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

Analyse de la flore et la végétation de la zone nickélifère de Waga en Commune Nyarusange Province Gitega, son importance pour la population locale et l'évolution de l'occupation du sol

Nduwimana, Jean Marie Vianney; Sous la direction de : Dr. Bararunyeretse Prudence

2024-05
UB: FSE
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/2269

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

UNIVERSITE DU BURUNDI

FACULTE DES SCIENCES

MASTER EN BIOLOGIE DES ORGANISMES ET ECOLOGIE





ANALYSE DE LA FLORE ET LA VEGETATION DE LA ZONE NICKELIFERE DE WAGA EN COMMUNE NYARUSANGE PROVINCE GITEGA, SON IMPORTANCE POUR LA POPULATION LOCALE ET L'EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL

Par :

NDUWIMANA Jean Marie Vianney

Sous la direction de :

Dr. Prudence BARARUNYERETSE

Mémoire présenté en vue d'obtenir :
Le Diplôme de Master en Biologie des Organismes et Ecologie

Spécialité : Gestion des Paysages et Ecosystèmes Terrestres

Bujumbura, Mai 2024

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY

Président : Prof André NDUWIMANA

Secrétaire : Prof Jacques NKENGURUTSE

Directeur : Dr Prudence BARARUNYERETSE

DEDICACES

A mon regretté père

A ma très chère maman

A ma très chère épouse

A mes frères et sœurs

A tous ceux qui me sont chers

Je dédie ce mémoire

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail de recherche, il nous sied d'exprimer notre gratitude à l'endroit de toutes les personnes tant physiques que morales qui ont contribué à sa réalisation.

Il me convient de remercier de tout mon coeur le Dieu Tout-Puissant, qui m'a gardé et qui m'a donné le courage et la force d'accomplir ce travail.

Qu'il nous soit permis de remercier en premier lieu le Gouvernement Burundais pour avoir instauré et facilité la formation de niveau Master dans les universités locales.

Nous adressons nos vifs remerciements au Docteur Prudence BARARUNYERETSE promoteur de ce mémoire qui, malgré ses nombreuses responsabilités, a accepté de diriger ce mémoire. Ses directives méthodologiques, sa rigueur scientifique, ses conseils et orientations si judicieux nous ont été d'une importance incomparable dans la réalisation effective du présent travail.

Nos vifs remerciemets sont aussi adressés au Dr Désiré KUBWIMANA et Msc Didier MBARUSHIMANA pour leur contribution dans la réalisation des cartes d'occupation du sol

Que tous nos enseignants trouvent ici l'expression de nos sincères remerciements.

Mes sincères remerciements s'adressent aussi à l'Administration locale et à la population locale de la zone Nickélifère de Waga en commune Nyarusange, qui m'ont accueilli chaleureusement et qui ont collaboré et répondu favorablement à notre requête d'information nécessaires pour ce travail.

A tous nos amis et camarades étudiants, pour la joie et les peines que nous avons partagées, nous vous adressons nos sincères remerciements.

RESUME

La végétation joue un rôle primordial dans le maintien de l'équilibre écologique. Malheureusement, l'homme, à cause de la démographie galopante; la pollution causée par une augmentation des pressions industrielles et urbanisation continue à mettre en danger les écosystèmes reliques de l'ancienne végétation notamment par la surexploitation des ressources naturelles pour faire guérir les maladies, pourl'alimentation, l'énergie, l'habillement et la construction des maisons. La présente étude contribue à la connaissance de la diversité floristique et végétale de la zone nickélifère de Waga, de son importance pour l'homme et son évolution spatio-temporelle dans cette zone.

Les méthodes de relevés par des transects subdivisés en quadrats ont été utilisées. Au total, 80 quadrats de 20 x 10 m chacun ont été installés dans la zone nickélifère de Waga. Une enquête a été effectuée pour évaluer l'importance de la végétation à la population locale. L'inventaire floristique dans les transects a révélé 276 espèces réparties dans 196 genres et 66 familles. Les familles les plus représentées au niveau spécifique sont les Poaceae (26 %), Asteraceae (24%), Fabaceae et Euphorbiaceae (11 %). Les formes biologiques des plantes de la zone nickélifère de Waga ont des spectres bruts presque proches. Les Phanérophytes représentent 36,96 %, suivi des Chaméphytes (22,46%), des Télophytes (18,84 %), des Hémicryptophytes (13,77 %) et des Géophytes (7,97 %).

En tenant compte des territoires phytogéographiques, les espèces à large distribution régionale sont les plus dominantes soit 37,65% des espèces, suivi des espèces à large distribution (32,9 4 %), les espèces africaines (22,75 %), les espèces de liaison (6,67 %). Cette prédominance des espèces à distribution régionale confirme la situation du Burundi au carrefour de plusieurs régions phytogéographiques. Ces espèces sont dominées par les espèces de la région soudano-zambézienne avec 29,02% des espèces, suivies des espèces montagnardes (8,63%).

En considérant la répartition d'espèces de la Zone Nickélifère de Waga en taxons supérieurs ce sont les angiospermes dicotylédones qui sont les plus représentés (76,45%).

Quant à l'évaluation de l'importance de la végétation pour la population locale, les usages matériels ont été les plus rapportés, suivis des usages médicinaux, énergétique, alimentaire, fourrages et culturel.

Mots clés : zone nickélifère, diversité végétale, traits biologiques, importance pour la population locale, restauration écologique.

ABSTRACT

The strong disturbance of landscapes is considered one of the main factors in the loss of plant biodiversity. This regression of plant cover is linked to anthropogenic activities, increasing climate variability and climate changes which lead to significant degradation of ecosystems. The decline in resources has also had an impact on the ecosystem services that biodiversity provides to local populations, including harvesting services for food, energy, construction, medicine, crafts and ornament. Vegetation plays a very important role in maintaining ecological balance. Man, because of galloping demographics, continues to endanger the relic ecosystems of ancient vegetation, particularly through the overexploitation of natural resources to cure diseases, for food, energy, clothing and the construction of houses. This study contributes to the knowledge of the floristic and plant diversity of the Waga nickel zone, its importance for humans and the spatio-temporal evolution of this zone.

Phytosociological survey methods using transect subdivided into quadrats were used. In total, 80 quadrats of 20 x 10 m each were installed in the Waga nickel zone. A survey was carried out using random sampling to assess the importance of vegetation to the local population. The floristic inventory revealed 276 species distributed in 196 genera and 66 families. The families most represented at the specific level are Poaceae (26%), Asteraceae (24%), Fabaceae and Euphorbiaceae (11%). The biological forms of plants from the Waga nickel zone have almost similar raw spectra. Phanerophytes represent 36.96%, followed by Chamephytes (22.46%), Telophytes (18.84%), Hemicryptophytes (13.77%) and Geophytes (7.97%).

Taking into account phytogeographic territories, species with a wide regional distribution are the most dominant, i.e. 37.65% of species, followed by species with a wide distribution (32.94%), African species (22.75%) and linkage species (6.67%). This predominance of species with regional distribution confirms the situation of Burundi at the crossroads of several phytogeographic regions. These species are dominated by species from the Sudano-Zambezian region with 29.02% of species, followed by mountain species (8.63%).

Considering the distribution of ZNW species into higher taxa, dicotyledonous angiosperms are the most represented (76.45%).

As for the evaluation of the importance of vegetation for the local population, material uses were the most reported, followed by medicinal uses, energy, food, fodder, and cultural. We must advocate the popularization of native species reported to be important for the restoration of the Waga nickel zone.

Key words: nickel-bearing zone, plant diversity, biological traits, importance for the local population, ecological restoration.

TABLE DES MATIERES

IDENTIFICATION DES MEMBRES DU JURY i
DEDICACES ii
REMERCIEMENTS iii
RESUME iv
ABSTRACT v
TABLE DES MATIERES vi
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS ix
LISTE DES TABLEAUX x
LISTE DES FIGURES xi
AVANT-PROPOS xii
0. INTRODUCTION GENERALE 1
CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTERATURE 4
I. 1. Importance de la biodiversité 4
I. 2. Causes et conséquences de la dégradation des écosystèmes 5
I. 3. Notion de la restauration des écosystèmes 6
I. 4. Dynamique de la végétation en fonction de la présence du nickel et d'autres éléments en traces métalliques (Co, Cr, Cu et Mn) dans les sols 7
I. 4. 1. Effets des éléments traces métalliques (métaux lourds) sur les végétaux 7
I. 4. 2. Le Nickel dans les plantes hyperaccumulatrices et adaptation des plantes aux éléments traces métalliques 7
CHAPITRE II. MATERIELS ET METHODES 9
II. 1. Description de la zone d'étude 9
II. 2. Collecte des données 10
II. 2. 1. Inventaire floristique 10
II. 2. 2. Dynamique de l'occupation du sol 11
II. 2. 3. Collecte des données sur les végétaux de la zone nickélifère de Waga d'importance pour la population locale 11
II. 2. 4. Identification des échantillons 11
II. 3. Analyse et traitement des données 12
II. 3. 1. Analyse des données 12
II. 3. 1. 1. Composition floristique 12
II. 3. 1. 2. Diversité floristique 13
II. 3. 1. 2. 1. Indice de similarité de Sorensen 13

II. 3. 1. 2. 2. Indice de diversité de Shannon-Weaver H' 13
II. 3. 1. 2. 3. Indice de diversité de Simpson.....14
II. 3. 1. 3. Les traits fonctionnels 14
II. 3. 1. 3. 1. Formes biologiques 14
II. 3. 1. 3. 2. Types d'éléments phytogéographiques 15
II. 3. 2. Traitement des données.....17
CHAPITRE III. PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS 18
III. 1. Composition floristique de la zone nickélifère de Waga 18
III. 1. 1. Diversité floristique des espèces en taxons supérieur.....19
III. 1. 2. Similarité floristique des sous-collines 19
III. 1. 3. Etude des traits biologiques des espèces récoltées 22
III. 1. 3. 1. Formes biologiques.....22
III. 1. 3. 2. Types d'éléments phytogéographiques.....22
III. 1. 4. Richesse spécifique et effort d'échantillonnage 23
III. 2. Importance socio-économique des végétaux pour la population locale de la zone nickélifère de Waga 24
III. 2. 1. Usages thérapeutiques des plantesmédicinales de la zone nickélifère de Waga 25
III. 2. 2. Organes utilisées.....29
III. 2. 3. Plantes fourragères récoltées dans la zone nickélifère de Waga.....30
III. 2. 4. Liste de quelques espèces indigènes comestibles inventoriées dans la zone nickélifère de Waga 30
III. 2. 5. Usages énergétiques.....32
III. 2. 6. Espèces envahissantes.....32
III. 3. Occupation du sol de la zone nickélifère de Waga pour les années 1989 à 2019.....32
CHAPITRE IV. DISCUSSIONS 39
IV.1. Composition floristique de la zone nickélifère de Waga.....39
IV. 2. Importance socio-économique des végétaux pour la population locale de la zone nickélifère de Waga 40
IV. 2. 1. Usage matériel 41
IV. 2. 2. Usages thérapeutiques des plantes médicinales de la zone nickélifère de Waga 41
IV.2.2.1. Organes utilisées.....42
IV. 2. 3. Plantes fourragères récoltées dans la zone nickélifère de Waga 42
IV. 2. 4. Les espèces indigènes comestibles inventoriées.....42
IV. 2. 5. Usages énergétiques.....42

IV. 2. 6. Espèces envahisantes 43
IV. 3. Occupation du sol de la zone nickélifère de Waga pour les années 1989 à 2019 43
CONCLUSION GENERALE ET SUGGESTIONS 44
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 47
ANNEXES 60

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

APG III: Angiosperms Phylogeny Group (Classification Phylogénétiquedes Angiospermes)

BMM:	Burundi Mining Metallurgy (Métallurgie Minière du Burundi)
FAO:	Food and Agriculture Organisation (Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture)
FCBN :	Fédération Campus Basse-Normandie
GPS:	Global Positioning System (Systèmede géolocalisation)
INECN:	Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature
IUCN:	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
km^2:	Kilomètre carré
LCCS:	Land Cover Classification System (Système de Classification de la couverture terrestre)
m:	mètre
MEA:	Millennium Ecosystem Assessment (Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire)
MEAE:	Ministère de l'Environnement, de l'Agriculture et de l'Elevage
MEEATU:	Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme
mm /an:	millimètre par an
MVSP:	Multi Variate Statistical Package
OBPE:	Office Burundais pour la Protection de l'Environnement
OCDE:	Organisation de coopération et de développement économiques
ONB:	Observatoire national de la Biodiversité
PCA:	Principal Component Analysis (Analyse en composante Principale)
PCDC :	Plan Communal de Développement Communautaire
PNUE:	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
TM:	Thematic Mapper
USGS:	United State Geological Survey (L'Institut d'Etudes Géologiques des Etats -Unis
UPGMA:	Unweighted Pair-Group Mean Average
WWF:	World Wide Fund for nature (Fond Mondial pour la Nature)
ZNW:	zone nickélifère de Waga

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Coefficients d'abondance-dominance et les recouvrements moyens correspondants (J. Braun-Branquet, 1932) 12

Tableau 2: Répartition d'espèces floristiques de la zone nickélifère de Waga en taxons supérieurs 19

Tableau 3 : matrice de Similarité de Sorrensen. 20

Tableau 4: Différents indices de diversité 21

Tableau 5: Représentativivé en pourcentage des formes biologiques des espèces des sites nickélifères de Waga 22

Tableau 6: Distribution géographique des espèces récoltées dans la zone nickélifère de Waga 22

Tableau 7: Catégories de maladies traitées par les plantes indigènes de la zone nickélifère de Waga, les parties utilisées, le mode de préparation ainsi que le mode d'administration 26

Tableau 8: Liste des espèces indigènes comestibles inventoriées dans la zone nickélifère de Waga 31

Tableau 9: organes de la plante les plus utilisés comme combustible 32

Tableau 10: Espèces envahissantes 32

Tableau 11: Evolution de l'occupation du sol de 1989 à 2019 37

Tableau 12: Matrices de confusion et coefficient de Kappa de l'année 1989 à 2019 38

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de localisation de la zone de la zone nickélifère deWaga 9

Figure 2 : Principales familles en fonction de leur richesse en espèces 18

Figure 3: Affinités hiérarchiques ascendantes de la flore des sous-collines en fonction de leur composition en espèces..... 19

Figure 4: Degré de corrélation des espèces de la zone nickélifère de Waga ; comparaison des sous collines..... 20

Figure 5: Richesse des familles, espèces et genres suivant les Sous-collines de la Zone Nickélifère de Waga 21

Figure 6: Comparaison des courbes d'accumulation de la richesse spécifique en fonction des quadrats tracés dans les huit transects échantillonnés..... 23

Figure 7: Catégorisation des usages d'espèces végétales d'importance pour la population locale de la zone nickélifère de Waga selon leur fréquence de citations..... 24

Figure 8: Répartition des différentes utilisations des plantes de la ZNW..... 25

Figure 9: Les différentes parties de la plante utilisées en médecine traditionnelle 29

Figure 10: Plantes fourragères les plus représentées de la zone nickélifère de Waga..... 30

Figure 11: Importance relative des organes comestibles inventoriés dans la zone nickélifère de Waga 31

Figure 12: Carte d'occupation du sol 1989 34

Figure 13: carte d'occupation du sol 2009 35

Figure 14: Cartes d'occupation du sol du site nickélifère de Waga en 2019..... 36

Figure 15: Evolution de l'occupation du sol entre 1989 à 2019 37

AVANT-PROPOS

Cette étude a été réalisée dans le cadre des travaux de fins d'études de Master en Biologie des Organismes et Ecologie, spécialité de Gestion des Paysages et Ecosystèmes Terrestres. Elle porte sur l'analyse de la flore de zone nickélifèrede Waga en commune Nyarusange de la Province Gitega ainsi que sur son importance pour la population locale. L'idée de ce travail est venue du fait que, au Burundi, les écosystèmes des sites miniers sont mal connus. Certaines ressources biologiques sont de grandes importances pour la population locale mais sont utilisées de manières irrationnelles. La récolte des données floristiques et l'enquête qui ont permis la réalisation du présent travail ont débuté au mois de janvier 2023.

Les données de l'enquête nous ont révélés l'importance des végétaux de la zone nickélifère de Waga pour la population locale et l'évolution de l'occupation du sol. Enfin les données collectées ont été traitées et analysées, la synthèse des informations recueillies a permis la rédaction de ce travail de mémoire.

La méthode de comparaison diachronique de classification des scènes acquises par Landsat à des dates différentes a été utilisée pour détecter les changements d'occupation des sols.

0. INTRODUCTION GENERALE

La flore des sites métallifères présente un modèle d'étude original et intéressant en biologie de la conservation, une spécialisation écologique, une fréquence de rareté et un risque d'extinction élevés (Faucon, 2009 ; Whittaker *et al*. 1954 ; Proctor &Woodell 1975). Cette extinction est due aux teneurs très élevées en certains métaux, comme le nickel (Ni) et le fer (Trescases1975).

La teneur en métaux (Ni, Cr, Co, Fer, Mn) de ces sols peut être extrêmement élevée avec des propriétés édaphiques particulières (Latham *et al*. 1978 ; (Brooks, 1987).

De manière très caractéristique, on remarque que les divers types d'habitats métallifères présentent une végétation hautement spécifique présentant des traits particuliers car la toxicité des métaux en ces lieux opère une sélection très poussée (Faucon, 2009 ; Jaffré, 1980).

De nombreux travaux scientifiques ont abordé la question de la richesse et de la composition floristique des écosystèmes naturels et ont signalé les activités anthropiques comme les principales causes de la déforestation. Les changements d'usage du sol sont donc fortement dus aux activités humaines (Djohy *et al.,* 2016). Ces dernières ont des répercussions directes sur l'occupation du sol, sur la configuration du paysage et sur la diversité biologique. Elles entrainent un changement des unités d'occupation du sol selon l'intensité et/ ou la durée des facteurs de pression. Cette dynamique sera irréversible et une grande partie des espèces végétales surtout ligneuses disparaîtra si elle continue avec la même empleur (Tenté, 2005).

Si le développement des cultures industrielles et vivrières est l'une des causes responsables de la disparition du couvert végétal, l'exploitation minière (or, manganèse et nickel) n'en demeure pas moins un facteur avancé de dégradation de la flore (N'Guessan, 2010; Vroh et *al*. 2014). L'industrie minière, et plus spécifiquement l'extraction des minerais métallifères, dégrade les sites d'extraction par la modification profonde des fonctionnalités du sol et du sous-sol, par le transfert de solides dans les bassins versants, par l'altération des flux hydriques et de la qualité des eaux à l'échelle des bassins versants ainsi que par la modification, voire la suppression de la biodiversité (Jaffré *et al.* 1994). Ces plantes hyperaccumulatrices de métaux ont développé des mécanismes spécifiques de prélèvement de la fraction disponible des métaux du sol, conduisant à leur accumulation dans les parties aériennes jouant ainsi le rôle de décontamination du milieu. Elles peuvent s'installer et se développer sur des milieux à fortes teneurs en éléments métalliques (sols ultramafiques ou sols pollués), généralement toxiques pour les autres espèces végétales.

Dans le monde, il reste peu d'endroits où les espèces ne sont pas affectées par l'activité humaine (PNUE, 2013). Les écosystèmes en Afrique connaissent un changement rapide en raison de l'impact combiné de pressions mondiales et locales (BAD et WWF, 2012) occasionné par un grand nombre de biens et services offerts par les écosystèmes qui contribuent au bien être humain (OBPE, 2018). L'homme utilise toujours les plantes comme remèdes aux différentes maladies (Mpondo *et al*, 2012), pour se servir d'alimentation (Benlamdini *et al*, 2014), de l'énergie, d'habillement et de la construction des maisons (Mpondo *et al*., 2012).

Il est primordial que les projets de conservation et de restauration y relatives tiennent compte de la biodiversité indigène existante avant la mine afin de relever les défis actuels et futurs (Beatty *et al*. 2018. Vanessa, 2018).

Au Burundi, la zone nickélifère de Waga en commune Nyarusange est l'un des écosystèmes qui abritent beaucoup de biodiversité. L'analyse et la connaissance de la situation de la biodiversité végétale existante sur les sites avant leur dégradation ou leur disparition serviront parmi les stratégies les plus appropriées pour la protection et la restauration efficace de la végétation des zones affectées par le projet d'extraction minière (Beatty *et al.*, 2018).

La connaissance de la biodiversité des zones nickélifères du Burundi constituerait une base de référence pour le suivi de la dynamique écologique en lien avec l'exploitation de leur réserve minière (Pressey *et al.*, 2007) et les informations issues de l'analyse de l'occupation du sol sont toujours utiles dans l'identification des stratégies appropriées pour mieux gérer l'état de l'utilisation des terres. Il est nécessaire de disposer d'un maximum d'informations sur l'état de leur biodiversité pour pouvoir orienter la conservation de ces écosystèmes (Masharabu, 2011). Ainsi, étant donné que très peu de recherches se sont intéressées à la connaissance de la biodiversité des zones nickélifères au Burundi, il est d'une grande nécessité de connaître sa situation actuelle et de l'évolution des facteurs ayant conduit à son état actuel en vue d'une meilleure planification de sa gestion durable.

C'est dans cette logique que s'inscrit le présent travail ayant comme objectif global de contribuer à la connaissance de la biodiversité végétale de la zone nickélifère de Waga en vue de disposer d'une base de données de référence pour une restauration évententuelle en cas de dégradation sous divers facteurs dont l'exploitation du nickel.

Spécifiquement, il s'agit de :

- ✓ Identifier les espèces végétales de la zone nickélifère de Waga en commune de Nyarusange.

- ✓ Identifier les espèces végétales d'importance socio-éconmique pour le bien être de la population locale.
- ✓ Evaluer la dyamique spactio-temporaire de l'occupation de sol du site nickélifère de Waga pendant la période de 1989 à 2019.

Ces objectifs concourent à vérifier les hypothèses suivantes :

- ➢ La diversité floristique de la zone nickélifère de Waga est homogène sur toute l'étendue de la zone d'étude.
- ➢ La zone nickélifère de Waga est constituée par une grande diversité floristique non encore identifiée.
- ➢ La biodiversité végétale de la zone nickelifère de waga est fortement affectée par diverses menaces anthropiques.

CHAPITRE I. REVUE DE LA LITTERATURE

Ce chapitre est consacré à la revue bibliographique en rapport avec la biodiversité et la dynamique du nickel et d'autres éléments en traces métalliques (Co, Cr, Cu et Mn) dans des matériaux miniers ultramafiques. Il traite les concepts et définitions, l'importance de la diversité biologique, les causes et les conséquences de la dégradation des écosystèmes ainsi que la notion de restauration des écosystèmes perturbés par différentes activités tant naturelles qu'anthropiques.

Les termes de théorie, concept, processus, mécanisme, hypothèse qui sont à la base de la recherche sont explicités dans cette partie en vue d'un raisonnement explicatif et interprétatif convenables (Bouzillé, 2007) afin d'utiliser un langage approprié sur le plan de la démarche scientifique.

I. 1. Importance de la biodiversité

La biodiversité désigne la diversité du vivant au niveau génétique, des espèces et des écosystèmes (FAO, 2019 ; Diaz *et al.*, 2019). La biodiversité est essentielle à la sécurité alimentaire, à la santé humaine, à la qualité de l'air et de l'eau, et elle contribue directement à garantir les moyens de subsistance et au développement économique au niveau local (UICN, 2015). Les plantes sont universellement reconnues comme un élément vital de la biodiversité et la durabilité mondiale (Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, 2009).

