G., Afonso, A., & Medeiros, F. M. (2015). Overview of Friedman's Test and Post-hoc Analysis. Communications in Statistics - Simulation and Computation, 44(10), 2636-2653. https://doi.org/10.1080/03610918.2014.931971

Pickett, S. T. A., Kolasa, J., Armesto, J. J., & Collins, S. L. (1989). The ecological concept of disturbance and its expression at various hierarchical levels. Oikos, 129-136.

Poilecot, P., & Loua, N.-S. (2009). Les feux dans les savanes des monts Nimba, Guinée. https://agritrop.cirad.fr/552336/1/BFT_301_51-66.pdf

Ramamonjisoa, B. S., Raminosoa, N., & VeRHeggen, F. J. (2013). 11—Analyse des facteurs anthropiques de dégradation des bois de tapia (Uapaca bojeri) d'Arivonimamo. Les vers à soie malgaches. Enjeux écologiques et socio-économiques, 151.

Reekmans, M. (1980). La végétation de la plaine de la basse Rusizi (Burundi). Bulletin du Jardin botanique national de Belgique/Bulletin van de Nationale Plantentuin van België, 401-444.

Rossignol, N. (2006). Hétérogénéité de la végétation et du pâturage : Conséquences fonctionnelles en praireis naturelle [PhD Thesis, Université Rennes 1]. https://theses.hal.science/tel-00520859/

Sabir, M., Qarro, M., & Naimi, M. (2021). Effets du pâturage sur le couvert végétal et la qualité des sols dans les parcours des zones arides. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, 9(4), 590-598.

Sainjuste, J. C. (2022). Les facteurs de dégradation des écosystèmes forestiers du parc national naturel La Visite (PNN-LV) : Typologie, relations et ampleurs. https://matheo.uliege.be/handle/2268.2/16146

SCDB, (2008).Biodiversité et agriculture : protéger et assurer la sécurité alimentaire, Montréal ,56p

Sheil, D., et F.R.P. Burslem. 2003. Disturbing hypothesis in tropical forests. Trends in Ecology and Evolution 18: 18-26.

Simula, M. (2009). Vers une définition de la dégradation des forêts : Analyse comparative des définitions existantes.

Tchatchou, B., Sonwa, D. J., Ifo, S., & Tiani, A. M. (2015a). Déforestation et dégradation des forêts dans le Bassin du Congo : État des lieux, causes actuelles et perspectives (Vol. 120). CIFOR. https://books.google.com/books?hl=fr&lr=&id=fyOXCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Tchatchou+et+al.,+2015&ots=DadKT9pS4Z&sig=SXLR2u0dhafonMYpseKTC-eY4Vc

Tchatchou, B., Sonwa, D. J., Ifo, S., & Tiani, A. M. (2015b). Déforestation et dégradation des forêts dans le Bassin du Congo : État des lieux, causes actuelles et perspectives. CIFOR.

Tilman, D., May, R. M., Lehman, C. L., & Nowak, M. A. (1994). Habitat destruction and the extinction debt. Nature, 371(6492), 65-66.

Triplet, P. (2016). Dictionnaire encyclopédique de la diversité biologique et de la conservation de la nature. Ouvrage en ligne. https://www.researchgate.net/profile/Patrick-Triplet/publication/367566760_Dictionnaire_encyclopedique_de_la_diversite_biologique_et_de_la_conservation_de_la_nature/links/63d90c0362d2a24f92e24128/Dictionnaire-encyclopedique-de-la-diversite-biologique-et-de-la-conservation-de-la-nature.pdf.

UICN, (2011).Parcs et réserves du Burundi .Evaluation de l'efficacité de la gestion des aires protégées, 107p.

Unep-Wcmc, I. (2018). Protected planet : The world database on protected areas (WDPA). UNEP-WCMC and IUCN, Cambridge, UK Available at: http://wwwprotectedplanetnet, Accessed date, 21.

Vaillancourt, M.-A., De Grandpré, L., Gauthier, S., Leduc, A., Kneeshaw, D., Claveau, Y., & Bergeron, Y. (2008). Comment les perturbations naturelles peuvent-elles constituer un guide pour l'aménagement forestier écosystémique. Gauthier, s., Ma vaillancourt, a. Leduc, L. de Grandpré, d. Kneeshaw, H. Morin, P. drapeau, and Y. Bergeron (édit.), aménagement écosystémique en forêt boréale. Presses de l'université du Québec, Québec, 41-60.

Valea, F., & Ballouche, A. (2012). Les feux de brousse en Afrique de l'Ouest : Contraintes environnementales ou outil de gestion environnementale? L'exemple du Burkina Faso. Territoires d'Afrique, 3, 36-47.