Les écosystèmes offrent des services essentiels d'approvisionnement (en nourriture, bois de feu et ressources génétiques, entre autres) ; des services de régulation (régulation climatique, cycle des nutriments et enrichissement des sols, la régulation et la purification de l'eau, et la pollinisation); des services culturels (spirituels, religieux, récréatifs, éducatifs et contribuant à un sentiment d'appartenance) ; et peut fournir l'habitat nécessaire aux espèces menacées, etc (MEA, 2005 ; MEEATU, 2014 ; UICN France, 2018 ; Babin *et al*., 2019).

Les écosystèmes du Burundi ont une grande richesse due à leur situation phytogéographique et à la diversité des conditions écologiques régnant sur le territoire du pays (MEEATU, 2014b). Ces écosystèmes fournissent de nombreuses ressources qui sont à la base du fonctionnement des économies humaines comme la production alimentaire, de matériaux et de combustibles (UICN, 2015 ; ONB, 2019).

Grâce à leur photosynthèse, les végétaux sont les principaux responsables de la production primaire, premier chaînon de toutes les chaînes alimentaires (MEEATU, 2013a). Les espèces

végétales assurent l'alimentation de certaines espèces animales et constituent des espèces clés (Diop, 2010 ; Mpondo *et al*., 2012 ; Daley-Hassen, 2017).

Les végétaux assurent donc la perpétuation d'une grande diversité d'espèces biologiques, la régulation hydrologique et climatologique, les puits de gaz à effet de serre, les filtres contre l'érosion et la pollution (MEEATU, 2013b ; UICN, 2015).

Au niveau socio-économique, les végétaux indigènes sauvages jouent un rôle prépondérant dans l'alimentation de la population, dans la médicine traditionnelle, dans les usages artisanaux, dans la fabrication des maisons et des étables, dans l'usage énergétique des ménages et ils sont les sources de revenus indéniables pour plusieurs ménages (MEEATU, 2012 ; MEEATU, 2013a ; Benlamdini *et al*., 2014). L'importance des espèces clés s'apprécient non pas par l'importance des effectifs de leur population mais par l'action qu'elles exercent pour le maintien d'une communauté donnée (OMVG, 2010). Selon cet auteur, la disparition des espèces clés entraine des changements majeurs dans le fonctionnement même de l'écosystème. Les ressources naturelles sont donc essentielles au bien-être humain (Bansard, Jennifer, Schröder, 2021 ; Benlamdini *et al*., 2014). Cependant, face à l'accroissement démographique, l'exploitation des ressources, la quête permanente de terres cultivables, on assiste à une destruction voire une disparition de cette végétation au fil des temps (Mirabel, 2018).

En vue de remédier à ce phénomène, au Sommet de la Terre à Rio en 1992, l'accent a été mis sur le renforcement de la protection, de la gestion durable et de la conservation qui rendent de nombreux services écosystémiques (Flores, 2005).

I. 2. Causes et conséquences de la dégradation des écosystèmes

Les causes de la dégradation des écosystèmes sont nombreuses et variées surtout d'origine anthropique (FCBN, 2015). Il s'agit notamment le défrichement pour l'agriculture, de la surexploitation des ressources forestières, de la pollution et l'exploitation des mines et carrières. Les trois grandes causes actuelles de perturbation des écosystèmes et d'érosion de la biodiversité sont toutes principalement d'origine anthropique (Alexandra, 2007) : la réduction et / ou la dégradation des habitats, la prédation en excès d'espèces et les invasions d'espèces exotiques (ONB, 2019 ; FAO, 2019). Conséquemment, la surexploitation des ressources naturelles compromet la disponibilité et la répartition équitable des ressources et de leurs avantages connexes pour la santé des écosystèmes, pour les moyens de subsistance et pour le bien-être des populations (Bansard, Jennifer, Schröder, 2021). La perte de la biodiversité menace la santé des écosystèmes ainsi que la vie et les moyens d'existence des populations

qui en dépendent. La gestion des écosystèmes n'est pas bien appliquée, ce qui réduit les bénéfices potentiels pour la société (UICN, 2015).

Au Burundi, la biodiversité est marquée par une dégradation continue (MEEATU, 2014a). En milieu forestier, quatre menaces importantes sont à l'origine de la perte de la biodiversité (Nzigidahera & Habonimana, 2015) : la déforestation et l'épuisement des ressources biologiques, la pollution, la prolifération des espèces exotiques, les changements climatiques. Si les écosystèmes naturels ne sont pas préservés, les biens et services qu'ils fournissent seront de plus en plus rares et recherchés.

I. 3. Notion de la restauration des écosystèmes

La restauration des écosystèmes est le processus à long terme qui permet de regagner la fonctionnalité écologique et d'améliorer le bien-être humain au sein des paysages naturels déboisés ou dégradés et qui demeure une initiative clé pour le maintien ou la restauration de la biodiversité (Beatty *et al.,* 2018 ; Bucumi, 2022). La restauration des sites dégradés ou floristiquement appauvris se doit également être effectuée en respectant au mieux l'état originel des sites concernés en termes de richesse spécifique et de diversité génétique (L'Huillier *et al*., 2010). La restauration est donc une démarche en plusieurs étapes (i) analyse de l'état de départ avant perturbation, (ii) caractéristiques de l'état final (ou actuel) et (iii) définition du système de référence (Bangirinama *et al*., 2012). L'Homme doit à tout temps entreprendre de restaurer les écosystèmes qu'il a lui-même contribué à dégrader (Burylo, 2010). Restaurer les écosystèmes, quelle que soit leur taille, permet de protéger et d'améliorer les moyens de subsistance des personnes qui en dépendent (FAO, 2020). La restauration des paysages déboisés et dégradés peut arrêter et inverser le phénomène d'extinction des espèces de plusieurs façons (Beatty *et al*., 2018). Selon FAO, 2019, le processus de restauration exige l'utilisation durable et la conservation de la biodiversité par des approches de la gestion intégrée des ressources génétiques, des espèces et des écosystèmes pour favoriser les systèmes de production adéquat et protéger ce qui nous entoure. Il est primordial d'établir des bases de référence en s'appuyant sur l'analyse de l'évolution des populations d'espèces ou sur l'étendue des habitats et des écosystèmes de qualité pour éviter que ceux-ci soient affectés par le changement climatique (Beatty *et al*., 2018). La restauration des écosystèmes inclut un grand ensemble d'activités contribuant à la protection des écosystèmes intacts et au rétablissement de ceux qui sont dégradés (FAO, 2020). Il est donc urgent de favoriser l'utilisation durable et la conservation de la biodiversité ou de renforcer ceux qui existent (FAO, 2019) pour entamer les processus de restauration des écosystèmes. Le processus

naturel de recolonisation des espaces dégradés est excessivement lent et peut même être inexistant (Sarrailh, 2002), d'où il est primordial de ne pas détruire l'environnement.

I. 4. Dynamique de la végétation en fonction de la présence du nickel et d'autres éléments en traces métalliques (Co, Cr, Cu et Mn) dans les sols

L'utilisation des ressources minérales fut et reste capitale dans l'essor économique des civilisations ce qui se traduit à l'échelle de la planète par une demande de métaux en croissance constante, qui s'accélère encore avec le développement des pays.

L'extraction des minerais métallifères, dégrade les sites d'extraction par la modification profonde des fonctionnalités du sol et du sous-sol, par le transfert de solides dans les bassins versants, par l'altération des flux hydriques et de la qualité des eaux à l'échelle des bassins versants, ainsi que par la modification, voire la suppression de la biodiversité (Jaffré *et al.* 1994). En effet, bien que les surfaces affectées par l'activité minière soient faibles comparativement à celles concernées par l'agriculture, l'industrie du bois, des transports ou d'autres changements dans l'utilisation de la terre, les impacts hors site de l'exploitation minière peuvent être très vastes en raison de l'érosion et du ruisselement aboutissant à la détérioration de la qualité de l'eau des rivières, des lacs et autres réservoirs environnants.

I. 4. 1. Effets des éléments traces métalliques (métaux lourds) sur les végétaux

La capacité des plantes à puiser des nutriments spécialement le calcium dans le sol est bloquée par la forte concentration en magnésium du sol qui rentre en compétition avec la quantité minime du calcium du sol. En outre, d'importants nutriments comme le potassium, le phosphore et l'azote sont retrouvés en très faible quantité. Enfin, la richesse en métaux lourds toxiques (nickel, chrome, cobalt…) constitue un autre facteur de spéciation au sein de la végétation (Gaste *et al,* 2005).

I. 4. 2. Le Nickel dans les plantes hyperaccumulatrices et adaptation des plantes aux éléments traces métalliques

Certaines espèces de plantes sont capables d'accumuler de fortes quantités de métal dans leurs parties aériennes, souvent supérieures à celles contenues dans le sol, et généralement 100 fois supérieures aux concentrations habituellement mesurées chez les espèces non accumulatrices (Brooks, 1998 a). Le terme d'«hyperaccumulateur» a été introduit à la fin des années 1970 pour décrire les plantes qui contiennent des concentrations en Nickel supérieures à 1000 μg g-1 de matière sèche (MS) (Jaffré *et al.,* 1976 : Brooks *et al.,* 1977).

Les plantes de milieux ultramafiques ont développé des mécanismes de résistance aux stress hydrique et métallique. Les plantes hyperaccumulatrices de Ni sont un exemple de l'adaptation des végétaux aux milieux à forte disponibilité en Ni (teneurs généralement toxiques pour de nombreuses espèces). Ces espèces se développent naturellement sur les sols ultramafiques, et leur distribution géographique est généralement limitée à ces zones. Aussi, la distribution de ces espèces semble fortement liée à la teneur en Ni phytodisponible (Gaste *et al,* 2005).

En 1885, Bauman découvre en Allemagne les espèces *Viola calaminaria* et *Thlaspi calaminaire* qui contiennent dans leurs tissus plus de 1 % MS de zinc. Et c'est en 1948, dans le nord de l'Italie, que Vergano et Minguzzi découvre que l'espèce *Alyssum bertolonii*, décrite par Desvaux en 1814, est capable d'accumuler dans ses tissus de fortes quantités de Nickel. En effet, ils ont constaté que cette plante contenait dans ses feuilles 0,79 % MS de Nickel alors que le sol sur lequel elle se développait n'en contenait que 0,42 % (Brooks, 1998 a). A ce jour, plus de 320 espèces hyperaccumulatrices de Nickel ont été recensées dont voila quelques exemples *Sebertiaacuminata, Alyssum murale, Viola calaminaria, Thlaspi calaminaire, Cladonia portentosa, Hedwigia ciliata, Armeria arenaria, Estuca lemanii* (Reeves, 2003). Les deux tiers de ces espèces se développent sous climat tropical et sont représentés notamment par la famille *Euphorbiaceae* (Brooks, 1998 b ; Reeves, 2003).

En Europe, les genres les plus représentés sont *Alyssum* et *Thlaspi*, tous deux appartenant à la famille *Brassicaceae* (Brooks, 1989 ; Brooks, 1998 b).

La distribution géographique des espèces hyperaccumulatrices est quasi-exclusivement limitée à des sites spécifiques, caractérisés par une teneur particulièrement élevée en métaux. Leur présence est donc une bonne indication de la minéralogie du sol sur lequel elles se développent. C'est pourquoi ces plantes ont longtemps été utilisées dans le but de découvrir de nouveaux sites d'exploitation minière (Brooks, 1983). Les préoccupations environnementales ont conduit à s'interroger sur une éventuelle utilisation de ces plantes en tant qu'outils de décontamination des sols (Brooks, 1989 ; Salt *et al.*, 1995).

La phytoextraction est un procédé biologique qui consiste à cultiver des espèces hyper accumulatrices de métaux sur des zones polluées par ces derniers, afin de les extraire du sol et ainsi de limiter le risque de leur dispersion dans l'environnement. La matière végétale serait ensuite récoltée puis incinérée, ou encore co-incinérée avec d'autres déchets (Keller *et al.*, 2005). Le site nickélifère de Waga a une richesse minière estimée en quantité à 35 millions de tonne. Il occupe la troisième position des minerais riches en Nickel au Burundi après Musongati-Rutana (180 millions de tonne) et Nyabikere-Karusi (46millions de tonne)

(Midende, 2009). Qualitativement le site nickélifère de Waga a une richesse minière estimée 1,38% de teneur en Nickel et vient après Musongati-Rutana qui a une teneur en Nickel de 1,62% Nickelet Nyabikere-Karusi 1, 45% Nickel

CHAPITRE II. MATERIELS ET METHODES

II. 1. Description de la zone d'étude

La zone d'étude se situe en commune Nyarusange qui a une superficie de 96,36 km². C'est l'une des 11 communes de la province Gitega (Mininter, 2013). Limitée au nord par la commune Gitega, au Sud par la commune Ryansoro, à l'Est par les communes Makebuko et Gishubi, tandis qu'à l'Ouest elle fait frontière avec les communes Bisoro et Kayokwe de la province Mwaro. La commune Nyarusange s'étend sur 2 régions naturelles. Sa grande partie est située dans la région du Bututsi. Elle est dominée par un climat tropical tempéré, caractéristique de la région naturelle du Kirimiro (Mininter, 2013). Cette zone d'étude est caractérisée par une savane et se localise entre 3°31'4,73" et 3°35'45,40" de latitudes Sud et 29°48'53,21" et 29°51'29,74" de longitudes Est, domaine zambézien (troupin 1966).

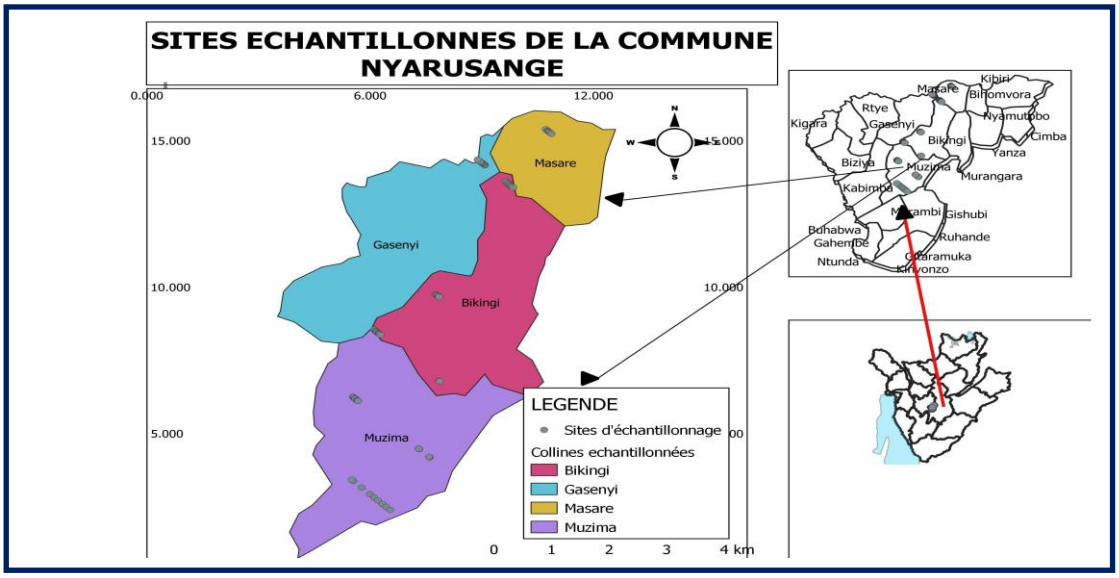


Figure 1: Carte de localisation de la zone de la zone nickélifère deWaga

D'après les données fournies par IGEBU en février 2024 sur la pluviométrie, ces données montrent une grande variabilité interannuelle avec des écarts importants par rapport à la moyenne interannuelle, ce qui traduit la fréquence des années à déficit pluviométrique avec une saison sèche prolongée et des années à excédent pluviométrique marquées par des pluies abondantes et agressives.

Selon les données fournies par les services d'état civil, la commune compte actuellement 61218 personnes.

L'économie de la commune Nyarusange où se localise notre zone d'étude, comme d'ailleurs pour pas mal de communes du pays repose essentiellement sur une agriculture de subsistance, caractérisée par une très forte population agricole, un émiettement des exploitations où la population cultive sur de petits lopins de terre très étroits (moyenne inférieure à 0,5ha) suite à la forte pression démographique caractéristique de la commune et une très faible productivité. Notre zone d'étude s'étend sur quatre collines dont la colline Masare, Gasenyi, Bikingi et Muzima et sur huit sous-collines dont Mudogo, Muyange, Jaga, Ruhororo, Kabunduguru, Nyabikenke, Nkondo et Gasenyi.

II. 2. Collecte des données

II. 2. 1. Inventaire floristique

La méthode de relevé de Braun-Blanquet par des transects combinée à la méthode d'inventaire de parcours pour récolter toutes les espèces non rencontrées dans les quadrats a servi à l'obtention des données qualitatives. Les relevés par des transects subdivisés en quadrats ont été réalisés. Le relevé par des transects est une méthode par laquelle la collecte des informations sert à recenser le maximum d'espèces (Diop, 2010) et permet de décrire la zonation de la végétation.

Le relevé consiste à noter la liste floristique aussi complète que possible (Delassus, 2015). Les informations collectées pour chaque individu inventorié étaient : le nom de l'espèce, le pourcentage de recouvrement selon Braun-Blanquet.

Huit transects de longueurs variables débutant de l'amont vers l'aval ont été établi. Chaque transect a été subdivisé en placettes de 200 m^2 (20m x 10m). Le matériel utilisé était constitué de carnet pour noter les relevés, sécateur, les papiers journaux pour l'herbier, les téléphones pour la prise des photos, un GPS (Global Positioning System) et un registre. Un total de 80 quadrats a ainsi été réalisé dans l'ensemble des transects tracés.

II. 2. 2. Dynamique de l'occupation du sol

Les données utilisées pour l'étude de la dynamique de l'occupation du sol sont essentiellement des images satellitaires Landsat ETM + (Thematic Mapper) de 30 m de résolution. Ces images ont été téléchargées gratuitement sur le site earthexplorer.usgs.gov dans la base des données de United State Geological Survey (USGS). Les images choisies ont été prises par le satellite pendant la saison sèche permettant d'avoir des images nettes du fait de la faible nébulosité (Oszwald *et al*, 2011). Les shapefiles des limites administratives du Burundi jusqu'au niveau des sous-collines ont été utilisés pour circonscrire notre zone d'étude.

II. 2. 3. Collecte des données sur les végétaux de la zone nickélifère de Waga d'importance pour la population locale

L'enquête concernait l'importance des plantes rencontrées pour la population locale de la Zone Nickélifère de Waga. L'enquête a été menée sur quatre collines de la zone nickélifère de Waga dont Muzima, Bikingi, Masare et Gasenyi en se servant d'un questionnaire préalablement conçu. Ces données mettent en évidence l'importance des plantes recensées vis-à-vis de la population locale. Ont été précisées les parties utilisées, les usages, les maladies traitées, le mode de préparation, le mode d'administration en cas d'usage médicinal. La population d'enquête était consituée par des personnes choisies en cours de route ou trouvées sur le lieu d'installation des transects et ces personnes étaient constituées presque exclusivement des agriculteurs. Cinquante personnes dont 25 hommes et 25 femmes ayant l'âge variant de 26 à 86 ans ont été enquêtées.

II. 2. 4. Identification des échantillons

L'identification des échantillons a été faite en consultant les recherches bibliographiques en rapport avec les études d'analyses floristiques déjà réalisées, des échantillons de référence conservés dans l'herbarium de l'Université du Burundi. Différentes flores locales et régionales telles que les quatre volumes de la Flore du Rwanda (Troupin, 1988), le document plant index et les travaux effectués sur le Parc National de la Ruvubu au Burundi ont aussi servi à l'identification des espèces récoltées dans la zone nickélifère de Waga. Le nom du genre suivi de sp a été noté dans le cas ultime de l'impossibilité de donner un nom de l'espèce. Les noms scientifiques des espèces ont été vérifiés à l'aide de la base des données des plantes à fleurs d'Afrique tropicale (Troupin & Stork, 1991-2015) disponible en ligne sur

https://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/ ainsi que le site de « International plant data base » disponible en ligne sur https://www.theplantlist.org/.

II. 3. Analyse et traitement des données

II. 3. 1. Analyse des données

II. 3. 1. 1. Composition floristique

Une liste des familles, des genres et des espèces inventoriées le long des huit transects a été dressée et analysée pour évaluer la richesse spécifique de la zone d'étude et la comparaison des espèces observées le long des transects. Le nombre de familles, de genres et d'espèces ont été évalués dans chaque transect. Le calcul du spectre brut pour les différentes variables considérées dans ce travail répond à ce critère d'analyse. Le spectre brut correspond donc au pourcentage de chaque catégorie de la variable pris en compte dans l'ensemble de l'échantillon. Il est calculé ainsi **: *SBi = (Fi x100) / N*** où ***SBi*** est le spectre brut d'une forme biologique, **Fi** est le nombre de fois que les espèces d'une forme biologique donnée sont identifiées dans l'ensemble des relevés. ***N*** est quant à lui le nombre de fréquences des espèces inventoriées.

Les estimations des Coefficients d'abondance-dominance de l'échelle de Braun-Blanquet sont transformées en pourcentages (tableau 1)

Tableau 1:Coefficients d'abondance-dominance et les recouvrements moyens correspondants (J. Braun-Branquet, 1932)

Coefficient	Recouvrement de la surface du relevé par l'espèce	Recouvrement moyen
5	75-100	87,5%
4	50-75	62,5%
3	25-50	37,5%
2	5-25	15%
1	1-5	3%
+	< 1	1%

II. 3. 1. 2. Diversité floristique

La diversité floristique a été évaluée en fonction du nombre d'espèces présentes et de leur abondance relative. Elle renseigne sur l'hétérogénéité biologique d'une communauté. Ainsi, une communauté diversifiée possède un grand nombre d'espèces ou de familles.

Pour comparer la diversité floristique, trois indices de diversité et un indice de similarité de Sorensen ont été calculés. Il s'agit des indices de Shannon (*H'*), de Simpson (D) et un indice de Sorensen (S).

II. 3. 1. 2. 1. Indice de similarité de Sorensen

Le coefficient de similitude de Sorensen a été appliqué pour comparer deux sites de parcelles floristiques afin de déterminer le degré de ressemblance ou dissemblance (Capo-Chichi *et al*., 2018). Cet indice a permis d'évaluer la diversité des paires d'échantillons ou de mesurer le changement entre deux sites le long d'un gradient dans la même région géographique lors que la distribution des espèces présente des variations progressives dans la direction donnée.

Il est calculé autrement comme suit : $Cs = 2j / (a+b)$, avec *Cs*= indice de similarité de Sorensen, a = nombre d'espèces présentes dans le milieu A ; b = nombre d'espèces présentes dans le milieu B ; j = nombre d'espèces communes aux 2 milieux. Cet indice varie de 0 (absence de similarité) à 1 (milieux identiques) (Capo-Chichi *et al*., 2018).

Le degré d'affinités entre les sous-collines échantillonnées est aussi calculé.

II. 3. 1. 2. 2. Indice de diversité de Shannon-Weaver H'

Il est utilisé pour apprécier l'hétérogénéité (Ouattara *et al*., 2019) et la diversité d'un biotope (Kouamé *et al*., 2008 ; Vroh *et al*., 2010).

L'indice de Shannon tient compte à la fois du nombre et de l'abondance des espèces.

Les valeurs inférieures à 2,0 désignent les zones de faible diversité (généralement à la suite d'effets anthropiques) et les valeurs supérieures ou égales à 5,0 sont considérées comme indicateurs de haute biodiversité (Masharabu, Bigendako, *et al.,* 2010).

L'indice de diversité de Shannon-Weaver (Shannon & Weaver, 1949), donnée par la formule : $H' = -\Sigma\, pi\, ln\, pi$, avec $pi = ni / N$, où : *ni* = Nombre d'individus représentant l'espèce de rang i; *N* = Nombre total d'individus (Havyarimana, 2009).

II. 3. 1. 2. 3. Indice de diversité de Simpson

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus sont sélectionnés au hasard et appartenant à la même espèce (Capo-Chichi *et al*., 2018). Elle est calculée comme suit : D= 1-$\Sigma pi2$, où D indique l'indice de diversité de Simpson : pi la proportion de l'ième espèce dans l'échantillon.Cet indice aura une valeur de 0 pour indiquer le minimum de diversité et une valeur de 1 indique le maximum de diversité (Marcon, 2018).

II. 3. 1. 3. Les traits fonctionnels

Les plantes peuvent être représentées sur une base quantitative de traits fonctionnelspermettant de les évaluer, de les comparer le long des différents biomes (Adiko *et al*. 2020). Une formation végétale présente une structure qui lui donne sa physionomie particulière (Diop, 2010). Les traits fonctionnels pris en considération dans ce travail sont ceux liés à la persistance (formes biologiques) et à la distribution géographique (types d'éléments phytogéographiques) des espèces. Les formes biologiques et les types d'éléments phytogéographiques ont été analysés par l'outil Excel. Pour caractériser les espèces, les traits morphologiques, les traits d'histoire de vie et les traits de régénération sont couramment utilisés (Brakchi-Ouakour *et al*. 2015 ; Mekideche *et al*. 2018). Les conditions abiotiques et biotiques du milieu (quantité d'eau disponible, nature et fertilité du sol, l'abondance des plantes, la lumière disponible, etc.), permettent un groupement des espèces selon leur tolérance aux conditions du milieu. L'analyse de différentes catégories d'espèces a permis ainsi une analyse indirecte des traits de préférence et d'adaptation des végétaux aux conditions écologiques. Nous soulignons que certaines espèces n'ont pas pu avoir leur statut de formes biologiques et d'éléments phytogéographiques pour des raisons diverses ci-après : l'état végétatif de certaines plantes au moment de la récolte, ne permettait pas une précision sur l' aspect forme biologique et lors de la détermination n'a pas été complète pour elles et pour d'autres, il n'a pas été facile de trouver les références car l'étude de la végétation des sites minières intéressent moins les chercheurs du monde en général et du Burundi en particulier.

II. 3. 1. 3. 1. Formes biologiques

La forme biologique d'une espèce est l'ensemble des dispositions anatomiques et morphologiques qui caractérisent son appareil végétatif et singularisent son habitus et sa physionomie (Lebrun, 1947 in Mosango, 1990). Dajoz (2006) ajoute qu'il s'agit des

caractéristiques morphologiques grâce auxquelles les végétaux sont adaptés au milieu dans lequel ils vivent.

Le système de Raunkiaer a permis de déterminer les formes biologiques liées à l'état phénologique de l'espèce rencontrée pour cette étude. Les types biologiques de nos échantillons ont été déterminés suivant le système de classification de Braun-Blanquet (Braun -Branquet & Pavillard, 1928) et par Troupin (1966). Ce système est basé sur les dispositifs anatomiques et morphologiques qui caractérisent l'appareil végétatif de l'espèce en vue de résister à la mauvaise saison de froid, de sécheresse ou de feu (Boullard, 1993 in Hakizimana *et al*., 2010).

Ces formes biologiques sont les suivants :

- Phanérophytes (Ph) : Plantes dont les bourgeons végétatifs sont situés à plus de 25 cm au-dessus du sol. Ceux-ci sont, de ce fait, exposés tout le temps à de plus fortes intempéries. Ce type renferme généralement les plantes ligneuses érigées, les lianes ligneuses ou herbacées, les arbustes ou arbrisseaux sarmenteux et les herbes.
- Chaméphytes (Ch) : Plantes ayant un appareil végétatif nain avec des bourgeons végétatifs situés à faible distance au-dessus du sol (moins de 25 cm de hauteur). Ces derniers sont, de ce fait, protégés par la végétation environnante et par les débris végétaux.
- Géophytes (G) : Plantes possédant un appareil caulinaire caduc et dont les bourgeons et les jeunes pousses sont enfouis dans le sol ou immergés dans l'eau.
- Thérophytes (Th): Plantes annuelles qui passent la mauvaise saison sous forme de spores, de propagules, de graines, etc.
- Hémicryptophytes (H) : Plantes ayant un appareil végétatif aérien se desséchant pendant la mauvaise saison et dont les bourgeons persistants se forment sur le collet.

II. 3. 1. 3. 2. Types d'éléments phytogéographiques

L'élément phytogéographique signifie les groupes de végétaux offrant des aires de distribution dont l'optimum correspond à un territoire déterminé (Troupin, 1966). La détermination des types phytogéographiques est d'une grande importance en phytosociologie si l'on admet que l'aire de distribution d'une espèce est un caractère de cette espèce au même titre que ses caractères morphologiques et biologiques (Nduwimana *et al*., 2021). Les principaux types d'éléments phytogéographiques retenus dans cette étude sont ceux admis pour l'Afrique par White, 1979 &1983 in Bangirinama *et al*., 2010 et récemment utilisés par Masharabu, 2011.

Ces types sont répartis comme suit :

1° Les espèces à large distribution sur le globe terrestre:

- Pantropicales (Pan): Ce sont des espèces réparties dans toutes les régions tropicales du monde (Asie, Afrique, Afrique) ;
- Paléotropicales (Pal): ce sont des espèces rencontrées en Asie tropicale, en Afrique, à Madagascar et en Australie;
- Les espèces afro-américaines (Afr-Am) : espèces réparties en Afrique et en Amérique ;
- Cosmopolites (Cos) : espèces distribuées dans les régions tropicales et tempérées.

2° Les espèces africaines largement répandues:

- Les espèces afro-malgaches (Afr-Mal): espèces distribuées en Afrique et à Madagascar ;
- Espèces plurirégionales africaines (Plur-Afr): espèces réparties dans plusieurs régions d'Afrique ;
- Les espèces afro-tropicales (Afr-Trop): espèces limitées à l'Afrique tropicale continentale.

3° Les espèces à distribution régionale:

- Les espèces distribuées dans le centre d'endémisme morcelé afro-montagnard (Mo) ;
- Les espèces soudano-zambéziennes (SZ): ce sont des espèces distribuées dans les régions soudano-zambéziennes (espèces soudaniennes, zambéziennes, victoriennes):
  - SZ: espèces soudano-zambéziennes ou omni soudano-zambéziennes ;
  - SZ (O): espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale ;
  - SZ (Z): espèces soudano-zambéziennes à dominance zambézienne ;
  - SZ (OZ): espèces soudano-zambéziennes à dominance orientale et zambézienne ;
  - SZ (EO): espèces soudano-zambéziennes à dominance éthiopienne et orientale
- Les espèces guinéo-congolaises (GC): espèces réparties dans le centre d'endémisme guinéo-congolais.

4° Les espèces de liaison: espèces distribuées dans deux ou trois régions et partageant une limite géographique.

- Les espèces de liaison soudano-zambézienne et guinéenne (LSZ-G): ce sont des espèces rencontrées dans les régions guinéennes, soudaniennes et zambéziennes ;

- Les espèces de liaison soudano-zambézienne et afro-montagnarde (LSZ-Mo): ce sont des espèces rencontrées dans les régions guinéennes, soudaniennes et zambéziennes et dont l'aire de distribution se trouve sur la plupart des montagnes d'Afrique.

II. 3. 2. Traitement des données

Le traitement analytique et d'analyse statistique grâce au traitement informatique par des outils et des logiciels appropriés. Le tableur Excel a été utilisé pour les données del'enquête de terrain, le calcul et la représentation des données sous forme d'histogrammes; Les courbes d'accumulations ont été générées grâce au logiciel Estimate S version 9.1.0. Le logiciel MVSP (Multi Variate Statistical Package) version 3.22 quant à lui a servi à déterminer la matrice de similarité des sites étudiés. Ce même logiciel a été utilisé pour faire l'ACP qui a permis de vérifier le degré de corrélation entre les espèces inventoriées dans les différents transects. Les relevés ont été traités en fonction de la présence/absence des espèces dans les relevés (Raunkiaer, 1934).

Les logiciels QGIS et ArcGis quant à eux ont été utilisé pour faire la cartographie de la zone d'étude.

La technique de la composition colorée a été utilisée pour obtenir la meilleure visualisation des objets de l'image. Les capteurs TM, ETM+ et OLI disposent de sept bandes spectrales, allant du visible à l'infrarouge thermique. Ce nombre important de canaux permet d'essayer de multiples combinaisons de 3 canaux pour obtenir des synthèses en couleurs additives mettant en évidence les différents thèmes.

Dans le cadre de notre travail dont la problématique est d'analyser principalement les espèces végétales, la composition colorée de trois images a été effectuée en associant les bandes spectrales 5-4-3 pour les images de 1989 et les bandes spectrales 6-5-4 pour les images de 2009 et 2019. Les canaux 5-4-3 sont utilisés pour les capteurs Landsat 4 et 5 et les canaux 6-5-4 pour le Landsat 8 du fait des meilleures informations qu'ils apportent sur l'occupation des sols (Essifi, 2008). La combinaison des bandes 3-4-5 affichées respectivement en rouge, vert et bleu, est fortement conseillée par les ouvrages spécialisés de télédétection (Girard *et al.*, 1999) pour l'étude des couverts végétaux.

Ensuite, les trois images issues de la composition colorée ont été découpées pour garder la partie correspondant à notre zone d'étude a partir du shapefile de la zone d'étude.

Sous le logiciel de traitement d'image ENVI4.6.1 utilisé, le processus de classification a été opéré à travers la définition de la légende ou le renseignement du ROI (Regions Of Interest). L'algorithme Maximum de Vraisemblance (Maximum Likelihood) a été choisi pour la

classification des images. C'est une méthode qui calcule la probabilité d'appartenance d'un pixel à une classe donnée plutôt qu'à une autre. Les pixels seront affectés à la classe pour laquelle la probabilité est la plus forte. Ainsi, les images d'occupation du sol des années 1989, 2009 et 2019 ont été produites. Par la suite, les trois images classifiées ont été vectorisées en utilisant le logiciel ENVI 4.6.1.

CHAPITRE III. PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS

III. 1. Composition floristique de la zone nickélifère de Waga

En combinant les résultats des huit transects subdivisés en 80 quadrats ainsi qu'un inventaire itinérant effectué hors transects, la richesse floristique est estimée à 276 espècesde plantes réparties dans 196 genres et dans 66 familles (annexe 2 et 6). Les familles les plus représentées sont respectivement les Poaceae avec 52 espèces (26 %) réparties en 23 genres puis les Asteraceae avec 49 espèces (24%) réparties en 31 genres, les Fabaceae avec 28 espèces (11 %) subdivisées en 19 genres et 33 espèces (figure. 2)

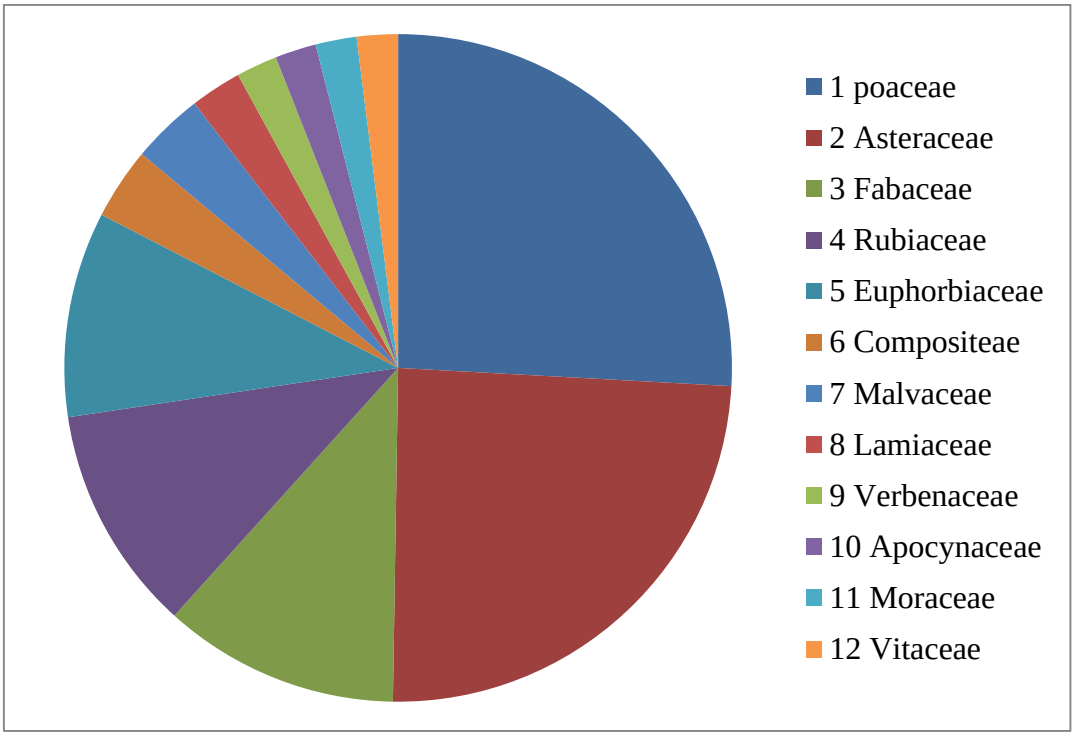


Figure 2 : Principales familles en fonction de leur richesse en espèces

III. 1. 1. Diversité floristique des espèces en taxons supérieur

Le tableau 2 montre la répartition d'espèces de la Zone Nickélifère de Waga en taxons supérieurs suivant la classification phylogénétique APG III (Angiosperms Phylogeny Group)

Tableau 2: Répartition d'espèces floristiques de la zone nickélifère de Waga en taxons supérieurs

Taxons supérieurs	Classes	Familles	Familles en %	Genres	Genres en %	Espèces	Espèces en %
Angiospermes	Dicotylédones	54	81,82	160	81,63	211	76,45
	Monocotylédones	8	12,12	31	15,82	60	21,74
Ptéridophytes		4	6,06	5	2,55	5	1,81
Total		**66**	**100**	**196**	**100**	**276**	**100**

D'après le tableau ci-haut (tableau 2), les Dicotylédones sont les mieux représentés (76,45%) suivis respectivement par les Monocotylédones (21,74%) et les Ptéridophytes (1,81%).

III. 1. 2. Similarité floristique des sous-collines

Le dendrogramme ci-après (figure 3) met en évidence la similarité observée dans les différents transects (sous-collines) tracés dans la zone d'étude.

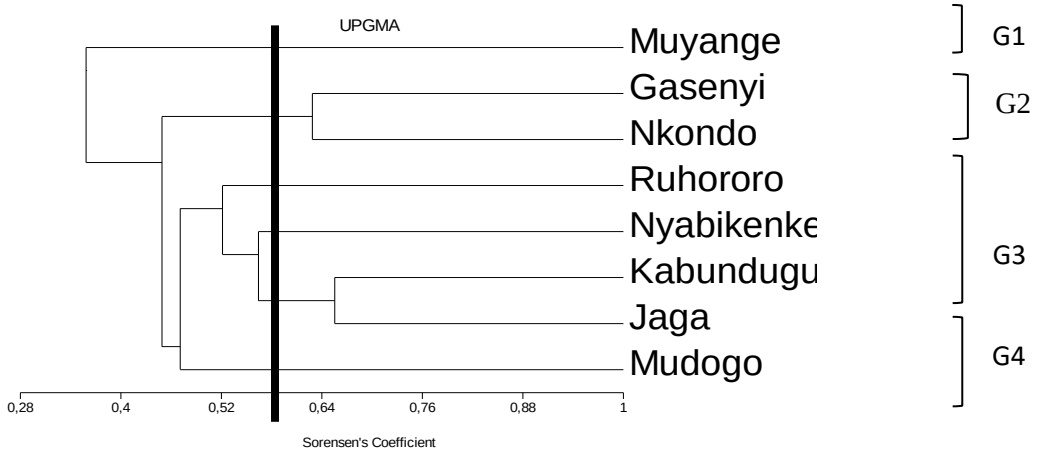


Figure 3: Affinités hiérarchiques ascendantes de la flore des sous-collines en fonction de leur composition en espèces

Selon la matrice de similarité de Sorrensen (tableau 3), les conditions anthropiques liées à l'agriculture et à la recherche des pâturages à différentes ampleurs expliquent le rapprochement de la composition floristique qui est presque totalement constituée d'une

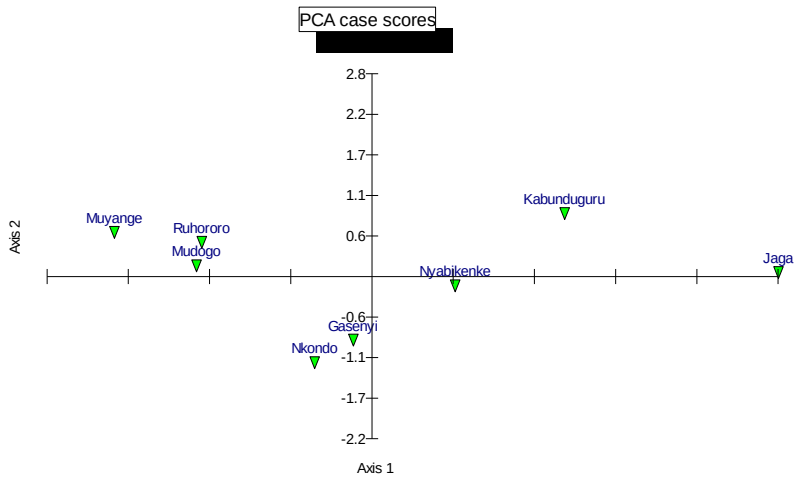
savane herbeuse des huit sous-collines dont Ruhororo, Nyabikenke, Kabunduguru, Jaga, Mudogo, Muyange, Gasenyi et Nkondo.

Tableau 3 : matrice de Similarité de Sorrensen.

	Mudogo	Muyange	Jaga	Ruhororo	Kabunduguru	Nyabikenke	Nkondo	Gasenyi
Mudogo	100							
Muyange	39,216	100						
Jaga	39,535	28,235	100					
Ruhororo	51,852	52,83	43,18	100				
Kabunduguru	49,315	41,667	71,03	56	100			
Nyabikenke	50,794	41,935	59,79	55,385	71,429	100		
Nkondo	44,444	37,736	47,73	46,429	50,667	58,462	100	
Gasenyi	49,123	42,857	57,14	57,627	61,538	61,765	71,186	100

En faisant une comparaison deux à deux, il ressort de cette matrice que Kabunduguru – Jaga sont identiques à l'ordre de 71,028%; Nyabikenke – Kabunduguru similaires à 71,429%; Gasenyi - Nkondo ont une similarité identique de l'ordre de 71,186%. La similarité la moins élevée est identifiée entre Jaga et Muyange de l'ordre de 28,235%.

Une analyse en composantes principales (ACP) a été utilisée pour déterminer le degré de corrélation entre les espèces de différentes sous-collines inventoriées dans les transects tracés. La figure 4 montre le degré de corrélation des espèces par l'analyse en composantes principales.



PCA : (ACP), analyse en composantes principales en français.

Figure 4: Degré de corrélation des espèces de la zone nickélifère de Waga ; comparaison des sous collines

La figure suivante (figure 5) représente la richesse en espèces végétales de huit transects (sous-collines) tracés dans la zone nickélifère de Waga en commune Nyarusange.

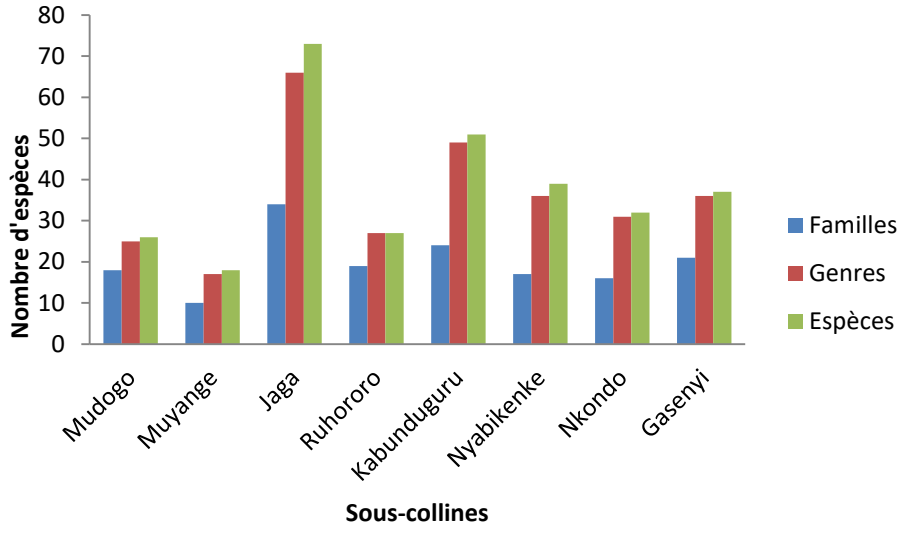


Figure 5: Richesse des familles, espèces et genres suivant les Sous-collines de la Zone Nickélifère de Waga

Les indices de diversité de Shannon-Weaver H', d'Equitabilité de Piélou (E) et de Simpson ont été calculés en utilisant le logiciel Estimate S comme le montre le tableau suivant (tableau 4)

En calculant différents indices de diversité (tableau4), nous constatons que la sous-colline la plus diversifiée en espèces est Jaga avec comme indice de Shannon de 1,347.

Tableau 4: Différents indices de diversité

Collines	Shannon_ H'	Simpson_1-D	Equitability E
GASENYI	1,149	0,73	0,25
JAGA	1,347	0,98	0,7
KABUNDUGURU	1,29	1,41	0,13
MUDOGO	1,244	0,9	0,11
MUYANGE	1,196	0,74	0,07
NKONDO	1,103	0,89	0,13
NYABIKENKE	1,196	0,95	0,1
RUHORORO	1,246	0,71	0,13

III. 1. 3. Etude des traits biologiques des espèces récoltées

L'étude des traits biologiques est une approche complémentaire à la classification taxonomique permettant d'interpréter les effets des perturbations anthropiques (Payeur, 2010). Elle permet de comprendre le fonctionnement des écosystèmes de même que les stratégies adaptatives et la réponse des espèces face à ces pressions.

III. 1. 3. 1. Formes biologiques

L'étude des formes biologiques pour les 276 espèces déterminées de la zone d'étude a été utilisée pour dresser le tableau 5 qui montre le spectre brut des formes biologiques.

Tableau 5: Représentativé en pourcentage des formes biologiques des espèces des sites nickélifères de Waga

Formes biologiques	**Effectifs**	**%**
Phanérophytes	102	36,96
Chaméphytes	62	22,46
Télophytes	52	18,84
Hémicryptophytes	38	13,77
Géophytes	22	7,97
Total	**276**	**100**

III. 1. 3. 2. Types d'éléments phytogéographiques

L'analyse de la distribution des plantes de la Zone Nickélifère de Waga a permis de faire une délimitation de leurs aires phytogéographiques comme l'indique le tableau 6.