White, P. S., Harrod, J., Walker, J. L., & Jentsch, A. (2000). Disturbance, scale, and boundary in wilderness management. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-15VOL-2. https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/2886/

White, P. S., & Jentsch, A. (2001). The Search for Generality in Studies of Disturbance and Ecosystem Dynamics. In K. Esser, U. Lüttge, J. W. Kadereit, & W. Beyschlag (Éds.), Progress in Botany (Vol. 62, p. 399-450). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-56849-7_17.

Wilson, J.B. 1994. The intermediate disturbance hypothesis' of species coexistence is based on patch dynamics. New Zealand Journal of Ecology 18; 176-181.

SITE WEB

Les-perturbations-naturelles,https://www.ccmf.org/des-for%C3%AAts-saines/les-perturbations-naturelles/, consulté le 31/01/2024 à 13h 15min.

Les perturbations écologiques, https://www.alloprof.qc.ca/fr/eleves/bv/sciences/les-perturbations-ecologiques-s1242). Consulté le 29/12/2023 à 12h 40min.

Yves le Quellec. De l'éducation relative à l'environnement à l'éducation au développement durable.https://www.academia.edu/88570138/L%C3%A9ducation_relative_%C3%A0_lenvironnement_Quelle_est_la_contribution_du_syst%C3%A8me_scolaire_secondaire_qu%C3%A9b%C3%A9cois_dans_la_formation_de_citoyens_engag%C3%A9s consulté le 31/01/2024 à 15h.

Des forets saines, les perturbations naturelles,https://www.ccmf.org/des-for%C3%AAts-saines/les-perturbations-naturelles/)le 29/12/2023 à 12h 45min.

Impactsdesperturbations,https://fr.wikipedia.org/wiki/Perturbation_%C3%A9cologique#Impacts_des_perturbations Consulté le 29 /12/ 2023 à 14h 13min

D.P. Dykstra et R. Heinrich. Assurer la durabilité des forêts tropicales grâce à des pratiques d'exploitation écologiquement rationnelles http://www.fao.org/3/u6010f/u6010f03.htm consulté le 14/4/2024 à 14h46min.

Vivien Bonnesoeur. Acclimatation des arbres forestiers au vent : de la perception du vent à ses conséquences sur la croissance et le dimensionnement des tiges. Bioclimatologie. AgroParisTech, 2016. Français. ffNNT : 2016AGPT0023ff. fftel-03000899f consulté le 14.4.2024 à 14h 57min.

ANNEXES

ANNEXES

Annexes 1 : Fiche d'enregistrement des observations sur les types de perturbations anthropiques de la végétation des habitats du PN Rusizi

Commune	Colline	Type d'habitat	Transect	Placette
PERTURBATIONS ANTHROPIQUES				
Indicateurs de type de perturbation	Présence	Absence	Fréquence	
1.				
2.				

Annexes 2 : Illustrations des types de perturbations anthropiques de la végétation du PN Rusizi (Cimetières modernes (bâtis)(a), cimetières non bâtis(b), Pacage du bétail (c), coupe de phragmites(d), Coupe d'herbe(e), Coupe de bois (f), Agriculture(g), Feux(h))



a)



b)



c)



d)



e)



f)



g)



h)

Annexe 3. Fréquence absolue et présence-absence des types de perturbations anthropiques

Distance	Placette	Localité	Type d'habitat	Coupe de bois	Cimetières	Coupe d'herbe	Feux de brousse	Agriculture	Prélèvement des terres salines	Pacage du bétail	Extraction des Carrières	Fabrication des briques	Total
50	1	Mushasha I	Savane herbeuse	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
100	2	Mushasha I	Savane herbeuse	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
150	3	Mushasha I	Savane herbeuse	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
200	4	Mushasha I	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	5	Mushasha I	Savane herbeuse	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
300	6	Mushasha I	Savane herbeuse	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
350	7	Mushasha I	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
400	8	Mushasha I	Savane herbeuse	0	0	8	0	0	0	0	0	0	8