Tableau 6: Distribution géographique des espèces récoltées dans la zone nickélifère de Waga

Types phytogéographiques	**Nombre d'espèces**	**Pourcentage**
Pantropicales (Pan)	31	12,16
Paléotropicales (Pal)	24	9,41
Cosmopolites (Cos)	21	8,24
Subcosmopolite (Subcos)	*2*	0,78
Introduites (Intr)	6	2,35

Espèces à large distribution	**84**	**32,94**
Afro-malgaches (Afr-Mal)	20	7,84
Plurirégionales africaines (Plur-Afr)	19	7,45
Afro-tropicales (Afr-Trop)	16	6,27
Guinéo-congolaises (GC)	3	1,18
Espèces africaines largement répandues	**58**	**22,75**
Afro-montagnard (Mo)	22	8,63
Soudano-zambéziennes (SZ)	74	29,02
Espèces à distribution régionale	**96**	**37,65**
Liaison soudano-zambézienne et guinéenne (L-SZ-G)	7	2,75
Liaison soudano-zambézienne et afro-montagnarde (LSZ-Mo)	10	3,92
Espèces de liaison	**17**	**6,67**
Total	**255**	**100**

III. 1. 4. Richesse spécifique et effort d'échantillonnage

Les données recueillies des transects tracés au moment de l'échantillonnage ont permis de tracer la figure suivante (figure 6) qui montre les courbes d'accumulation de la richesse spécifique (S) obtenue par le nombre total d'espèces, de la richesse spécifique estimée obtenue en fonction de l'effort d'échantillonnage.

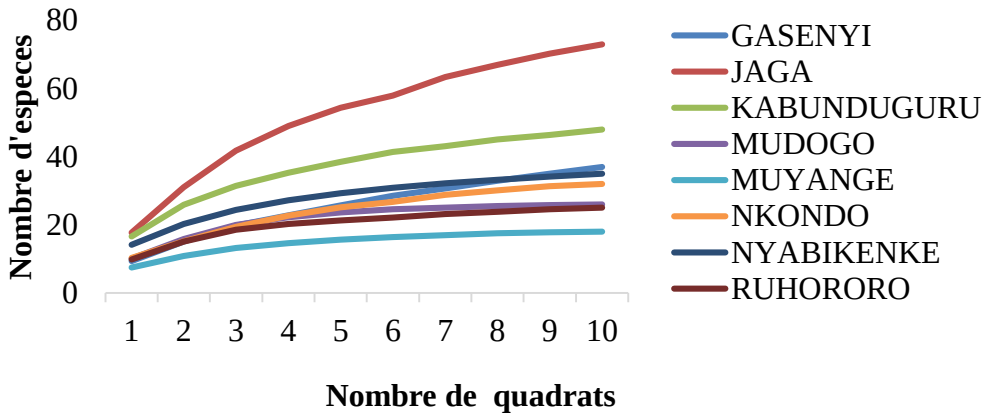


Figure 6: Comparaison des courbes d'accumulation de la richesse spécifique en fonction des quadrats tracés dans les huit transects échantillonnés

III. 2. Importance socio-économique des végétaux pour la population locale de la zone nickélifère de Waga

La figure suivante (figure 7) montre les résultats de l'enquête effectuée auprès de la population locale de la Zone nickélifère de Waga qui montrent les avantages des espèces végétales qui y poussent. 104 espèces ont été signalées et attribuées leurs usages pour la population locale. Classées selon leurs usages, cinq catégories principales peuvent être distinguées : usage matériel (104 espèces), usage médicinal (58 espèces), usage énergétique (36 espèces), usage alimentaire (8 espèces), et usage culturel (2 espèces).

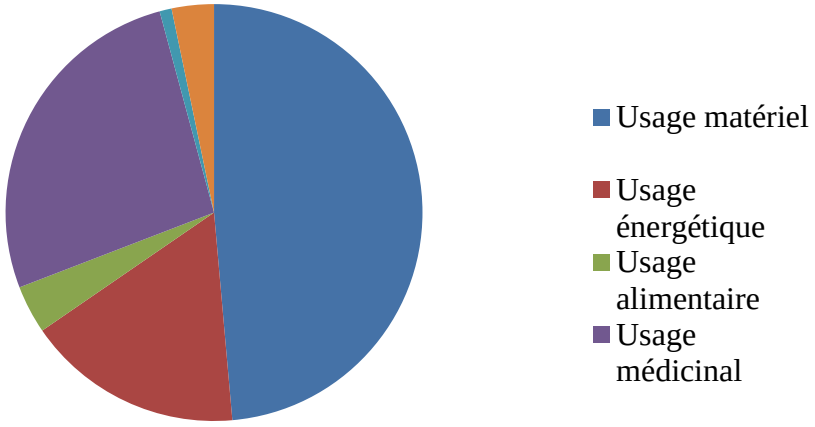


Figure 7: Catégorisation des usages d'espèces végétales d'importance pour la population locale de la zone nickélifère de Waga selon leur fréquence de citations

La figure ci- après (figure8) montre les différents usagesdes plantes de la zone nickélifère de Waga de la commune Nyarusange.

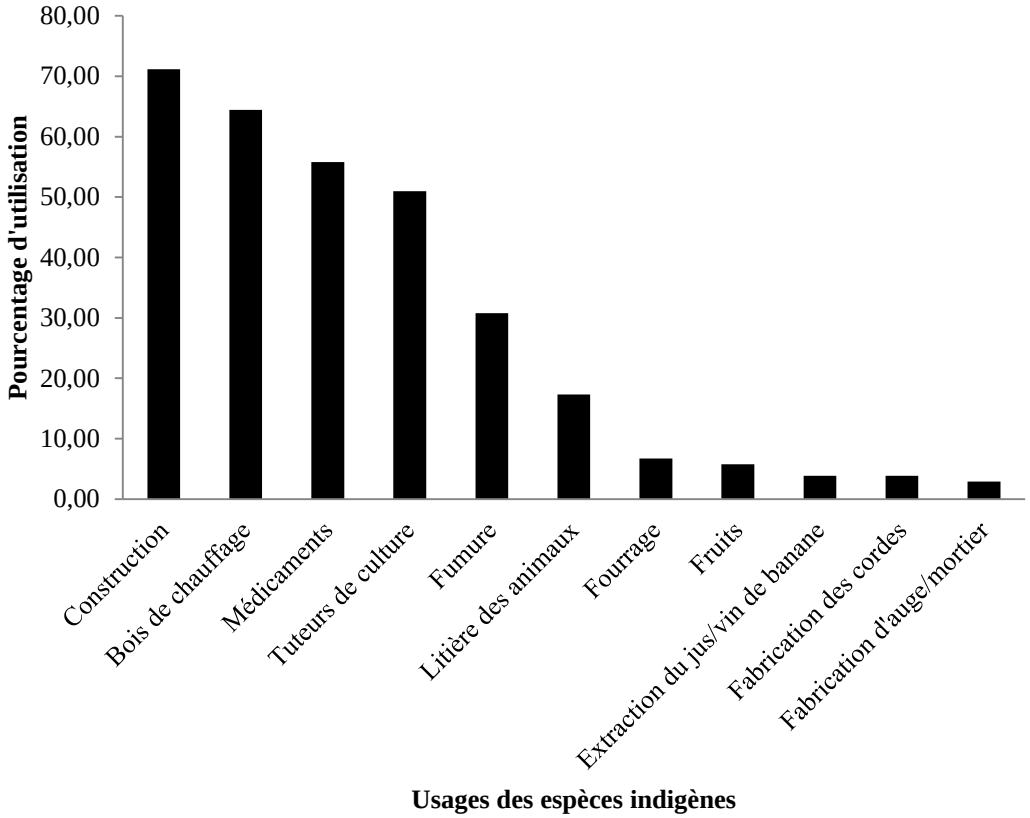


Figure 8: Répartition des différentes utilisations des plantes de la ZNW

III. 2. 1. Usages thérapeutiques des plantesmédicinales de la zone nickélifère de Waga

Un total de cinquante-sept espèces à usage médicinal utilisées par la population locale de la zone nickélifère et de ses environs soit 54,80 % d'espèces d'importance pour la population locale de la zone nickélifère de Waga ont été inventoriées. Le tableau suivant (tableau 7) montre les catégories de maladies traitées par les plantes indigènes de la zone nickélifère de Waga, les parties utilisées, le mode de préparation ainsi que le mode d'administration.

Tableau 7: Catégories de maladies traitées par les plantes indigènes de la zone nickélifère de Waga, les parties utilisées, le mode de préparation ainsi que le mode d'administration

Familles	Nom scientifique	Nom vernaculaire	Maladie soignée	Partie utilisée	Mode d'extraction	Mode d'administration
Acanthaceae	*Acanthus pubescens*	Igitovu	Entretien d'une grossesse	Feuilles	Décoction	Friction
Amaranthaceae	*Cyathula incinulata*	Ikiramata	Maladies infantiles	Feuilles	Décoction	Voie orale
			Vomissements	Feuilles	Décoction	Voie orale
			Fracture	Feuilles	Incinération	Application
Apiaceae	*Centella asiatica*	Gutwikumwe	Entretien d'une grossesse	Feuilles	Décoction	Voie orale
			Maladies infantiles	Feuilles	Décoction	Voie orale
			Maux de dents	Feuilles	Incinération	Voie orale
	Peucedanum runssoricum	Umuganasha	Blessures	Ecorce et racines	Trituration	Application
Aspleniaceae	*Asplenium sp.*	Iraba	Verminoses	Rhizome	Macération	Voie orale
Asteraceae	*Senecio hadiensis*	Icegera	Maladies infantiles	Plante entière	Infusion	Voie orale
	Bidens pilosa	Icanda	Diabète, Maladies infantiles	Tige et feuilles	Décoction	Voie orale
	Crassocephalum montuosum	Igifurifuri	Hépatite	Feuilles tige	Décoction	Voie orale
			Maladies infantiles	feuilles	Extraction du suc	Voie orale
	Guizotia scabra	Ikizimyamuriro	Fièvre	tige et feuilles	Décoction	Voie orale
			Rougeole	tige et feuilles	Extraction du suc	Bain de vapeur
	Vernonia lasioppus	Ivuma	Diabète	Feuilles	Décoction	Voie orale
	Helichrysum odoratissimum	Manayeze	Epilepsie	Feuilles	Décoction	Voie orale
	Erlangea spissa	Umubebe	Constipation	Feuilles	Décoction	Voie orale
	Vernonia amygdalina	Umubirizi	Verminoses	Feuilles	Infusion	Voie orale
	Crassocephalum vitellinum	Umuyungubira	Musipa	tige et feuilles	Extraction du suc	Voie orale
	Erlangea cordifolia	Umweza	Maladies infantiles	Feuilles	Extraction du suc	Voie orale
			Ibere	Feuilles	Extraction du	Voie

					suc	orale
	Ageratum conyzoides	Akarura	Blessures	Tige	Extraction du suc	Application
	Microglossa pyrifolia	Umuhe	Diarrhée	Feuilles	Décoction	Voie orale
			Vomissements	Feuilles	Décoction	Voie orale
			Diabète	Feuilles	Décoction	Voie orale
	Dichrocepala integrifolia	Umutambambuga	Accouchement difficile	Feuilles	Extraction du suc	Voie orale
	Senecio mannii	Umutagari	Maladies infantiles	Feuilles	Décoction	Voie orale
			Vers intestinaux	Feuilles	Décoction	Voie orale
Bignoniaceae	*Markhamia lutea*	Umunsabe	Maladies de la bouche	Feuilles	Extraction du suc	Voie orale
Caesalpiniaceae	*Caesalpinia decapelata*	Uruzira	Complication de l'accouchement	Feuilles	Extraction du suc	Voie orale
			Morsure de serpent	Feuilles	Extraction du suc	Voie orale
	Senna occidentalis	Umuyokayoka	Diabète	Plante entière	Décoction	Voie orale
Caryophyllaceae	*Drymaria cordata*	Urura rw'ingwe	Maux de tête	Plante entière	Décoction	Voie orale
Chenopodiaceae	*Chenopodium ugandae*	Umugombe	Esprits nuisibles et poison	Tiges et feuilles	Extraction du suc	Voie orale
	Chenopodium procerum	Umunceke	Guhuganirwa	Graine	Décoction	Voie orale
Clusiaceae	*Harungana madagascariensis*	Umushayishayi	Constipation	Feuilles	Extraction du suc	Voie orale
			Anémie	Feuilles	Extraction du suc	Voie orale
			Vers intestinaux	Feuilles	Extraction du suc	Voie orale
	Psorosperum febrifugum	Umukubarwa	Dermatoses	Ecorce et tige	Trituration	Application
Commelinaceae	*Commelina africana*	Inteza	Constipation	Tiges et feuilles	Extraction du suc	Voie orale
Cucurbitaceae	*Momordica foetida*	Umwishwa	Lutte contre l'avortement	Feuilles	Macération	Voie anale
			Constipation	Feuilles	Macération	Voie anale
Malvaceae	*Bridelia brideliifolia*	Umugimbu	Douleurs abdominales	Ecorce et tige	Extraction du suc	Voie orale
			Diarrhée	Ecorce et tige	Extraction du suc	Voie orale
			Gastroentérite	Ecorce et tige	Extraction du suc	Voie orale
	Tragia brevipes	Isusa	Fracture	Tiges et feuilles	Compression	Application

	Jatropha curcas	Ikivurahinda	Epilepsie	Racines	Décoction	Bain de corps
Euphorbiaceae	*Acalypha sp.*	Kamimura	Règles douloureuses	Tiges et feuilles	Infusion	Voie orale
Fabaceae	*Erythrina abyssinica*	Umurinzi	Hépatite	Ecorce et tige	Extraction du suc	Voie orale
	Sesbania macrantha	Umunyegenyege	Poliomyélite	Feuilles	Trituration	Application Inhalation
			Troubles psychiatriques	Feuilles	Décoction	
	Coleus amboinicus	Umuravumba	Toux	Tiges et feuilles	Infusion	Voie orale
	Satureja pseudosimensis	Uruvuye	Asthme	Feuilles	Décoction	Inhalation
Mimosaceae	*Entada abyssinica*	Umusange	Diabète	Ecorce et racines	Infusion	Voie orale
Myrsinaceae	*Maesa lanceolata*	Umuhangahanga	Verminoses	Feuilles	Extraction du suc	Voie orale
	Embelia libeniana	Umuhanurankuba	Toux	Feuilles	Décoction	Bain de vapeur
	Eucalyptus sp.	Umukaratusi	Grippe	Feuilles	Décoction	Inhalation
			Toux	Feuilles	Décoction.	Voie orale
Oxalidaceae	*Biophytum helenae*	Tinyabakwe	Maux d'estomac	Plante entière	Décoction	Voie orale
			Parasite intestinaux	Feuilles	Décoction	Voie orale
			Musipa	Feuilles	Décoction	Voie orale
	Oxalis corniculata	Umunyu wa Nyamanza	Boulimie	Plante entière	Extraction du suc	Voie orale
			Bronchite	Feuilles	Extraction du suc	Voie orale
Phytolaccaceae	*Phytolacca dodecandra*	Umwokora	Mycose	Feuilles	Extraction du suc	Friction
			Plaie	Feuilles	Extraction du suc	Friction
Polygonaceae	*Rumex usambarensis*	Umufumbegeti	Maladies infentiles	Feuilles	Décoction	Voie orale
Rhamnaceae	*Gouania longispicata*	Umubimbafuro	Maux de tête	Feuilles	Infusion	Voie orale
			Maladies infantiles	Feuilles	Infusion	Voie orale
Chrysobalanaceae	*Parinari curatellifolia Planch.*	Umunazi	Verminoses	Ecorce et racines	Décoction	Voie anale
			Maladies infantiles	Feuilles	Décoction	Voie anale
Rubiaceae	*Virectaria major*	Umukizikizi	Maux de dents	Feuilles	Pulpe	Application
			Malaria	Feuilles	Décoction	
			Mycose	Feuilles	Décoction	Voie orale

						Friction
	Pavetta ternifolia	Umunyamabuye	Diarrhée	Feuilles	Décoction	Voie anale
	Allophyllus griseotomentosus	Umuvumereza	Maladies infantiles	Feuilles	Extraction du suc	Voie orale
	Rhus vulgaris	Umusagara	Maladies infantiles	Feuilles	Décoction	Voie anale
			Musipa	Ecorce et tige	Décoction	Voie anale
Solanaceae	*Physalis peruviana*	Intumbaswa	Grippe	Feuilles	Macération	Voie orale
	Solanum aculeastrum	Umutobotobo	Plaies	Feuilles	Incinération	Onction
Ulmaceae	*Trema orientalis*	Umurwampore	Hépatite	Feuilles	Décoction	Voie orale
Urticaceae	*Urtica massaica*	Igisuru	Reins, Toux, Rhumatisme	Racines/ Feuilles	Trituration	Voie orale
Verbenaceae	*Lantana trifolia*	Umuherihengeri	Toux	Feuilles	Décoction	Voie buccale
	Clerodendrum johnstonii	Umunyankuru	Constipation	Feuilles	Infusion	Voie anale

III. 2. 2. Organes utilisées

Les utilisateurs des plantes médicinales exploitent tous les organes de la plante médicinale, mais à des degrés différents selon le but recherché et le milieu d'approvisionnement. La figure suivante (figure 9) montre les différentes parties de la plante utilisées en médecine traditionnelle.

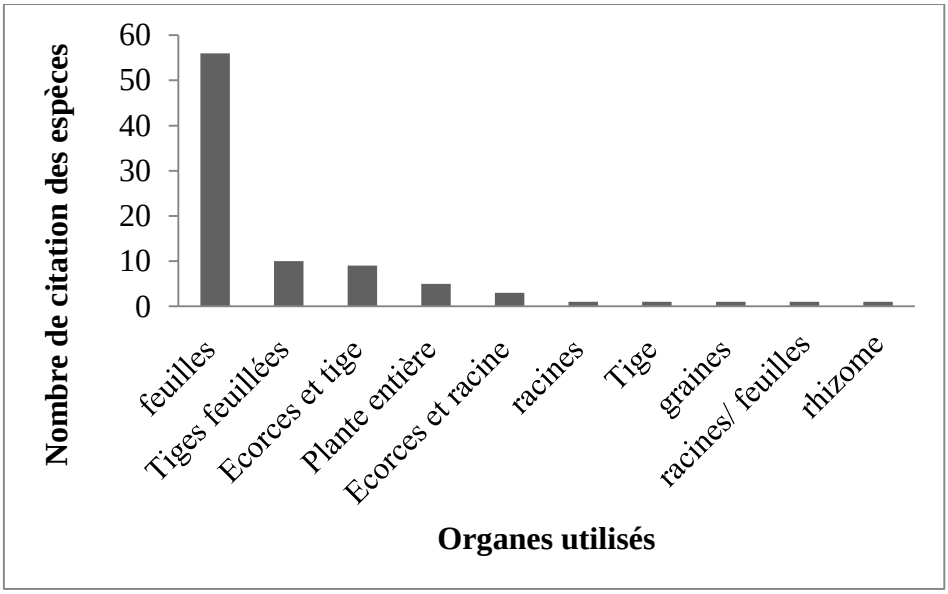


Figure 9: Les différentes parties de la plante utilisées en médecine traditionnelle

III. 2. 3. Plantes fourragères récoltées dans la zone nickélifère de Waga

Les résultats de l'enquête d'espèces d'importance pour la population locale ont révélé un total de 14 espèces fourragères soit 13,46 % dans la zone d'étude. La figure suivante (figure 10) illustre les Plantes fourragères les plus représentées de la zone nickélifère de Waga.

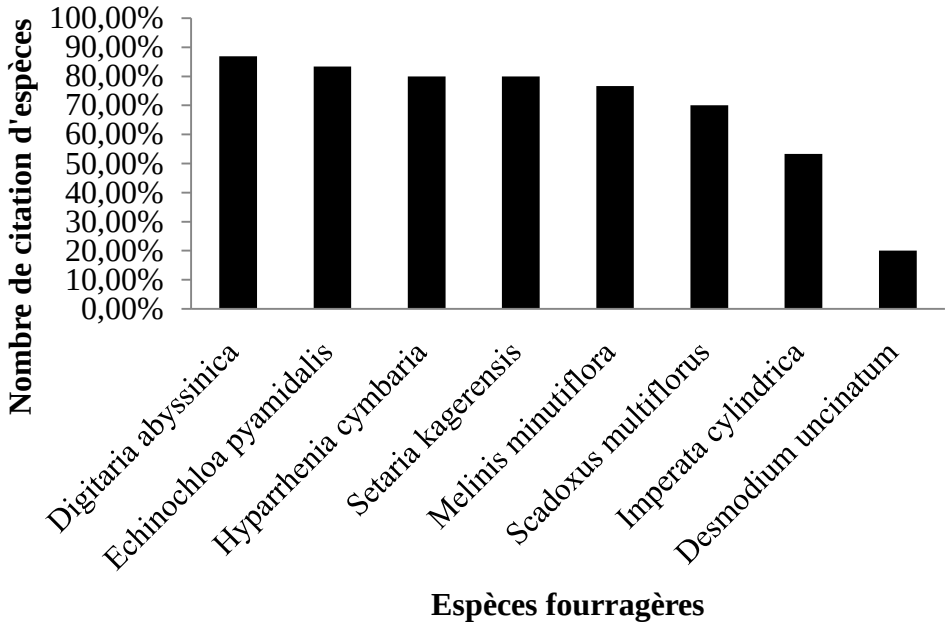


Figure 10: Plantes fourragères les plus représentées de la zone nickélifère de Waga

III. 2. 4. Liste de quelques espèces indigènes comestibles inventoriées dans la zone nickélifère de Waga

L'enquête auprès de la population autour du site nickélifère de Waga révèle neuf espèces de plantes indigènes comestibles (Tableau 8), avec un pourcentage de 8,65 % d'espèces d'importances pour la population des espèces inventoriées et les fruits sont les parties les plus consommées par la population locale (figure 11).

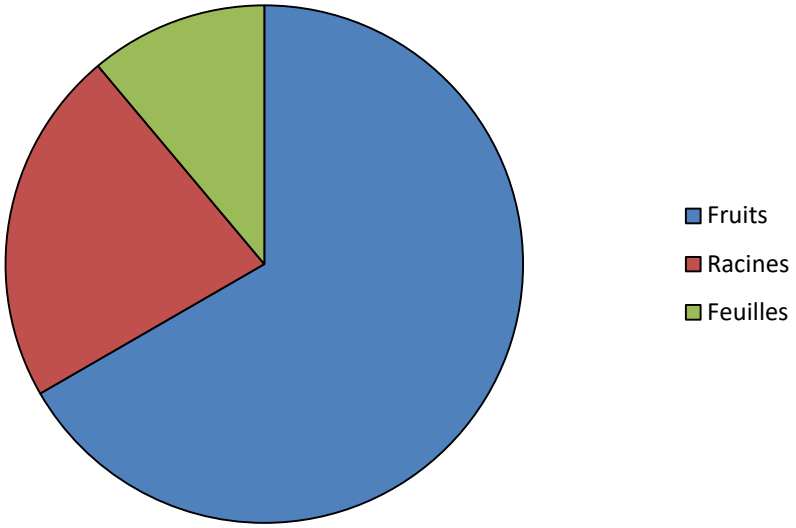


Figure 11: Importance relative des organes comestibles inventoriés dans la zone nickélifère de Waga

Le tableau suivant (tableau 8) montre les espèces indigènes comestibles inventoriées dans la zone nickélifère de Waga ainsi que les parties consomées.

Tableau 8: Liste des espèces indigènes comestibles inventoriées dans la zone nickélifère de Waga

Noms vernaculaires	*Espèces comestibles*	Parties consommées	Nombre de citations
Umukere	*Rubus apetalus Poir.*	Fruits	30
Umunyonza	*Carissa spinarum L.*	Fruits	26
Inanka	*Eriosema lebrunii Staner & De Craene*	Racines	23
Umubungobungo	*Landolphia kirkii var. parvifolia (K. Schum.) Hallier f.*	Fruits	21
Umunazi	*Parinari curatellifolia Planch. ex Benth.*	Fruits	28
Umusagara	*Rhus natalensis var. macrocarpa (Schweinf.) Cufod.*	Fruits	30
Umukaba	*Eriosema staneranum Hauman*	Racines	14
Ibitoki vy'abungere	-	Fruits	18

Umugombe	*Chenopodium ugandae*	feuilles	6

III. 2. 5. Usages énergétiques

Les besoins des plantes pour usages énergétiques concernent 67 espèces de la zone nickélifère de Waga soit 64,42% d'espèces d'importance pour la population. Le tableau ci-après (tableau 9) montre les organes de la plante les plus utilisés comme combustible

Tableau 9: organes de la plante les plus utilisés comme combustible

Organes utilisés comme combustible	nombre d'espèces	%
Tiges	67	64,42
Feuilles	37	35,58
Total	104	100%

III. 2. 6. Espèces envahissantes

L'analyse des familles représentatives des espèces envahissantes montre que ces espèces se répartissent en six familles (Asteraceae, Poaceae, Apiaceae, Verbenaceae, Fabaceae et Oxalidaceae) (tableau 10) avec la prédominance des Asteraceae et des Poaceae sur les autres.

Tableau 10: Espèces envahissantes

Familles	Espèces	Origines
Apiaceae	*Centella asiatica*	Asie et Océanie
Asteraceae	*Tithonia diversifolia*	Amérique centrale
	Ageratum conyzoides	Amérique tropicale spécialement au Brésil
	Acanthospermum australe (Loefl.) Kuntze	Australie
Fabaceae	*Mimosa pigra*	Amérique du Sud et du Centre
Oxalidaceae	*Oxalis corniculata*	Eurasiatique
Poaceae	*Cynodon dactylon*	Europe

III. 3. Occupation du sol de la zone nickélifère de Waga pour les années 1989 à 2019

Au cours de la classification, 4 classes d'occupation du sol ont été choisies pour caractériser le site Nickélifère de Waga. C'est notamment (1) les Champs et savanes, (2) les Microboisements, (3) le Sol nu et bâti, (4) la Végétation des marais.

Les figures suivantes (figure 13 ; 14 et 15) sont les cartes d'occupation du sol respectivement des années 1989 ; 2009 et 2019. Elles montrent la représentation de la dynamique des classes d'occupation du sol de la zone d'étude au cours de ces années après une classification supervisée des images satellitaires prises par Landsat. En 1989 la classe de sol nu et bâti

domine toutes les autres classes suivie de la classe des microboisements. En 2009, c'est la classe de Microboisement qui domine suivie de la classe Champs et savanes et en 2019 c'est la classe de Végétation des marais qui vient en première position et est suivie de la classe de Microboisement.

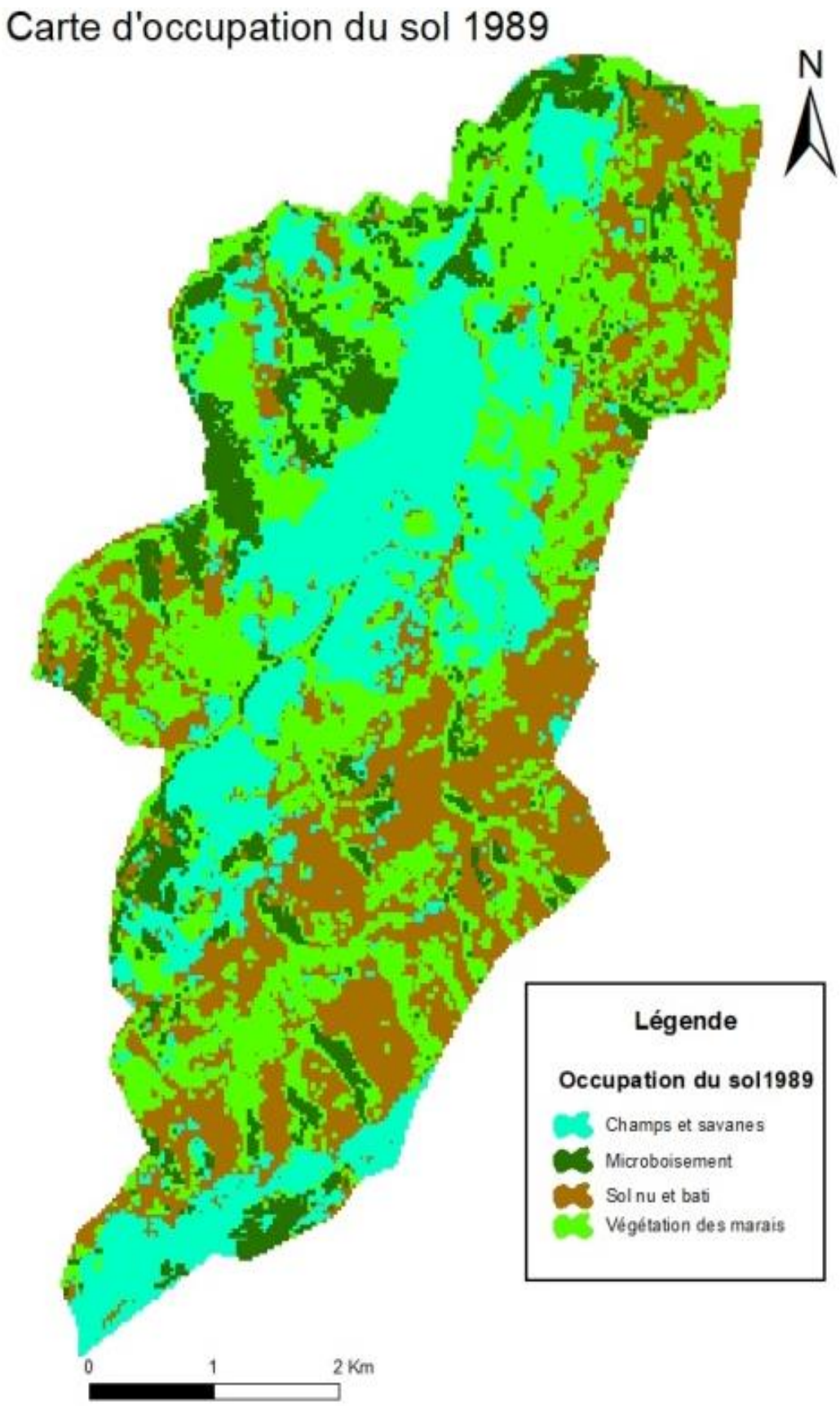


Figure 12: Carte d'occupation du sol 1989

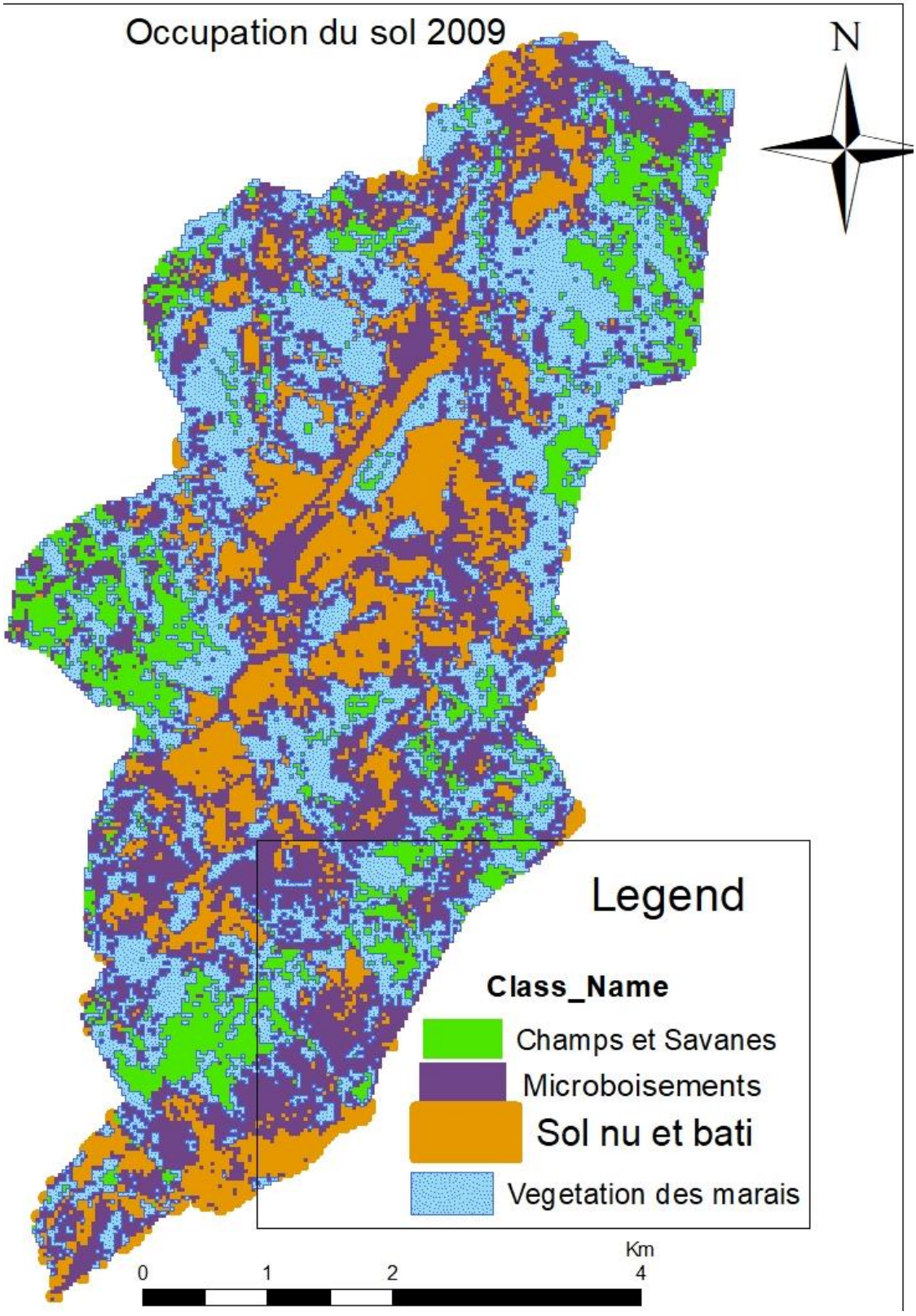


Figure 13: carte d'occupation du sol 2009

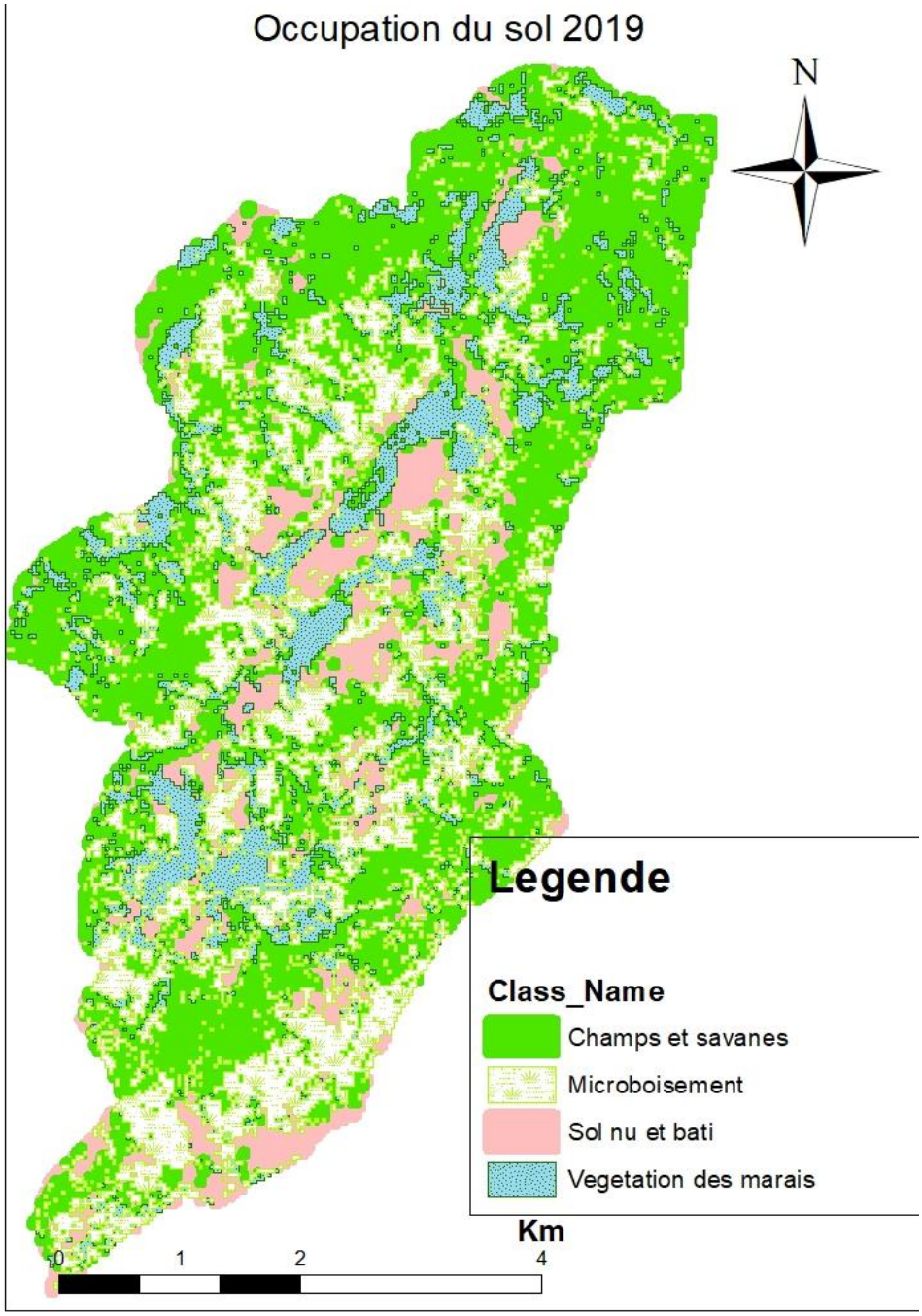


Figure 14: Cartes d'occupation du sol du site nickélifère de Waga en 2019

Le tableau ci-après (tableau 11) montre les différentes valeurs de superficies pour les différentes classes d'occupation du sol (Champs et savanes, Microboisement, sol nu et bâti et Végétation des marais) à différentes dates. Nous constatons une variabilité temporaire de superficies des classes d'occupation du sol. En 1989 la classe de sol nu et bâti domine toutes les autres classes suivie de la classe des microboisements. En 2009, c'est la classe de Microboisement qui domine suivie de la classe Champs et savanes et en 2019 c'est la classe de Végétation des marais qui vient en première position et est suivie de la classe de sol nu et bâti.

Tableau 11: Evolution de l'occupation du sol de 1989à 2019

Occupation sol 2019	**Superficie en Ha 1989**	**%**	**Superficie en Ha 2009**	**%**	**Superficie en Ha 2019**	**%**
Champs et savanes	2116,8	32,58 %	493,55	27,07%	867,33	21,38%
Microboisement	284,49	4,37%	1207,89	38,87%	965,25	23,79%
sol nu et bâti	3107,07	47,82%	564,4	18,16%	999,81	24,64%,
Végétation des marais	988,2	15 ,21%	841,23	15,88%	1224	30,17%

La figure suivante (figure 14) montre les variabilités des classes d'occupation du sol selon les années et que la classe de sol nu et bâti est la plus dominante en 1989

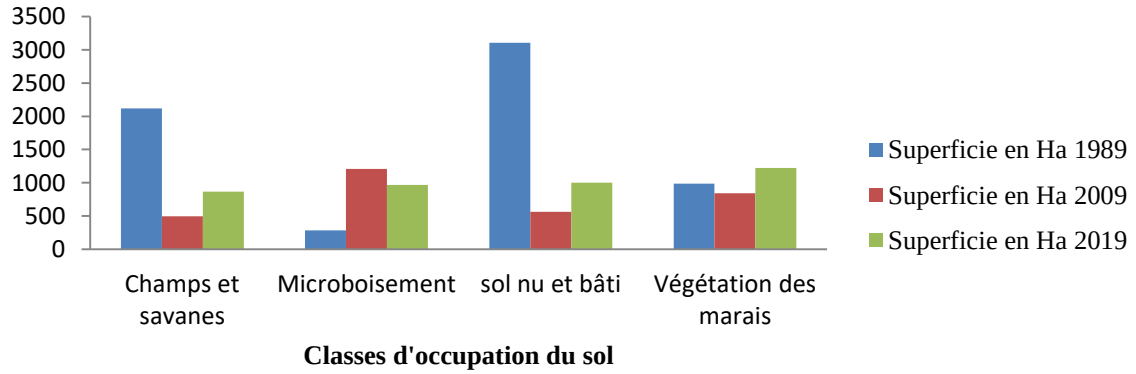


Figure 15: Evolution de l'occupation du sol entre 1989 à 2019

Le tableau suivant (tableau 12) montre les différentes valeurs de matrices de confusions pour la classification des images des années 1989, 2009 et 2019 et cela nous permet de mettre en valeur les prédictions justes et fausses pour les comparer avec des valeurs définies.

Tableau 12: Matrices de confusion et coefficient de Kappa de l'année 1989 à 2019

Confusion Matrix: 1989 [Memory1] (196x338x1)
Overall Accuracy = (399/400) 99.7500%
Kappa Coefficient = 0.9952
Confusion Matrix: 2009 [Memory2] (196x338x1)
Overall Accuracy = (516/567) 91.0053%
Kappa Coefficient = 0.8785
Confusion Matrix: 2019 [Memory3] (196x338x1)
Overall Accuracy = (375/415) 90.3614%
Kappa Coefficient = 0.8637

CHAPITRE IV. DISCUSSIONS

IV.1. Composition floristique de la zone nickélifère de Waga

Les résultats de cette étude ont montré que les familles les plus représentées sont respectivement les Poaceae avec 52 espèces réparties en 23 genres puis les Asteraceae avec 49 espèces réparties en 31 genres, les Fabaceae avec 28 espèces subdivisées en 19 genres et 33 espèces. Ces résultatssont prochesde ceux des autres études antérieures comme ceux de (Jaffré *et al*., 1997) qui ont fait une étude sur l'écologie des milieux sur roches ultramafiques et sur sols métallifères en Calédonie; (Bucumi, 2022) au Burundi qui a fait une étude similaire sur le site nickélifère de Musongati; (Bangirinama *et al*., 2011) au Burundi qui ont fait une analyse comparative de la flore de la forêt dense de Kigwena et de la forêt claire de Rumonge, Havyarimana *et al*., 2013) qui ont fait la caractérisation de la végétation de la forêt dense de Kigwena et de la forêt claire de Rumonge au Burundi; (Oumorou & Lejoly, 2003) au Bénin et en Côte d'Ivoire (Ouattara *et al*., 2016).

Les espèces les plus dominantes sont *Eragrostis olivacea var. congesta K. Schum ; Hyparrhenia diplandra (Hack.) Stapf; Virectaria major* (K. Schum.), Verdc.Subsp. Major; Aspilia *ciliata (Schum.)Wild; Harungana madagascariensis* Poir ex Lam.

La répartition des espèces de la Zone Nickélifère de Waga en taxons supérieurs suivant la classification phylogénétique APG III (Angiosperms Phylogeny Group) montre que les Dicotylédones sont les mieux représentés suivis respectivement par les Monocotylédones et les Ptéridophytes. Les résultats similaires ont été obtenus dans d'autres travaux antérieurs comme ceux de Bangirinama *et al*., (2011) ; Masharabu *et al.*, (2014); Ouziki & Taiqui (2016) et Jaffré et *al*., (1997) soulignant que les dicotylédones et les Monocotylédones sont successivement les mieux représentés, les Ptéridophytes et les Gymnospermes sont quant à eux les moins représentés. L'étude d'analyse des traits biologiques qui se rapporte sur la forme biologique et la distribution phytogéographique des espèces nous indique la capacité d'adaptation des espèces face aux conditions défavorables ainsi que la répartition des communautés végétales.

L'étude montre que les Phanérophytes sont à la tête suivis par les Chaméphytes. Viennent ensuite par ordre décroissant les Thérophytes, les Hémicryptophytes et enfin les Géophytes. Ces résultats montrent que ce milieu d'étude évolue vers une forêt secondaire et concordent avec ceux des travaux antérieurs effectués au Burundi par (Bangirinama *et al*., (2011), Masharabu *et al.*, 2010 ; Havyarimana *et al*., (2013) ; Nduwimana *et al*., (2015); Gboze *et al*.,

(2020) ; Nduwimana *et al*., (2021). Le nombre élevé des chaméphytes et des thérophytes confirme le caractère herbacé de la zone nickélifère de Waga du fait de sa dégradation et de sa perturbation par les activités anthropiques.

L'étude des types d'éléments phytogéographiques montre que les espèces largement répandues apparaissent mieux représentées dans la Zone Nickélifère de Waga, conséquence, semble-t-il, de la dégradation, un constat fait d'ailleurs par Reekmans (1980) dans la plaine de la basse Rusizi. La distribution géographique des espèces récoltées dans la Zone Nickélifère de Waga montre que les espèces à distribution régionale suivi respectivement des espèces à large distribution, des espèces africaines largement répandues et des espèces de liaison ont été obtenues. Ces résultats corrèlent avec ceux de Masharabu *et al*., (2010) ; Nduwimana *et al*., (2021) qui montrent la dominance des espèces Soudano-Zambéziennes. Ces résultats corrèlent également avec ceux de Bangirinama *et al*., (2010) qui ont travaillé sur les espèces des jachères de tout le Burundi et de Nduwimana *et al*., (2015) qui ont fait une étude permettant de mettre en évidence l'influence des facteurs écologiques sur la composition et la diversité des unités de végétation du paysage de la Malagarazi (Burundi), qui témoignent que les espèces à distribution régionale sont prépondérantes. L'importance des espèces à large amplitude phytogéographique traduit la perte d'identité de la végétation par la pénétration d'espèces à large distribution. Les espèces à large répartition, cosmopolites, pantropicales ou plurirégionales, sont le plus souvent des rudérales ou des espèces de milieux perturbés. Une forte proportion d'espèces à large répartition peut être un indice de dégradation: la flore perd de sa spécificité (Devineau & Fournier, 1997). Aussi, les proportions obtenues dans la flore à distribution régionale confirment la situation du Burundi au carrefour de plusieurs régions phytogéographiques. Selon Nzigidahera (2000) la situation biogéographique ainsi que la diversité des conditions écologiques du Burundi lui confèrent une grande richesse des écosystèmes naturels et des espèces végétales et animales.

IV. 2. Importance socio-économique des végétaux pour la population locale de la zone nickélifère de Waga

Les résultats de l'enquête effectuée auprès de la population locale de la Zone nickélifère de Waga montrent que 104 espèces ont été signalées et attribuées d'importances pour la population locale. Classées selon leurs usages, cinq catégories principales peuvent être distinguées : usage matériel (104 espèces), usage médicinal (58 espèces), usage énergétique (36 espèces), usage alimentaire (8 espèces), et usage culturel (2 espèces) (figure 7). En plus de

ces usages, les espèces végétales jouent aussi un rôle très important dans les services de régulation (climat, précipitation, eau, déchets, propagation de maladie) et d'assistance (formation du sol, photosynthèse, recyclage des substances fertilisantes). La connaissance de la diversité végétale des espèces utilisées par les populations s'avère nécessaire pour mener des actions adéquates (Sèwadé, 2017).

Pour les espèces qui ont été signalées d'importances pour la population locale, les tiges sont les plus utilisées suivies des feuilles. Les tiges procurent principalement du matériel de construction des maisons, des termitières, des ponts, l'aménagement des enclos et des étables, la fabrication des manches de différents outils, mortiers et des pilons, etc. Les feuilles sont utilisées pour les fourrages et la litière des bétails, la couverture des pépinières et champs, la toiture des maisons mais également dans la vannerie (figure 8).