450	9	Mushasha I	Savane herbeuse	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
500	10	Mushasha I	Savane herbeuse	4	0	0	0	0	0	0	0	4	8
50	11	Mushasha I	Savane herbeuse	0	0	6	0	0	0	0	0	0	6
100	12	Mushasha I	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	13	Mushasha I	Savane herbeuse	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9
200	14	Mushasha I	Savane herbeuse	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
250	15	Mushasha I	Savane herbeuse	4	0	0	0	0	4	0	0	0	8
300	16	Mushasha I	Savane herbeuse	4	0	0	0	0	5	0	0	0	9
350	17	Mushasha I	Savane herbeuse	0	0	18	0	0	0	0	0	0	18
400	18	Mushasha I	Savane herbeuse	0	0	37	0	0	0	0	0	0	37
450	19	Mushasha I	Savane	22	0	0	0	0	5	0	0	0	27

			herbeuse										
500	20	Mushasha I	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	21	Kigaramango	Savane arborescente	6	0	39	0	0	0	0	0	0	45
100	22	Kigaramango	Savane arborescente	12	0	17	0	0	0	0	0	0	29
150	23	Kigaramango	Savane arborescente	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15
200	24	Kigaramango	Savane arborescente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	25	Kigaramango	Savane arborescente	6	0	25	0	0	0	0	0	0	31
300	26	Kigaramango	Savane arborescente	14	0	0	0	0	0	0	0	0	14
350	27	Kigaramango	Savane arborescente	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
400	28	Kigaramango	Savane arborescente	25	0	0	0	0	0	0	6	0	31
450	29	Kigaramango	Savane arborescente	14	0	11	0	0	0	0	7	0	32

500	30	Kigaramango	Savane arborescente	10	0	8	0	0	0	0	0	0	18
50	31	Kigaramango	Savane arborescente	30	0	20	0	0	0	0	5	0	55
100	32	Kigaramango	Savane arborescente	15	0	25	0	0	0	0	0	0	40
150	33	Kigaramango	Savane arborescente	16	0	19	0	0	0	0	7	0	42
200	34	Kigaramango	Savane arborescente	19	0	12	0	0	0	0	8	0	39
250	35	Kigaramango	Savane arborescente	7	0	26	0	0	12	0	6	0	51
300	36	Kigaramango	Savane arborescente	3	0	8	0	0	9	0	3	0	23
350	37	Kigaramango	Savane arborescente	3	0	0	0	0	9	0	0	0	12
400	38	Kigaramango	Savane arborescente	18	0	0	0	0	3	0	0	0	21
450	39	Kigaramango	Savane arborescente	14	0	0	0	0	0	0	0	0	14
500	40	Kigaramango	Savane	15	0	7	0	0	0	0	0	0	22

			arborescente										
50	41	Vugizo	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	42	Vugizo	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	43	Vugizo	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	6	0	0	6
200	44	Vugizo	Savane herbeuse	0	0	36	0	0	0	0	0	0	36
250	45	Vugizo	Savane herbeuse	0	0	49	0	0	0	0	0	0	49
300	46	Vugizo	Savane herbeuse	0	0	73	0	0	0	0	0	0	73
350	47	Vugizo	Savane herbeuse	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
400	48	Vugizo	Savane herbeuse	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7
450	49	Vugizo	Savane herbeuse	9	0	0	0	0	0	0	0	0	9
500	50	Vugizo	Savane herbeuse	20	0	0	0	0	0	10	0	0	30

50	51	Vugizo	Savane herbeuse	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
100	52	Vugizo	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
15		Vugizo	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	21	0	2	23
200	54	Vugizo	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
250	55	Vugizo	Savane herbeuse	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
300	56	Vugizo	Savane herbeuse	0	0	50	0	2	0	0	0	0	52
350	57	Vugizo	Savane herbeuse	7	0	0	0	8	0	0	0	0	15
400	58	Vugizo	Savane herbeuse	2	0	0	0	5	0	5	0	0	12
450	59	Vugizo	Savane herbeuse	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
500	60	Vugizo	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	61	Buringa	Marcage	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3

100	62	Buringa	Marcage	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
150	63	Buringa	Marcage	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
200	64	Buringa	Marcage	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
250	65	Buringa	Marcage	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
300	66	Buringa	Marcage	0	0	0	30	2	0	0	0	0	32
350	67	Buringa	Marcage	0	0	0	45	3	0	0	0	0	48
400	68	Buringa	Marcage	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
450	69	Buringa	Marcage	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
500	70	Buringa	Marcage	0	0	0	33	5	0	0	0	0	38
50	71	Buringa	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	72	Buringa	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
150	73	Buringa	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
200	74	Buringa	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
250	75	Buringa	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
300	76	Buringa	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4