IV. 2. 1. Usage matériel

Les usages matériels cités par les enquêtés sont la construction des maisons, le tuteurage des cultures comme les haricots, la fumure, la litière des bétails, de mortier et des manches des différents outils, la fabrication des cordes, l'extraction du jus et vin de bananes. Les espèces couramment utilisées pour cet usage matériel sont: *Parinari curatellifollia, Cordia africana, Pterocarpus angolensis, Erythrina abyssinica, Albizia gummifera, Harungana madagascariensis Poir, Eucalyptus saligna,* Syzygium *guineense var. parvifolium Engl, Psorospermum febrifugum SpachHyparrhenia familiaris, Hyparrhenia diplandra, Hyparrhenia newtonii, Eragrostis olivacea, Loudetia arundinacea, Imperata cylindrica, Hyparrhenia collina, Melinis minutiflora, Setaria palmifolia* etc.

Ces résultats concordent à ceux de Hakizimana *et al.,* (2011) qui montrent que les tiges sont les plus utilisées pour l'usage matériel dans les forêts de Kigwena et Rumonge. Quant aux feuilles, elles sont relativement peu utilisées tant dans la forêt de Kigwena que dans la forêt de Rumonge.

IV. 2. 2. Usages thérapeutiques des plantes médicinales de la zone nickélifère de Waga

Les résultats sont obtenus d'après une enquête menée auprès de 50 personnes rencontrées sur le site nickélifère de Waga pendant la collecte des données ont montré que l'organe de plante le plus utilisé est la feuille, la décoction est le mode de préparation le plus utilisé. Ces résultats sont presque similaires à ceux obtenus par Ouattara *et al.*, (2016).

IV.2.2.1. Organes utilisées

Suivant les informations recueillies auprès des enquêtés de la Zone Nickélifère de Waga, les feuilles sont les plus exploitées, elles sont suivies par les tiges feuillées et l'écorce et tige, viennent ensuite l'usage de la Plante entière, écorces et racine. La racine, Tige, graines, racines / feuilles, rhizome sont exploités au même degré.

Souvent, un assemblage de parties de la même plante exerce une action salutaire dans les différentes maladies. Les feuilles sont les plus utilisées. Elles sont suivies par des Tiges feuillées et Ecorces et tige, de la plante entière, des écorces et racines, des racines, des graines, des tiges, racines / feuilles et des rhizomes. Ces résultats corèlent avec ceux trouvés en Cote d'Ivoire par Kati-Coulibaly S. *et al.* (2021).

IV. 2. 3. Plantes fourragères récoltées dans la zone nickélifère de Waga

Les espèces fourragères de la Zone Nickélifère de Waga, en plus d'alimenter les animaux via le pâturage ou la fauche, peuvent procurer des revenus à la population et peuvent procurer de nombreux bénéfices pour les écosystèmes agricoles. Les espèces fourragères les plus utilisées par la population de la zone d'étude sont *Digitaria abyssinica* suivi d'Echinochloa *pyamidalis.* Ces résultats sont presque semblables aux résultats trouvés par Masharabu *et al*,. (2019) dans son étude diversité floristique et distribution potentielle des essences fourragères spontanées au Burundi.

IV. 2. 4. Les espèces indigènes comestibles inventoriées

D'après l'enquête auprès de la population autour du site nickélifère de Waga (tableau 8), les espèces indigènes comestibles inventoriées sont au nombre de neuf. Les prélèvements visent plus les fruits puis les racines. Les feuilles sont également récoltées. Ces résultats corroborent à ceux obtenus par Ouattara *et al.,* (2016) en Côte d'Ivoire. Des résultats similaires concernant l'abondance des fruits parmi les parties consommables des plantes indigènes comestibles sont également signalés au Burundi par Hakizimana *et al*., (2011) et dans d'autres pays comme l'Ethiopie par Molla et *al*. (2011) et la Côte d'Ivoire par Tiébré *et al*., (2016) qui rapportent que les prélèvements pour les usages alimentaires visent plus les fruits sans oublier les racines et les feuilles.

IV. 2. 5. Usages énergétiques

Les organes les plus ciblés pour usage énergétique sont les tiges et les feuilles. Les feuilles sont également récoltées pour servir de démarrage d'allumage de feu. Les tiges et les feuilles

sont également utilisées dans la satisfaction des besoins d'énergie de chauffage dans les ménages et dans les activités de chauffage des fours à briques.

Les tiges sont aussi utilisées pour la fabrication du charbon de bois qui peut être commercialisé dans les lieux proches de la commune Nyarusange et dans la ville de Gitega. Les résultats similaires sont reportés par Hakizimana *et al.,* (2011) qui soulignent que les organes les plus ciblés dans les forêts de Kigwena et Rumonge pour les usages énergétiques sont les tiges jusqu'à 90 %.

IV. 2. 6. Espèces envahisantes

Les espèces appartenant dans six familles ont été recensées comme espèces envahissantes (Asteraceae, Poaceae, Apiaceae, Verbenaceae, Fabaceae et Oxalidaceae) avec la prédominance des Asteraceae et des Poaceae sur les autres. Ces résultats concordent à ceux de Igirukwishaka *et al*., (2023) dans son étude portant surla contribution à la caractérisation des plantes envahissantes des marais de la rivière Ruvubu, Danho *et al*., (2014) dans son travail sur l'Inventaire préliminaire des plantes envahissantes de la Côte d'Ivoire et Nzigidahera (2017) dans son étude sur la situation des espèces envahissantes au Burundi. Ces espèces envahissantes commencent à inquiéter la population locale d'autant plus que ces espèces étouffent les autres plantes et les empêchent de proliférer. On constate une présence quasi monospécifique de l'espèce envahissante dans les endroits où elle est déjà installée.

IV. 3. Occupation du sol de la zone nickélifère de Waga pour les années 1989 à 2019

L'analyse comparée des images Landsat TM de 1989, 2009 et 2019 ont permis d'évaluer l'évolution du couvert végétal dans cette étude sur l'évolution spatio-temporelle de la zone nickélifere de Waga. La pésente étude a permis la mise en évidence de 4 classes d'occupation du sol notamment (1) les Champs et savanes, (2) les Microboisements, (3) les Sol nu et bâti, (4) les Végétation des marais. La distinction des différentes composantes de la végétation a été difficile d'où le choix de considérer les classes « Champs et savanes » et « sols nus et bâtis ». Les propriétés spectrales des plantes sont proches de celles de la végétation naturelle (Mamane *et* al, 2018; Mayaux P. *et al.*, 2003) ce qui pourrait être à l'origine des erreurs de confusion.

Encore plus, nos résultats ont révélé que dans la zone nickélifère de Waga, les changements d'utilisation des sols influencés par les pressions anthropiques entrainent fortement la modification de la densité du couvert végétal entre les années 1989, 2009 et 2019. Un accroissement des microboisements et végétations des marais s'est observé au détriment des

champs et savanes et des sols nus et bâtis. Cet accoissement peut être expliqué par le départ de la population qui est source de la dégradation des écosystèmes naturels, pendant la période de guerre qu'a connu notre pays. L'évolution spatio-temporelle de la zone nickélifère de Waga se traduit en général par la dégradation du couvert végétal due principalement à l'intensification des activités anthropiques telles que la demande de plus en plus croissante des terres agricoles, le surpâturage, la démographie galopante et les variations climatiques témoignées par une répartition irrégulière de pluie qui tendent largement à amplifier le phénomène de dégradation du couvert végétal (Sibomana *et al*., 2008). La pression humaine provoque de plus en plus une anthropisation des zones naturelles. Le changement climatique et son influence sur l'environnement et la société sont au cœur des préoccupations politiques et scientifiques actuelles (Dezetter *et al*., 2008).

Nos résultats ont montré également que les microboisements, végétation des marais ont augmenté d'année en année par opposition des champs et savanes. Les raisons peuvent être la politique nationale de reboisement « Ewe Burundi urambaye » et la protection des zones tampons le long des ruisseaux et rivières par des bambous et autres arbres à racines resistantes.

D'après Gbombélé *et al*., (2014), les modifications de l'occupation du sol sont assez nettes, se traduisent de façon qualitative et quantitative par les changements dans l'espace géographique et l'évolution des superficies.

CONCLUSION GENERALE ET SUGGESTIONS

Cette étude porte sur l'analyse de la flore et la végétation du site nickélifère de Waga en commune Nyarusange Province Gitega, son importance pour la population locale et l'évolution spatio-temporelle de cette zone nickélifère. D'après les résultats obtenus, nous tirons les conclusions suivantes:

Les relevés par des transects subdivisés en quadrats ont permis d'inventorier 276 espèces réparties dans 196 genres et dans 66 familles et l'échantillonnage itinérant combiné aux relevés des transects a permis d'obtenir 293 espèces réparties dans 205 genres et dans 67 familles. Onze familles les plus représentées sont respectivement les Poaceae avec 52 espèces (26 %) réparties en 23 genres puis les Asteraceae avec 49 espèces (24%) réparties en 31 genres, les Fabaceae et Rubiaceae avec 28 espèces (11 %), les Euphorbiaceae subdivisées en 11 genres et 20 espèces (10 %), les Compositeae réparties en 5 genres et 7 espèces (4 %), les Malvaceae subdivisées en 5 genres et 7 espèces (3 %), les Lamiaceae subdivisées en 5 genres

et 5 espèces (2,6 %), les Verbenaceae, les Apocynaceae, les Moraceae subdivisées en 3 genres et 4 espèces (2 %) respectivement.

Les formes biologiques des plantes de la zone nickélifère de Waga ont des spectres bruts presque proches. Les Phanérophytes représentent 36,96 %, suivi des Chaméphytes (22,46%), des Télophytes (18,84 %), des Hémicryptophytes (13,77 %) et des Géophytes (7,97 %).

En considérant les territoires phytogéographiques, les espèces à large distribution régionale sont les plus dominantes soit 37,65% des espèces, suivi des espèces à large distribution (32,9 4 %), les espèces africaines (22,75 %), les espèces de liaison (6,67 %). Cette prédominance des espèces à distribution régionale confirme la situation du Burundi au carrefour de plusieurs régions phytogéographiques. Ces espèces sont dominées par les espèces à large distribution géographique (32,94%), suivies des espèces de la région soudano-zambézienne avec 29,02%, des espèces africaines plus répandues (22,75%) et enfin des espèces montagnardes (8,63%)

En outre, les résultats montrent qu'entre 1989 et 2019 les classes d'occupation du sol ont été modifiées. La classe des champs et savanes a régressé d'une superficie de -1623,25 ha soit -52,24 %. De 1989 à 2019, la classe des végétations des marais a augmenté d'une superficie de 235,8 ha soit 5,81 %. La superficie des microboisements a aussi augmenté de 680,76 ha, soit 16,78 % tandis que la classe des sols nus et bâtis a subi une régression spatiale d'une superficie de -2107,26 ha, soit -51,94 %.

L'écart entre les superficies de chaque catégorie d'occupation du sol en 1989 et en 2019 donne une indication globale du changement intervenu. Ainsi entre 1989 à 2019 les superficies des unités d'occupation du sol ont varié. De 1989 à 2019 les superficies des catégories d'occupation du sol ont évolué. Elles ont régressé pour certaines et augmenté pour d'autres. Ceci traduit la dynamique qu'a connue ce milieu entre ces dates.

En considérant la répartition des espèces de la ZNW en taxons supérieurs, ce sont les angiospermes dicotylédones qui sont les plus représentés (76,45%).

Quant à l'évaluation de l'importance de la végétation pour la population locale, les usages matériels ont été les plus rapportés (104 espèces), suivis des usages médicinaux (58 espèces), énergétiques (36 espèces), alimentaire (8 espèces), fourrager (7 espèces) et culturel (2 espèces).

On peut donc confirmer toutes les trois hypothèses selon lesquelles la diversité floristique de la zone nickélifère de Waga est homogène sur toute l'étendue de la zone d'étude, les espèces des zones nickélifères sont d'une importance capitale pour la population locale et les activités

anthropiques ont des conséquences sur la biodiversité végétale de la zone nickelifère de waga, la zone nickélifère de Waga est constituée par une grande diversité floristique non encore identifiée.

Dans le but de contribuer à la connaissance de la diversité floristique et végétale de la zone nickélifère de Waga et celle des endroits proches de ces zones, nous suggerons :

- ✓ Aux Scientifiques, de mener des recherches très poussées surtout autour des sites métallifères afin de comparer les résultats obtenus et ceux du présent travail. Que les études mettant en relation la végétation et la pédologie soient menées dans ce site pour compléter cette étude et contribuer à l'éclaircissement de la prise de décisions sur le processus de restauration de cette zone nickélifère.
- ✓ Que l'Etat entame la sauvegarde de cet écosystème et le protège contre les menaces agissant sur sa biodiversité.
- ✓ Aux futurs chercheurs, de poursuivre ce travail pourpouvoir recencer toutes les espèces associées à la minéralisation en nickel et en déterminer au laboratoire leur capacité d'acccumulation en Nickel.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abdoulaye, C., Ouattara M., N'guessan E.A. (2020). Diversité végétale et usages des plantes dans une zone de savane soudanienne : cas de la localité de Ferkessédougou (Abidjan), 14(8), 24p

Abram, P. K., & Moffat, C. E. (2018). Rethinking biological control programs as planned invasions.Current Opinion in Insect Science, 423, 1–7p.:

Adiko, A. E. G. et *al*(2020). Variabilité des traits fonctionnels des espèces arborescentes dans la reconstitution de la végétation du Parc National d'Azagny (Côte d'Ivoire). Int.J.Biol.Chem.Sc., 14(2), 424–439.

Akodéwou, A., Johan, O., Sêmihinva, A., Laurent, G., Koffi, A., & Gond, V. (2019). Problématique des plantes envahissantes au sud du Togo (Afrique de l'Ouest) : apport de l'analyse systémique paysagère et de la télédétection. Biotechnology, Agronomy, Society and Environment, 23(2), 88–103.

Alexandra, G. (2007). Fonctionnement des écosystèmes et invasions biologiques : importance de la biodiversité et des interactions interspécifiques. Université Pierre et Marie Curie.

Asseh, E. E., Yao, K., & Aké-Assi, E. (2019). Diversité et Connaissance Ethnobotanique des Espèces de la Famille des Acanthaceae de la Réserve Naturelle Partielle de Dahliafleur, Côte d'Ivoire. European Scientific Journal ESJ, 15(9), 444–459.

Babin, D.et *al*(2019). Économie et gestion de l'environnement et des ressources naturelles (Québéc).

Backer, I. M. A. (2020). Etat des lieux des services hydrologiques et météorologiques du Burundi.

Bangirinama, F., Bigendako, M. J., Havyarimana, F., & Bogaert, J. (2011). Analyse de la flore des jachères du Burundi. Bull. Sci. Inst. Natl. Environ. Conserv. Nat., 10, 1–19.

Bangirinama, F., Bigendako, M. J., Lejoly, J., Noret, N., De Cannière, C., & Bogaert, J. (2010). Les indicateurs de la dynamique post-culturale de la végétation des jachères dans la partie savane de la réserve naturelle forestière de Kigwena (Burundi). Plant Ecology and Evolution, 143(2), 138–147.

Bangirinama, F., Hakizimana, P., & Bogaert, J. (2012). De la conservation à la restauration écologique: Démarche méthodologique. Bull. Sci. Inst. Natl. Environ. Conserv. Nat., 10, 20–24.

Bansard, J. S., M. (2021). L'exploitation durable des ressources naturelles : Le défi de gouvernance. Eath Negotiations Bulletin, 16, 1–12.

Banza, C. L. N., Nawrot, T. S., Haufroid, V., Decrée, S., De Putter, T., Smolders, E., Kabyla, B.I., Luboya, O.S., Ilunga, A.N., Mutombo, A.M. & Nemery, B. 2009. High human exposure to cobalt and other metals in Katanga, a mining area of the Democratic Republic of Congo. Environmental Research, 109(6), 745-752.

Beatty, C. R., Cox, N. A., &Kuzee, M. E. (2018). Lignes directrices sur la biodiversité pour l'évaluation des opportunités de restauration des paysages forestiers.

Bucumi, B., (2022). Etude de la flore et de la végétation des sites nickélifères de Musongati (province rutana) et de son importance pour la population locale, Université du Burundi mémoire, 71p

Belem, O. M. (1993). Contribution à l'étude de la flore et de la végétation de la forêt classée de Toessin, province du Passore Burkina Faso. Université d'Ouagadougou.

Benlamdini, N., Elhafian, M., Rochdi, A., & Zidane, L. (2014). Étude floristique et ethnobotanique de la flore médicinale du Haut Atlas oriental (Haute Moulouya). Journal of Applied Biosciences, 78, 6771–6787.

Bouché, P. (2008). Méthodes d'inventaire de la grande faune à l'usage des ZCV. Manuel Ecofac, 162.

Boullard, B. (1993). *Dictionnaire de botanique*. Marketing, Paris, 398 p.

Bouzillé, J. (2007). Connaissance de la biodiversité végétale. Démarches et outils technologiques 304p.

Braun-Branquet, Josias, & Pavillard, J. (1928). Vocabulaire de sociologie végétale (3 ème).

Brooks, R. R., Shaw S. et Marfil A. A. (1981). The chemical form and physiological function of nickel in some Iberian Alyssum species. Physiol. Plant, 51: 167-170.

Brooks, R.R, et *al.* ; (1977). Detection of nickeliferous rocks by analysis of herbarium specimens of indicators plants. Journal of Geochemistry

Brooks, R.R. (1983). Biological Methods of Prospecting for Minerals. Wiley, New York, 322 p.

Brooks, R.R. (1987). Serpentine and its vegetation: a multidisciplinary approach. Dioscorides Press, Portland, Oregon, USA, 454 p.

Brooks, R.R. (1989). Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements - A review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery, 1: 81-126.

Brooks, R.R. (1998a). General Introduction. In Plants that hyperaccumulate heavy metals. New York, USA: CAB International, pp. 1-14.

Brooks, R.R. (1998b). Geobotany and hyperaccumulators. In Plants that hyperaccumulate heavy metals, Brooks R.R. (Ed.). New York, USA: CAB International, pp. 55-94.

Brooks, R.R. (1998c). Phytochemistry of hyperaccumulators. In Plants that hyperaccumulate heavy metals. New York, USA: CAB International, pp. 15-53.

Brooks, R.R., Boyd R.S. (1998). Hyperaccumulation as a plant defensive strategy. In Plants that hyperaccumulate heavy metals. New York, USA, CAB International, pp 181-201.

Brooks, R.R., Chiarucci A., LaCoste C.J., Leblanc M., Robinson B.H., Simcock R. et tewart R.B. (1999). Phytomining for nickel, thallium and gold. Journal of Geochemical Exploration, 67: 407-415.

Burguin, E., Courtial, C., Picard, L., & Quere, E. (2020). Contrat natura 2000 « Maintien et resauration des habitats sableux de Belle-Ile -en-Mer ». Diversité de la flore et de l'entomofaune de ces milieux, effets de gestion sur cette diversité. Communauté des Communes de Belles- Iles -en-Mer : Brest : Conservatoire botanique national de Brest. Gretia. 57 p.

Burylo, M. (2010). Relations entre les traits fonctionnels des espèces végétales et leurs fonctions de protection contre l'érosion dans les milieux marneux restaurés de montagne. Ecologie, environnement.

Capo-Chichi, H. B. P., Adandédjan, D., Agadjihouèdé, H., Houélomè, A. M. T., &Lalèyè, P. A. (2018). Diversité des macro-inverstébrés benthiques du complexe lagunaire Toho-Todougba au Sud-Ouest du Bénin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB).

Charles, D. (2009). Bien et services écosystémiques « ô combien complexes et imprévisibles sont les mécanismes de controle exercés entre eux par les êtres organiques contraints de lutter les uns contre les autres ». Nature et Environnement.

Cheyns, K., Nkulu, C. B. L., Ngombe, L. K., Asosa, J. N., Haufroid, V., De Putter, T., Nawrot, T., Kimpanga, C.M., Numbi, O.L., Ilunga, B.K., Nemery, B. & Smolders, E. (2014). Pathways of human exposure to cobalt in Katanga, a mining area of the DR Congo. Science of The Total Environment, 490, 313-321.

Daget, P., Poissonet, J., & Huguenin, J. (2010). Prairies et Pâturages. Méthodes d'étude de terrain et Interprétations.

Daley-Hassen, H. (2017). Valeur économique des services écosystématiques du Parc National de l'Ichkeul, Tunisie. In Valeur économique des services écosystématiques du Parc National de l'Ichkeul, Tunisie. https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2017.03.fr

Danho et *al*. (2014). Inventaire préliminaire des plantes envahissantes de la Côte d'Ivoire, Université Nangui Abrogoua, Abidjan, 7p

Delassus, L. (2015). Outils et méthodes - Guide de terrain pour la réalisation des relevés phytosociologiques. Brest : Conservatoire botanique national de Brest, 25 p.

Desvaux, N.A. (1814). Coup d'oeil sur la famille des plantes Crucifères. *Journal de Botanique*, 3 : 145-187.

Devineau, J.L. & Fournier A. (1997). La flore et la végétation. In Devineau J.L., Fournier A. & Kaloga B. Les sols et la végétation de la région de Bondoukuy (Ouest burkinabé), présentation générale et cartographie préliminaire par télédétection satellitaire (SPOT), ORSTOM éditions : 29-47.

Dezetter, A., Paturel J. E., Ruelland D., Ardoin-Bardin S., Ferry L., Mahé G., Dieulin C., Servat E. (2008). Modélisation semi-spatialisée des ressources en eau du fleuve Niger à Koulikoro. Prise en compte des variabilités spatio-temporelles. World Water Congress, 1-4 sept. Montpellier, France, p. 111-126

Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K., Butchart, Chan, K., Garibaldi, L. A., Ichii, K., Liu, J. S., Mazhenchery, S., Brauman, J. L., Midgley, G. F., Miloslavich, P., Molnár, Z., Zayas, C. (2019). Le rapport de l'évaluation mondiale de la biodiversité et des services écosystémiques. In IPBES secretariat, Bonn, Germany. (Vol. 92, Issue 1).

Diop, F. N. (2010). Intégration de la biodiversité d'eau douce dans le processus de développement en Afrique : Mobilisation de l'information et sites de démonstration Projet de démonstration. Module de Formation des Formateurs sur le Suivi de la Flore et de la Végétation Aquatiques, 1–62.

Djohy, G. L., Henri S. Totin Vodounon H. S., Kinzo N., E. (2016). Dynamique de l'occupation du sol et évolution des terres agricoles dans la commune de sinendé au nord-Bénin. Cahiers du CBRST, N° 9 Juin 2016 Lettres, Sciences Humaines et Sociales ISSN : 1840-703X, Cotonou (Bénin), pp. 101-12

Duvigneaud, P., Denaeyer-De Smet S. (1963). Cuivre et végétation au Katanga. Bull Soc Roy Bot Belg 96: 92-231. Ecological Restoration International, www.ser.org & Tucson.

Edouard, K. K., Charles, S. Y., & Henri, K. K. (2015). Richesse et diversité floristique dans les biotopes environnants la Forêt classée de la Téné dans le département d'Oumé en Côte d'Ivoire. Journal of Animal &Plant Sciences, 24 (1), 3700–3713. UICN (2015). Rapport Annuel, Suisse, 36p. Exploration, 7: 9-57.

FAO. (2019). (Food and Agriculture Organisation). L'état de la biodiversité pour l'alimentation et l'agriculture dans le monde. Rapport, 16 p.

FAO. (2020). (2019). (Food and Agriculture Organisation). La Décennie des Nations Unies pour la restauration des écosystèmes. Stratégie, 19.