350	77	Buringa	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
400	78	Buringa	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
450	79	Buringa	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
500	80	Buringa	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	81	Gisenyi	Bosquet à hyphaène	0	0	7	64	0	0	0	0	0	71
100	82	Gisenyi	Bosquet à hyphaène	10	0	0	27	0	0	0	0	0	37
150	83	Gisenyi	Bosquet à hyphaène	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
200	84	Gisenyi	Bosquet à hyphaène	18	0	0	0	0	0	0	0	0	18
250	85	Gisenyi	Bosquet à hyphaène	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
300	86	Gisenyi	Bosquet à hyphaène	2	0	0	35	0	0	0	0	0	37
350	87	Gisenyi	Bosquet à	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5

			hyphaène										
400	88	Gisenyi	Bosquet à hyphaène	12	0	0	22	0	0	0	0	0	34
450	89	Gisenyi	Bosquet à hyphaène	8	0	0	0	0	0	0	0	0	8
500	90	Gisenyi	Bosquet à hyphaène	37	0	0	22	0	0	0	0	0	59
50	91	Gisenyi	Savane arborescente	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
100	92	Gisenyi	Savane arborescente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150	93	Gisenyi	Savane arborescente	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
200	94	Gisenyi	Savane arborescente	1	0	0	0	3	0	0	0	0	4
250	95	Gisenyi	Savane arborescente	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
300	96	Gisenyi	Savane arborescente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	97	Gisenyi	Savane arborescente	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6

400	98	Gisenyi	Savane arborescente	5	0	0	27	0	0	0	0	0	32
450	99	Gisenyi	Savane arborescente	2	0	0	43	0	0	0	0	0	45
500	100	Gisenyi	Savane arborescente	5	0	0	37	0	0	0	0	0	42
50	101	Cabiza	Bosquet à hyphaène	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
100	102	Cabiza	Bosquet à hyphaène	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
150	103	Cabiza	Bosquet à hyphaène	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
200	104	Cabiza	Bosquet à hyphaène	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
250	105	Cabiza	Bosquet à hyphaène	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
300	106	Cabiza	Bosquet à hyphaène	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	107	Cabiza	Bosquet à hyphaène	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
400	108	Cabiza	Bosquet à	0	0	3	25	0	0	0	0	0	28

			hyphaène										
450	109	Cabiza	Bosquet à hyphaène	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	110	Cabiza	Bosquet à hyphaène	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	111	Cabiza	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
100	112	Cabiza	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
150	113	Cabiza	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
200	114	Cabiza	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7
250	115	Cabiza	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
300	116	Cabiza	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
350	117	Cabiza	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
400	118	Cabiza	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3

450	119	Cabiza	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
500	120	Cabiza	Bosquet à euphorbia	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
50	121	Kagwema	Marcage	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
100	122	Kagwema	Marcage	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
150	123	Kagwema	Marcage	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
200	124	Kagwema	Marcage	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
250	125	Kagwema	Marcage	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
300	126	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
350	127	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
400	128	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
450	129	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	130	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
50	131	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3

100	132	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
150	133	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
200	134	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
250	135	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
300	136	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
350	137	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
400	138	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
450	139	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	140	Kagwema	Savane herbeuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	141	Buringa	Bosquet à hyphaene	0	23	0	0	0	0	0	0	0	23
100	142	Buringa	Bosquet à	3	88	0	0	0	0	0	0	0	91

			hyphaene										
150	143	Buringa	Bosquet à hyphaene	53	73	0	0	0	0	0	0	0	126
200	144	Buringa	Bosquet à hyphaene	23	62	0	0	0	0	0	0	0	85
250	145	Buringa	Bosquet à hyphaene	19	38	0	0	0	0	0	0	0	57
300	146	Buringa	Bosquet à hyphaene	13	32	0	0	0	0	0	0	0	45
350	147	Buringa	Bosquet à hyphaene	9	14	0	0	0	0	0	0	0	23
400	148	Buringa	Bosquet à hyphaene	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
450	149	Buringa	Bosquet à hyphaene	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6
500	150	Buringa	Bosquet à hyphaene	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	151	Buringa	Bosquet à hyphaene	15	0	0	0	0	0	0	0	0	15
100	152	Buringa	Bosquet à hyphaene	30	20	0	0	0	0	0	0	0	50

150	153	Buringa	Bosquet à hyphaene	25	65	0	0	0	0	0	0	0	90
200	154	Buringa	Bosquet à hyphaene	21	40	0	0	0	0	0	0	0	61
250	155	Buringa	Bosquet à hyphaene	21	30	0	0	0	0	0	0	0	51
300	156	Buringa	Bosquet à hyphaene	17	30	0	0	0	0	0	0	0	47
350	157	Buringa	Bosquet à hyphaene	13	20	0	0	0	0	0	0	0	33
400	158	Buringa	Bosquet à hyphaene	13	13	0	0	0	0	0	0	0	26
450	159	Buringa	Bosquet à hyphaene	10	0	0	0	0	0	0	0	0	10
500	160	Buringa	Bosquet à hyphaene	5	8	0	0	0	0	0	0	0	13
				763	556	519	410	206	47	45	42	9	2597