Faucon (2009). Ecologie et biologie de la conservation des métallophytes.Le cas de *Crepidorhopalon perennis* et *C. tenuis* (Scrophulariaceae) des sols cupro-cobaltifères du Katanga. Université Libre de Bruxelles, 220p

FCBN. (2015). « Etude sur la conservation de la nature en général et de la Réserve Naturelle de la Forêt de Bururi en particulier ».

Flores, O. (2005). Déterminisme de la régénération chez quinze espèces d'arbres tropicaux en forêt guyanaise : les effets de l'environnement et de la limitation par la dispersion. Thèse de doctorat, Université Montpellier II, France, 208 p.

Franklin, S. E. *et al*. (2002). «Change detection and landscape structure mapping using remote sensing», The Forestry Chronicle, pp. 618-625.

Gaste, H.*et al*. (2005). Bioaccumulation du chrome et du nickel par *Cladonia portentosa, Hedwigia ciliata, Armeria arenaria* et *Festuca lemanii* en milieu serpentinique (Lande du Cluzeau, Haute-Vienne).Annales Scientifiques du Limousin, 2005, 16

Gbesso, F., Logbo, J., Lougbegnon, O. T., & Tente, B. (2018). Caractérisation de la flore et de la végétation du site archéologique d'Agongointo et de sa périphérie (Commune de Bohicon, Bénin). Rev. Int. Sci. App., 1(02), 39–48.

Gbesso, G.H. F. (2019). Usages des plantes d'intérêt socio-économique au sein des communautés Mahi et Nago de la Commune de Savalou au Bénin, Bulletin Scientifique sur l'Environnement et la Biodiversité, 3, pp.54–66.

Gboze, A. E., Mma Adingra, Odette, Sanogo, A., & Kassi, J. N. D. (2020). Analyse systématique et phytogéographique de la forêt classée de la Badénou (Korhogo, Côte d ' Ivoire) Systematic and plant geography analysis of Badénou forest (Korhogo, Côte d ' Ivoire). Int. J. Biol. Chem. Sci. 14(9): 14 (9), 3156–3167.

Griffith, J. A., *etal*.(2003). «Detecting trends in landscape pattern metrics over a 20-year period using a sampling-based monitoring programme», International Journal of Remote Sensing, pp. 175-81.

Hakizimana, D., Masharabu, T., Citegetse, G., Bizimana, D., & Arsène, M. (2010). Zones importantes de conservation des oiseaux au Burundi. Bulletin Scientifique de l'Institut National Pour l'Environnement et la Conservation de la Nature, 8, 50.

Hakizimana, P., Bangirinama, F., Havyarimana, F., Habonimana, B., & Bogaert, J. (2011). Analyse de l'effet de la structure spatiale des arbres sur la régénération naturelle de la forêt claire de Rumonge au Burundi. Bulletin Scientifique de l'Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature, 9, 46-52.

Havyarimana, F., (2009). Impact de la distribution spatiale des espèces arborescentes sur la diversité végétale dans la réserve naturelle forestière de Bururi (Burundi). Mémoire de Master, U L B, 51 p.

Havyarimana, F., Bigendako, M., Masharabu, T., Bangirinama, F., Lejoly, J., Barima, Y., De Cannière, C., & Bogaert, J. (2013). Diversité et distribution d'abondances des plantes d'un écosystème protégé dans un paysage anthropisé: cas de la Réserve Naturelle Forestière de Bururi, Burundi. Tropicultura, 31(1), 28–35.

Igirukwishaka, J.B., Bararunyeretse P., Habonayo R., & Bangirinama F. (2023). Contribution à la caractérisation des plantes envahissantes des marais de la rivière Ruvubu, Bujumbura, Burundi, 47-59.

Jaffré, T.(1980). Etude écologique du peuplement végétal des sols dérivés de roches ultrabasiques en Nouvelle-Calédonie. *Travaux et Documents,* 124,273 pp, Paris.

Jaffré, T. et *al* (1997). Écologie des milieux sur roches ultramafiques et sur sols métallifères.*Documents,* 306 pp, Paris.

Kalla, A. (2012). Etude et valorisation des principes actifs de quelques plantes du sud algérien (Pituranthos scoparius, Rantherium adpressum et Traganum nudatum). Faculté des Sciences Exactes, Université Mentouri, Constantine,Thèse de Doctorat. 137p.

Kati-Coulibaly, S. *et al.* (2021). Les substances d'origine végétale en Côte d'Ivoire Potentiel et développement durable. Marseille, 208 p.

Keller, C., Hammer D., Kayser A., Richner W., Brodbeck M et Sennhauser M. (2003). Root development and heavy metal phytoextraction efficiency: comparison of different plant species in the field. Plant and Soil, 249: 67-81.

Keller, C. (2005). Distribution of cadmium in leavesof *Thlaspi caerulescens*. *Journal of Experimental Botany*, 56(412): 765-775.

Kouamé, N., Gnahoua, G., Kouassi, K., & Traore, D. (2008). Plantes alimentaires spontanées de la région du Fromager (Centre- Ouest de la Côte d'Ivoire): flore, habitats et organes consommés. Sciences & Nature, 5(1), 61–70.

L'Huillier, L., Jaffré, T., & Wulff, A. (2010). Mines et Environnement en Nouvelle-Calédonie : les milieux sur substrats ultramafiques et leur restauration (IAC).

Latham, M., Quantin, P. & Aubert, G. (1978). Etude des *sols* de la Nouvelle-Calédonie. Nouvel essai sur la classification, la caractérisation, la pédogénèse et les aptitudes des sols en Nouvelle-Calédonie. Notice explicative, 78, 138 pp. ORSTOM, Paris.

Lebrun & Stork A. (1992). Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale. Volume II. Chrysobalanaceae à Apiaceae. Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève, Genève, 257p

Leteinturier, B. (2002). Évaluation du potentiel phytocénotique des gisements cuprifères d'Afrique centro-australe en vue de la phytoremédiation de sites pollués par l'activité minière. Gembloux, Belgique: Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux.

Leteinturier, B., Baker A.J.M. & MalaisseF. (1999). Early stages of natural revegetation of metalliferous mine workings in South Central Africa: a preliminary survey. Biotechnol. Agron. Soc. Environ., 3, 28-41.

Limoges, B., Boisseau, G., Gratton, L., & Kasisi, R. (2013). Terminologie relative à la conservation de la biodiversité in situ. Le Naturaliste Canadien, 137(2)

Lu, D. *et al*. (2004). «Change detection, technic», International Journal of Remote Sensing, pp. 2365-2407.

Mamane, B., Amadou, G., Barage, M., Comby, J., & Ambouta, J. M. K. (2018). Dynamique spatio-temporelle d'occupation du sol dans la Réserve Totale de Faune de Tamou dans un contexte de la variabilité climatique (Ouest du Niger). International Journal of Biological and Chemical *Sciences, 12* (4) 1667-1687. Doi:10.4314/ijbcs.v12i4.13.

Marcon, E. (2018). Mesures de la Biodiversité. Écologie des forêts de Guyane, 12, 283

Mas, J-F. (2000). «Une revue des méthodes et des techniques de télédétection du changement», Journal canadien de télédétection, pp. 349- 362.

Masharabu, T. (2011). Flore et végétation du Parc National de la Ruvubu au Burundi : diversité, structure et implications pour la conservation. Université Libre de Bruxelles.Thèse de doctorat, 227p.

Masharabu, T., Bigendako, M. J., Lejoly, J., Nkengurutse, J., Noret, N., Bizuru, E., & Bogaert, J. (2010). Etude analytique de la flore et de la végétation du Parc National de la Ruvubu, Burundi. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 4(4), 834–856.

Masharabu, T., Manirakiza, O., Ndayishimiye, J., Bangirinama, F., & Havyarimana, F. (2014). Diversité et conservation des plantes ligneuses autochtones en paysage anthropisé : cas de la Zone Kabuye en Commune Matongo (Burundi). Bulletin Scientifique de l'Institut National Pour l'environnement et la Conservation de la Nature I, 13, 35–42.

Masharabu, T., Noret, N., Lejoly, J., Bigendako, M. J., & Bogaert, J. (2010). Etude comparative des paramètres floristiques du Parc National de la Ruvubu, Burundi. Geo-Eco-Trop, 34, 29–44.

Masharabu, T. et *al*,. (2019). Diversité floristique et distribution potentielle des essences fourragères spontanées au Burundi. Geo-Eco-Trop, 43, 1 : 161-170

Mayaux, P., Gond V., Massart M., Michelle P.O. & Achard F. (2003). Évolution du couvert forestier du bassin du Congo mesurée par télédétection spatiale. Bois et Forêts desTropiques, 277(3): 45-52.

MEA (2005). Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity synthesis.

MEAE (2019). Plan National pour déduire et éliminer l'utilisation du mercure dans l'extraction minière artisanale et à petite échelle de l'or au Burundi.

MEEATU (2010). Deuxième communication nationale sur les changements climatiques.

MEEATU (2012). Etat des ressources génétiques forestières au Burundi, 96p.

MEEATU (2013a). Plan régional de mise en oeuvre de la stratégie nationale et plan d'action sur la biodiversité en zones écologiques de mumirwa et de la crête Congo-Nil. 37p.

MEEATU (2014a). Cinquième rapport du Burundi à la Convention sur la Diversité Biologique.

MEEATU (2014b). Plan Stratégique de Développement et de Renforcement des Capacités dans le domaine de la Biodiversité 2013-2020.

MEEATU(2016). Plan stratégique de recherche sur les ressources génétiques médicinales au burundi (2016-2020).Bujumbura, 47p.

Mekideche, S, Brakchi-Ouakour L, Kadik L. (2018). Impact des perturbations anthropiques sur la diversité végétale de la subéraie de Chréa, au nord de l'Algérie. Bois & Forets des Tropiques, 337: 53-66.

Michel-Pierre, F. (2009). Ecologie et biologie de la conservation des métallophytes. Le cas de Crepidorhopalonperennis et C. tenuis (Scrophulariaceae) des sols cupro-cobaltifères du Katanga. Thèse de Doctorat à Université Libre de Bruxelles Faculté des Sciences P220.

Midende, G. (2009). *Étude sur les exploitations minières artisanales du Burundi*, inédit, mémoire à la demande de la Banque Mondiale.

Mininter (2013). Plan Communal de Développement Communautaire (PCDC), 130p

Mirabel, A. (2018). Réponse et Résilience de la Biodiversité d'une Forêt Tropicale après Perturbation. Thèse de doctorat en Sciences et Technologies, Université de Guyane, France, 100 p.

Molla, E.L., Asfaw, Z., Kelbessa, E. and Van Damme, P. (2011). Wild edible plants in Ethiopia: a review on their potential to combat food insecurity. Afrika focus, 24(2), pp.71-121.

Mpondo, E. M., Dibong, D. S., Priso, R. J., Ngoye, A., Flora, C., & Yemeda, L. (2012). Éttuel de la médecine traditionnelle dans le système de santé des populations rurales et urbaines de Douala (Cameroun). Journal of Applied Biosciences, 55, 4036-4045.

MSP(2005). Plan national de développement sanitaire 2006-2015.Bujumbura, 75p.

N'Guessan, K. E. (2010). Etudes d'impact environnemental et social du projet d'expansion de la mine de Bonikro sur les gisements satellites de Hiré Rapport d'étude floristique, CNF, 61 p.

N'Guessan, K. E. (2012). Etudes d'impact environnemental et social du projet de construction de la ligne 90 kV d'alimentation du site minier d'Agbaou.

Natacha, T. R. Louis, O., Mamounata, B., & Sita, G. (2009). Dynamique de l'évolution et impact d'une plante envahissante au Burkina Faso : Hyptis suaveolens (L.) Poit. Annales Université de Lomé (Togo).

Nduwimana, A., Habonayo, R., Ndayizeye, B., & Hitimana, M. (2021). Analyse phytosociologique de la végétation de la réserve naturelle forestière de Vyanda au Sud-

Ouest du Burundi. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 15(4), 1325–1337.

Nduwimana, A., Riéra, B., & Bizuru, E. (2015). Influence des facteurs écologiques sur la composition et la diversité des unités de végétation du paysage de la Malagarazi (Burundi). Revue d'écologie, 70 (3), 213–230.

Nzigidahera, B. & Habonimana, B. (2015). Etude des causes des problèmes clés de la biodiversité au Burundi. In CHM-Burundais, 96p.

Nzigidahera, B. (2017). Etude sur la situation des espèces envahissantes au Burundi, 127p.

Nzigidahera, B. (2000). Analyse de la diversité biologique végétale nationale et identification des priorités pour sa conservation. Bujumbura, INECN, 126 p.

OBPE (2018). Etude des tendances des valeurs des services écosystémiques au Burundi : Formulation des indicateurs pour mesurer, suivre et rapporter la tendance des valeurs des services des écosystèmes. In CHM-Burundais, 261p

OMVG (2010). Intégration de l'importance de la biodiversité d'eau douce dans le processus de développement de l'aménagement hydroélectrique de Sambangalou sur le fleuve Gambie.

ONB (2019). La nature sous pression. Pourquoi la biodiversité disparait ?

Osawa, T., Mitsuhashi, H., & Niwa, H. (2013). Many alien invasive plants disperse against the direction of stream flow in riparian areas. Ecological Complexity, 15, 26–32

Ouattara, D., Kouame, D., Tiebre, M.-S., Cisse, A., & N'Guessan, K. E. (2016). Diversité floristique et usages des plantes dans la zone soudanienne du Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. Journal of Animal & Plant Sciences, 31(1), 4815–4830.

Oumorou, M., & Lejoly, J. (2003). Écologie, flore et végétation de l'inselberg sobakpérou (nord-Bénin). Acta Botanica Gallica, 150 (1), 65–84.

Ouziki, M., & Taiqui, L. (2016). Evaluation exhaustive de la diversité des plantes aromatiques et médicinales de la Péninsule Tingitane (Maroc). European Scientific Journal, ESJ, 12(15), 210–230.

Payeur, M. E. (2010). Effets des pratiques sylvicoles sur les traits fonctionnels des communautés végétales de friches arbustives. Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures en vue de l'obtention du grade de Maître ès sciences (M.Sc.) en sciences biologiques, Université de Montréal, Canada, 40 p.

PNUE (2013). L'avenir de l'environnement en Afrique (AE03) : Notre environnement, notre santé, 3 ème rapport de l'environnement en Afrique, 56p.

Pressey, R. L., Cabeza, M., & Al, E. (2007). Conservation planning in changing world. Trends Ecol.Evol, 22, 583–592.

Proctor, J. & Woodell, S.R.J. (1975). The ecology of serpentine soils, *Advances in Ecological Research, 9,* 255-366.

Puig, H. (2001). Diversité spécifique et déforestation : l'exemple des forêts tropicales humides du Mexique. Bois et Forêts des Tropiques, 268(2): 51-55.

Ramamonjy, A. (2016): Analyse des Métaux par la Technique ICP-OES dans les Plantes. Hyper accumulation de Nickel dans les Zones d'Exploitation Minière d'Ambatovy et Potentiel de Phytoremediation, mémoire de master II Université d'Antananarivo Faculté des sciences Département de Chimie Minérale et Chimie Physique P72

Ramez, S. (2017). Agromine associant plantes hyper accumulatrice de nickel et légumineuse, comme service écosystémique des sols ultramafiques. Agronomie. Université de Lorraine ; Université libanaise.

Raunkiaer, S. (1934). The life's form of plants and statiscal plant geography.

Reeves, R.D. (2003). Tropical hyperaccumulators of metals and their potential for Phytoextraction. *Plant and Soil*, 249: 57-65.

Rwangabo, P.C. (1993). La médecine traditionnelle au Rwanda. ACCT, Ed. Karthala, 253p.

Saad, L. et *al*. (2012). Investigating the vegetation-soil relationships on the copper-cobalt rock outcrops of Katanga (D. R. Congo), an essential step in a biodiversity conservation plan. Restor. Ecol., 20, 405-415.

Salt, D.E., Blaylock M., Kumar N.P.B.A., Duskenkov V., Ensley B.D., Chet I. et Raskin I. (1995). Phytoremediation: A novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. *Bio/Technology*, 13: 468-474.

Sarrailh, J.-M. (2002). La revégétalisation des exploitations minières : l'exemple de la Nouvelle-Calédonie. Bois Et Forêts Des Tropiques, 272(2), 21–31.

Schmitt-Sirguey, C. (2004). Dynamique du Cd disponible du sol sous l'influence del'hyperaccumulateur *Thlaspi caerulescens*. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Lorraine, France, 137 p.

SER. (2004). The SER (Society for Ecological Restoration International Science & Policy).

Sèwadé, C. (2017). Diversité, biomasse foliaire des ligneux fourragers et capacité de charge des terres de parcours des zones de transition Guinéo-Congolaise/ Soudanienne du Bénin. Thèse de Doctorat. FSA/UAC, 242 p.

Sibomana, S., Nshimba, S.M., koffi, K.J., Robbrecht, E., Lejoly, J., Habonimana, B. & Bogaert, J. (2008). Identification des plantes menacées du Burundi par l'analyse de vulnérabilité. *Ann. Fac. Sci. Unikis,* 13: 77- 85.

Tenté B., (2005). Recherche sur les facteurs de la diversité floristique des versants du massif de l'Atacora : Secteur Perma-Toucuontouna (Bénin). Thèse de Doctorat unique. EDP/FLASH/UAC, 252 p

Tiébré, M., Ouattara, D., Tra, B., Vroh, A., Gnagbo, A., & Edouard, K. (2016). Diversité floristique et disponibilité des plantes utilitaires en zone soudanienne de la Côte d ' Ivoire. Journal of Applied Biosciences, 102, 9699–9707.

Trescases, J.J. (1975) L'évolution géochimique supergène des roches ultrabasiques en zone tropicale. Formation des gisements nickéìifères deNouvelle-Calédonie, *Mémoires,* 78, 259 pp. ORSTOM, Paris.

Troupin, G. (1966). Etude phytocénologique du parc national de l'Akagera et du Rwanda oriental. Recherche d'une méthode d'analyse appropriée à la végétation de l'Afrique intertropical (INRS).

Troupin, G. (1988). Flore du Rwanda, Spermatophytes. Musée Royal de l'Afrique Centrale, I à IV.

UICN (2015). (Union Internationale pour la Conservation de la Nature). Rapport Annuel, Suisse, 36p.

UICN France. (2018). (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) Les solutions fondées sur la Nature. Pour lutter contre les changements climatiques et réduire les risques naturels en France, Paris, 48p.

Uren, N.C. (1992). Forms, reactions, and availability of nickel in soils. *Advances in Agronomy*, 48: 141-203.

Vanessa, C. (2018). Réponse de Brassicacées hyperaccumulatrices à la disponibilité du nickel des sols ultramafiques.

Vroh, B., Tiébré MS, Ouattara D, N'Guessan KE. (2014). La réserve forestière Dékpa d'Agbaou, un exemple de conservation de la diversité végétale sur les sites miniers de la Côte d'Ivoire, International Journal of Innovation and Applied Studies, 6(2) : 162. Rapport d'études floristiques, CNF, 56 p.

Vroh, B., Adou, Y. C. Y., & Kouamé, D. N. D. H. N. K. E. (2010). Diversité floristique et structurale sur le site d'une réserve Volontaire à Azagué Sud-Est de la Côte d'Ivoire. European Journal of Scientific Research, 43(3), 411–421.

Whiting, S. N., Neumann P. M. et Baker A. J. M. (2003). Nickel and zinc hyperaccumulation by Alyssum murale and Thlaspi caerulescens (Brassicaceae) do not enhance survival and whole-plant growth under drought stress. Plant, Cell and Environment, 26: 351-360.

Whittaker, R. H., Walker, R. B. & Kruckeberg, *A. R.* (1954) The ecology of serpentine soils: a symposium *Ecology,* 35 (2), 258-288.

WWF, & BAD. (2012). (World Wildlife Fund & Banque Africaine pour le Développement). Rapport sur l'empreinte écologique de l'Afrique. Infranstructures verte pour la sécurité écologique en Afrique.

ANNEXES

Annexe 1 : liste des espèces rencontrées (transects + parcours itinérant)

Espèces	Nom vernaculaire
Hypoestes cancellata Nees	Bukikiri
Monechma subsessile Oliver C.B Clarke	Umubazibazi
Acanthus polystachyus Del.	Itovu
Acanthus sp	
Rhus vulgaris Meikle	Umusagara
Centella asiatica (L.) Urb.	Gutwikumwe
Carissa edulis (Forssk.) Vahl	Umunyonza
Landolphia kirkii Dyer	Umubungo
Rauvolfia mannii Stapf.	Ibamba ry'ingabimwe
Phoenix reclinata Jacq.	Igisanda
Asparagus sp	Umunsabe w'i musozi
Asplenium aethiopicum (N.L. Burm.) Becherer	Agashurushuru
Aspilia pluriseta Schweinf.	Icumwa c'agasozi
Helichrysum maranguense O. Hoffm.	Manayeze
Helichrysum longiranum Moeser Engl	Igishushantama
Gutenbergia cordifolia Benth. ex Oliv.	Umweza
Helichrysum maranguense O. Hoffm.	Manayeze
Rauvolfia mannii Stapf.	Ngabimwe
Vernonia amygdalina Delile	Umubirizi
Bothriocline longipes Oliv. & Hiern.	Umubebe
Crassocephallum vitellinum (Benth) S.Moore	Umuyungubira
Microglossa pyrifolia (Lam.) Kuntze	Umuhe
Ageratum conyzoides L.	Akarura
Erigeron aegyptiacus L.	Mukobwandagowe
Helichrysum sp.	Umweza
Galisonga parviflora Cav	Ikurasuka
Anisopappus africanus (Hook. f.) Oliv. & Hiern	Umukamisha
Acmella oleracea	Ishwemu
Microglossa pyrifolia (Lam.) Kuntze	Umuhe
Anisopappus africanus (Hook. f.) Oliv. & Hiern	Umukamisha
Sonchus bipontini Asch. /Sonchus luxurians (R.Fries) C. Jeffrey	Akanunaruguma
Bidens pilosa L.	Icanda
Crassocephallum rubens Auct.non (Juss.ex Jacq.) S. moore	Igifurifuri
Ageratum conyzoides L.	Akarura
Aspilia pluriseta Schweinf.	Icumwa
Helichrisum longiranum Moeser Engl	Igishushantama
Microglossa pyrifolia (Lam.) Kuntze	Umuhe
Anisopappus africanus (Hook. f.) Oliv. & Hiern	Umukamisha

Aspilia pluriseta Schweinf.	Icumwa c'imusozi
Vernonia turbunella S. Moore	Ibamba ry'ingabimwe
Helichrisum longiranum Moeser Engl	Igishushantama
Microglossa pyrifolia (Lam.) Kuntze	Umuhe
Helichrisum longiranum Moeser Engl	Igishushantama
Vernonia turbunella S. Moore	Ibamba ry'ingabimwe
Bidens pilosa L.	Icanda
Acmella oleracea	Ishwemu
Vernonia karaguensis	Umuhombo
Bothriocline longipes Oliv. & Hiern	Umubebe wo mumwonga
Guizotia scabra (Vis.) Chiov	Ikizimyamuriro
Cordia africana	Umuvugangoma
Chenopodium ambrosioides L.	Akanukanyi
Chenopodium opulifolium	Umugombe
Parinari curatellifolia Planch. ex Benth.	Umunazi
Garcinia huillensis Welw	Isarasi
Commelina diffusa Burm. F.	Inteza
Commelina africana L	Agatezateza
Laggera crispata (Vahl) Hepper & J.R.I.Wood	Ihanamigongo
Baccharoides guineensis (Benth.) H.Rob..	Akanyaminya
Baccharoides guineensis (Benth.) H.Rob	Akanyaminya
Stomatanthes africanus (Oliv. & Hiern) R.M.King & H.Rob.	Umweyo
Senecio hochstetteri Sch.Bip. ex A.Rich	Umusatosato
Aspilia pluriseta Schweinf. ex Schweinf	Umwumira
Pleiotaxis pulcherrima Steetz	Irenzamunsi
Ipomoea obsura (L) Ker.Gawi.	Umuryanyoni
Cyperus cyperoides (L.) Kuntze.	Inimbo
Pteridium aquilinum (L.) Kuhn	Igishurushuru
Dioscoreacea dumetorum Kunth. Pax	Amatugu y'inkoto
Dracaena afromontana Mildbr	Inganigani
Dryopteris kilemensis (Kuhn) Kuntze	Imbenga
Acalypha ambigua Pax.	Umukundanya
Chamaesyce hirta (L.) Millsp.	Akaziraruguma
Bridelia brideliifolia (Pax) Fedde	Umugimbu
Acanthus polystachyus Del.	Itovu
Erythrococca bongensis Pax	Umutinti
Acalypha ambigua Pax.	Umukundanya
Erythrococca bongensis Pax	Igituramugina
Ricinus communis	
Euphorbia hirta L.	
Euphorbia grantii Oliv.	Umukoni
Acalypha brachiata C. Krauss	Kamimura

Jatropha curcas L	Ikivurahinda
Eriosema lebrunii Staner & De Craene	Inanka
Acacia sieberiana var. vermoesenii	Umunyinya
Albizia gummifera (J.Gmel.) C.A. Smith	Umusebeyi
Erythrina abyssinica	Umurinzi
Sesbania macrantha Welw. ex E. Phillips & Hutch. var. macrantha	Umunyegenyege
Caesalpinia decapetala (Roth) Alston	Uruzira
Kotschya Africana Endl.	Umushiha
Kotschya Africana Endl.	Umushiha
Acacia abyssinica	Umunyinya
Kotschya Africana Endl.	Umushiha
Macrotyloma densiflorum (Welw. ex Baker) Verdc.	Umuyobora
Albizia gummifera (J.Gmel.) C.A. Smith	Umusebeyi
Eriosema lebrunii Staner & De Craene	Inanka
Eriosema monticola Taub.	Umukaba
Indigofera arrecta	Umusorora
Kotschya strigosa (Benth.) Dewit & P.A.Duvign.	Akanyenzogera
Indigofera arrecta	Umusorora
Desmodium repandum (Vahl) DC	Urwiba
Neorautanenia mitis (A. Rich.) Verdc	Igitembetembe
Desmodium incarnatum	
Scolopia rhamnophylla	Umusongati
Dovyalis spinosissima Gilg	Umugunguma
Psorospermum febrifugum Spach	Umukubagwa
Harungana madagascariensis Poir ex Lam.	Umushayishayi
Hypoxis obtusa Baker, H. Villosa L.	Igitunguru c'imbwa
Imperata cylindrica (L.) Raeusch.	Isovu
Hypoxis obtusa Baker, H. Villosa L.	Igitunguru c'imbwa
Gladiolus dalenii Van Geel	Ikirungu
Coleus dysentericus	Inumpu
Leonotis nepetaefolia (L.) R.Br.	Umutongotongo
Plectranthus barbatus Andrews	Igicuncu
Plectranthus rotundifolius var. nigra A. Chev.	Inumpu zo mugahinga
Rotheca myricoides (Hochst.) Steane & Mabb.	Umukuzanyana
Leonotis nepetaefolia (R.Br) Aiton	Umutongotongo
Sida cordifolia L. var. cordifolia	Umuvumvu rweru
Hibiscus fuscus Garcke	Umutete
Sida rhombifolia L.	Umuvumvu
Hibiscus noldeae Baker f	Umushigura
Dissotis trothae Gilg	Ishonge
Stephania abyssinica (Quart.-Dill. & A. Rich.) Walp	Umuhanda
Bersama abyssinica Fresen	Umurerabana
Entada abyssinica Steud. ex A. Rich	Umusange

Ficus exasperata Vahl	Umuseno
Ficus laurifolia Lam	Igikobekobe
Maesa lanceolata Forssk.	Umuhangahanga
Psidium guajava L.	Ipera
Strombosia scheffleri Engl.	Umunyerezankende
Opilia celtidifolia Guill & Perr.	Umunyakayero
Biophytumpe tersianum Klotzsch	Tinyabakwe
Oxalis corniculata	Umunyu wa nyamanza
Adenia bequaertii Robyns et Lawalrée	Umuvugo
Sesamum angustifolium (Oliv.) Engl.	Umurendarenda
Melinis minutiflora P. Beauv.	Ikinyamavuta
Eragrostis olivacea var. congesta K. Schum.	Ishinge
Acmella oleracea	Ishwemu
Hyparrhenia diplandra (Hack.)	Umusakenkanya wera
Scadoxus sp.	Uruyange rutera
Digitaria abyssinica (Hochst. ex A. Rich.) Stapf	Urwire
Loudetia simplex (Nees) C.E.Hubb.	Umushungu
Hyparrhenia variabilis Stapf	Umusakenkanya wera
Hyparrhenia newtonii (Hack.) Stapf	Umushungu
Imperata cylindrica (L.) Raeusch.	Isovu
Setaria palmifolia (J. König) Stapf	Igikaranka
Setaria pumila (Poir.) Roem. & Schult.	Isheshe
Hyparrhenia diplandra (Hack.) Stapf.	Umusakenkanya
Cyperus cyperoides (L.) Kuntze.	Inimbo
Setaria pumila (Poir.) Roem. & Schult.	Isheshe
Digitaria abyssinica (Hochst. ex A. Rich.) Stapf	Urwire
Setaria sulcata Raddi	Ikaranka
Cynodon nlemfuensis Vanderyst	urucaca
Eleusine indica (L.) Gaertn. subsp. Indica	Urwamfu
Zea mays L.	
Matricaria sp	
Mangifera indica	
Cassia occidentalis	
Cucurbita sp	
Capsicum frutescens	
Rumex abyssinicus Jacq.	Umufumbegete
Rumex baqueraertii	Isesabirego
Lysimachia muhmeriana	Umuyobora
Protea madiensis Oliv.	Igihungere
Grevillea robusta A. Cunn. ex R. Br	Igereveriyo
Clematis hirsuta Perr Et Guill	Umunkamba
Oxyanthus speciosus DC	Umunyamabuye
Rubus pinnatus Thunb.	Inkere

Rubus apetalus Poir.	Umukere
Prunus africana (Hook. f.) Kalkman	Umuremera
Vangueria discolor (De Wild.) Lantz	Mikani
Spermacoce pusilla Wall.	Ize
Oxyanthus speciosus DC.	akanukanyi
Virectaria major (K. Schum.) Verdc.	Umukizikizi
Rytigynia monantha (K.Schum.) Robyns	Umukondokondo
Rytigynia kivuensis (K. Krause) Robyns	Inkondokondo
Mussaenda arcuata Lam. ex Poir.	Umubozanda
Rhus vulgaris Meikle	Umusagara
Dodonea viscosa L.	Umusasa
Smilax anceps Willd.	Umusuri
Solanum aculeastrum Dunal	Umutobotobo
Dombeya bagshawei Baker f.	Umukongwa
Gnidia goetzeana Gilg	Umusasankware
Triumfetta rhomboidea Jacq.	Igikururantama
Lantana camara L.	Mavyi ya kuku
Clerodendrum rotundifolium Oliv.	Umuziranyenzi
Clerodendrum johnstonii Oliver	Umunyankuru
Clerodendrum myricoides (Hochst) R. Br. ex Valke	Umukuzanyana
Cayratia gracilis (Guill. & Perr.) Suess.	Agasharita
Rhoicissus tridentata (L.f.) Wild & Drumm	Ikimari
	Urwonso
Cedrus deodara	Isederi
	Ikiringaringa
Allophylus africanus P. Beauv	Umuvumereza
	Umutengwashamba
	Akanyovunyovu
	Umuyogoro
	Umuguhaguha
	Umuhongorambugita
	Akanyabushaza
	Urwonso
	Umukakampiri
	Akanyabushaza
Psorospermum febrifugum Spach	Umukubagwa
	Umuryaryanyi
	Ngingijana
Datura stramonium	
	Umuryaryanyi
	Acanthaceae

	Umubozanda
	Itabi ry'imbwa
Carica papaya	
	Ngingijana
	Umudeneshi
	Umuryaryanyi
	Umukakampiri
	Umuka
	umunukanyi
	Umugomera
	Iraba
	Igiharamanga
	Umudeyideyi
	isotera
Steganotaenia araliacea Hochst.	Umuganasha
	Igitambambuga
	Agahumbirajana
	Umwamirankuba mukuru
	umwishwa
	Ikimogimogi
	Umukaka
Coleus dysentericus	inumpu
	Irumpurumpu
	Igitoki c'abungere
	Agahororo
	Ivuma
	Ikinga
	Ihoza
	Igifumba
	Ikigubugubu
	Akanyoho
	Igisegenyasegenya
	Imambura
	Igihahe
	Ingagari
	Akavyi
	Urwabagiza
	Umuhare
Lagenaria abyssinica (Hook.f) C. Jeffrey	Umutangatanga
Bulbostylis hispidula (Vahl) R.W. Haines subsp. Hispidula	Utunimbo tw'ishamba
	Imbogobogo
	Umubogora

	Muhure
	Umuhurika
	Umuvyintira
	Umubungere
	Umuturuka
	Umutagari
	Icegera
	Rutare
	Irenga
	Mukuru
	Igisogomanwa
	Rurarwingwe
	Akazigarurimi
	Iganzamwonga
	Ntunsungarareko
	Ingwiza
	Igona
	Umusongwe
	Umunyegenyege
	Maguru y'inkware
	Umubungo
Parthenocissus inserta	
Eucalyptus globulus	Umukaratusi
Tetradenia riparia (Hochst.) Codd	Umuravumba
Monechma subsessile Oliver C.B Clarke	
Mussaenda arcuata Lam. ex Poir.	
	Ngingijana
	Umudeneshi
	Umuhongorambugita
	Umukakampiri
	Umutengwashamba
	Umuyogoro
	Umunemberi
	Igihandambwa
	Ikiranduraburozi
	Umunyare
	Umyumbati

Annexe 2 : Abondance spécifique de la zone nickélifère de Waga

N°	Familles	Genres	Espèces	%
1	**Poaceae**	23	52	18,84
2	**Asteraceae**	31	49	17,75
3	**Fabaceae**	19	23	8,33
4	**Rubiaceae**	10	22	7,97
5	**Euphorbiaceae**	11	20	7,25
6	**Compositeae**	5	7	2,54
7	**Malvaceae**	5	7	2,54
8	**Lamiaceae**	5	5	1,81
9	**Verbenaceae**	4	4	1,45
10	**Apocynaceae**	3	4	1,45
11	**Moraceae**	3	4	1,45
12	**Vitaceae**	2	4	1,45
13	**Acanthaceae**	3	3	1,09
14	**Apiaceae**	3	3	1,09
15	**Polygonaceae**	3	3	1,09
16	**Sapindaceae**	3	3	1,09
17	**Cyperaceae**	2	2	0,72
18	**Dryopteridaceae**	2	2	0,72
19	**Flacourtiaceae**	2	2	0,72
20	**Hypericaceae**	2	2	0,72
21	**Melastomataceae**	2	2	0,72
22	**Mimosaceae**	2	2	0,72
23	**Myrtaceae**	2	2	0,72
24	**Oxalidaceae**	2	2	0,72
25	**Pedaliaceae**	2	2	0,72
26	**Primulaceae**	2	2	0,72
27	**Rosaceae**	2	2	0,72
28	**Smilaceae**	2	2	0,72
29	**Tiliaceae**	2	2	0,72
30	**Agavaceae**	1	1	0,36
31	**Amaranthaceae**	1	1	0,36
32	**Anacardiaceae**	1	1	0,36
33	**Arecaceae**	1	1	0,36
34	**Asparagaceae**	1	1	0,36
35	**Aspleniaceae**	1	1	0,36
36	**Boraginaceae**	1	1	0,36
37	**Chenopodiaceae**	1	1	0,36
38	**Chrysobalanaceae**	1	1	0,36
39	**Clusiaceae**	1	1	0,36
40	**Commelinaceae**	1	1	0,36
41	**Connaraceae**	1	1	0,36
42	**Convolvulaceae**	1	1	0,36
43	**Crassulaceae**	1	1	0,36
44	**Cucurbitaceae**	1	1	0,36
45	**Cyatheaceae**	1	1	0,36
46	**Dennstaedtiaceae**	1	1	0,36
47	**Dioscoreaceae**	1	1	0,36
48	**Dracaenaceae**	1	1	0,36
49	**Hypoxidaceae**	1	1	0,36
50	**Iridaceae**	1	1	0,36
51	**Labiaceae**	1	1	0,36
52	**Melanthacea**	1	1	0,36
53	**Menispermaceae**	1	1	0,36
54	**Myrsinaceae**	1	1	0,36
55	**Oleaceae**	1	1	0,36
56	**Opiliaceae**	1	1	0,36
57	**Passifloraceae**	1	1	0,36
58	**Phylanthaceae**	1	1	0,36
59	**Phytolaccaceae**	1	1	0,36
60	**Piperaceae**	1	1	0,36
61	**Proteaceae**	1	1	0,36
62	**Solanaceae**	1	1	0,36
63	**Sterculiaceae**	1	1	0,36
64	**Thymelaeaceae**	1	1	0,36
65	**Ulmaceae**	1	1	0,36
66	**Zingiberaceae**	1	1	0,36
	Total	**196**	**276**	**100**

Annexe 3 : Organes de plante utilisés pour soigner

Organes utilisés	nombre	%
feuilles	56	63,64
Tiges feuillées	10	11,36
Ecorces et tige	9	10,23
Plante entière	5	5,68
Ecorces et racine	3	3,41
racines	1	1,14
Tige	1	1,14
graines	1	1,14
racines/ feuilles	1	1,14
Rhizome	1	1,14
Total	**88**	**100**

Annexe 4 : Nombre de Familles, Genres et Espèces par Collines

Collines	Familles	Genres	Espèces
Mudogo	18	25	26
Muyange	10	17	18
Jaga	34	66	73
Ruhororo	19	27	27
Kabunduguru	24	49	51
Nyabikenke	17	36	39
Nkondo	16	31	32
Gasenyi	21	36	37

Annexe 5 : Liste des espèces fourragères de la zone nickélifère de waga

Nom vernaculaire	Espèces fourragères	Nombre total de citation	Pourcentage
Urwire	*Digitaria abyssinica*	26	86,86%
Ikinyetongo	*Echinochloa pyamidalis*	25	83,33%
Umusakenkanya	*Hyparrhenia cymbaria*	24	80%
Setaria	*Setaria kagerensis*	24	80%
Ikinyamavuta	*Melinis minutiflora*	23	76,66%
Uruyange	*Scadoxus multiflorus*	21	70%
Isovu	*Imperata cylindrica*	16	53,33%
Itovu		12	40%
	Desmodium uncinatum	6	20%
Akaziraruguma		25	83,33%

Annexe 6: Liste floristique de la zone nickélifère de Waga

Familles	*Nom scientifique*	Nom vernaculaire	*Formes biologiques*	*Eléments phytogéographiques*
Acanthaceae	*Hypoestes cancellata Nees*	Bukikiri	*H*	*Afr-Trop*
	Justicia flava (Forssk.) Vahl	Ikinga	*H*	*Afr-Trop*
	Acanthus polystachyus Del.	Itovu	*H*	
	Monechma subsessile Oliver C.B clarke	Umubazibazi	*Ch*	*Afr-Trop*
Agavaceae	*Agave sisalana Perrine*	Igatanyi	Ge	*Intr*
	Rhus vulgaris Meikle	Umusagara	*P*	*SZ*
	Centella asiatica (L.) Urb.	Gutwikumwe	*Ch*	*Pal*
	Heteromorpha trifoliata (H.L. Wendl.) Eckl. & Zeyh.	Umuvyintira	*P*	*SZ(O)*
	Steganotaenia araliacea Hochst.	Umuganasha	*P*	*SZ*
	Carissa edulis (Forssk.) Vahl	Umunyonza	*P*	*SZ*
	Landolphia kirkii Dyer	Umubungo	*P*	*SZ(OZ)*
	Rauvolfia mannii Stapf.	Ibamba ry'ingabimwe	*P*	*GC*
	Phoenix reclinata Jacq.	Igisandasanda	*P*	*Plur-Afr*
Asparagaceae	*Asparagus sp*	Umunsabe w'i musozi	*H*	*Plur-Afr*
Aspleniaceae	*Asplenium aethiopicum (N.L. Burm.) Becherer*	Agashurushuru	*Ge*	*Cos*
Asteraceae	*Acanthospermum australe(Loefl.) Kuntze*	Godokawigonye	*T*	*Intro*
	Acmella oleracea	Ishwemu	*T*	*Plur-Afr*
	Ageratum conyzoides L.	Akarura	*T*	*Pan*
	Anisopappus africanus (Hook. f.) Oliv. & Hiern	Umukamisha	*T*	*Pan*
	Aspilia africana subsp. magnifica (Chiov.) Wild	Umwumira	*T*	*Plur-Afr*
	Aspilia pluriseta Schweinf.	Icumwa c'imusozi	*T*	*Plur-Afr*
	Bidens pilosa L.	Icanda	*T*	*Pan*
	Bothriocline longipes Oliv. & Hiern.	Umubebe	*T*	*SZ*
	Crassocephallum rubens Auct.non (Juss.ex Jacq.) S. moore	Igifurifuri	*P*	*Afr-Trop*
	Crassocephallum	Umuyungubira	*Ch*	*Pan*

	vitellinum (Benth) S.Moore			
	Crassocephalum mannii (Hook. F.)	Umutagari	*P*	*Pan*
	Crassocephalum montuosum (S. Moore) Milne-Redh.	Igifurifuri	*P*	*Afr-Trop*
	Dicoma anomala subsp. Gerrardii (Harv.ex F.C. Wilson) S. Ortíz & Rodr. Oubiña	Umwanzuranya	*Ch*	*SZ(G)*
	Erigeron aegyptiacus L.	Mukobwandagowe	*T*	*Pan*
	Galisonga parviflora Cav	Ikurasuka	*T*	*Cos*
	Guizotia scabra (Vis.) Chiov.	Ikizimyamuriro c'imusozi	*P*	*Pan*
	Gutenbergia cordifolia Benth. ex Oliv.	Umweza	*T*	*Pan*
	Helichrysum maranguense O. Hoffm.	Manayeze	*T*	*SZ*
	Helichrysum sp.	Umweza	*T*	*SZ*
	Microglossa pyrifolia (Lam.) Kuntze	Umuhe	*P*	*SZ*
	Rauvolfia mannii Stapf.	Ngabimwe	*H*	*GC*
	Senecio hochstetteri Sch. Bip. ex A. Rich.	Umuvomera / Umusatosato	*Ge*	
	Sonchus bipontini Asch. /Sonchus luxurians (R.Fries) C. Jeffrey	Akanunaruguma	*Ch*	*L-SZ-Mo*
	Tithonia diversifolia	Ikinini (ntunsungarareko)	*P*	*Pan*
	Vernonia amygdalina Delile	Umubirizi	*P*	*Afr-Trop*
	vernonia jugalis	Ivuma	*P*	
	Vernonia turbunella S. Moore	Ibamba ry'ingabimwe	*P*	*GC*
Boraginaceae	*Cordia africana*	Umuvugangoma	*P*	*Pan*
Chenopodiaceae	*Chenopodium ambrosioides L.*	Akanukanyi	*P*	
Clusiaceae	*Garcinia huillensis Welw.*	Isarasi	*P*	*l-SZ-Mo*
Chrysobalanaceae	*Parinari curatellifolia Planch. ex Benth.*	Umunazi	*P*	*SZ(OZ)*
Commelinaceae	*Commelina diffusa Burm. F.*	Inteza	*Ch*	*Pal*
	Baccharoides guineensis (Benth.) H.Rob..	Akanyaminya	*H*	
	Laggera crispata (Vahl) Hepper & J.R.I.Wood	Ihanamigongo	*P*	
	Pleiotaxis pulcherrima Steetz	Irenzamunsi	*Ch*	

	Stomatanthes africanus (Oliv. & Hiern) R.M.King & H.Rob.	Umweyo	*Ch*	
Connaraceae	*Rourea thomsonii (Baker) Jongkind*	Umubungobungo	*P*	
	Ipomoea obsura (L) Ker.Gawi.	Umuryanyoni	*P*	
Crassulaceae	*Kalanchoe glaucescens Britt.*	Ikinetenete	*P*	
Cucurbitaceae	*Momordica foetida Schumach.*	Umwishwa	*P*	*Afr-Trop*
Cyatheaceae	*Cyathea dregei Kunze*	Mugogontarengwa	*P*	
Cyperaceae	*Cyperus cyperoides (L.) Kuntze.*	Inimbo	*H*	*Pan*
	Cyperus angolensis Boeckeler	Inimbo	*Ge*	*Afr-Mal*
	Pteridium aquilinum (L.) Kuhn	Igishurushuru	*Ge*	*Cos*
	Dioscoreacea dumetorum Kunth. Pax	Amatugu y'inkoto	*Ge*	*L-G-SZ*
Dracaenaceae	*Dracaena afromontana Mildbr.*	Inganigani	*P*	*Mo(EA)*
	Dryopteris kilemensis (Kuhn) Kuntze	Imbenga	*Ge*	*Cos*
	Dryopteris pentheri (Krasser) C.Chr.	Iraba	*Ch*	L-G-SZ
	Acalypha ambigua Pax.	Umukundanya	*T*	*Afr-Trop*
	Acanthus polystachyus Del.	Itovu	*P*	*SZ*
	Bridelia brideliifolia (Pax) Fedde	Umugimbu	*P*	*SZ(OZ)*
	Chamaesyce hirta (L.) Millsp.	Akaziraruguma	*Ch*	*SZ(OZ)*
	Clutia abyssinica Jaub. & Spach	Umurerama	*P*	
	Erythrococca bongensis Pax	Umutinti	*P*	*SZ(OZ)*
	Euphorbia candelabrum	Igihahe	*P*	*SZ(OZ)*
	Euphorbia grantii Oliv.	Umukoni	*P*	*SZ(OZ)*
	Euphorbia tirucalli var. rhipsaloides (Willd.) Chev.	Umunyare	*P*	*SZ(OZ)*
	Jatropha curcas L.	Ikidakama	*P*	*SZ(OZ)*
Fabaceae	*Acacia abyssinica*	Umunyinya	*P*	*SZ(O)*
	Acacia sieberiana var. vermoesenii	Umunyinya	*P*	*Afr-Mal*
	Albizia gummifera (J.Gmel.) C.A. Smith	Umusebeyi	*P*	*Afr-Mal*
	Caesalpinia decapetala (Roth) Alston	Uruzira	*P*	*SZ(EO)*

	Desmodium uncinatum (Jacq.		*P*	
	Desmodium repandum (Vahl) DC.	Urwiba	*T*	
	Eriosema lebrunii Staner & De Craene	Inanka	*Ge*	*Plur-Afr*
	Eriosema monticola Taub.	Umukaba	*Ge*	*SZ(OZ)*
	Erythrina abyssinica	Umurinzi	*P*	*SZ(SO)*
	Indigofera arrecta	Umusorora	*Ch*	*SZ(SO)*
	Indigofera emarginella A.Rich	Umunyengoga	*P*	*Afr-Trop*
	Kotschya Africana Endl.	Umushiha	*P*	*L-SZ-Mo*
	Macrotyloma densiflorum (Welw. ex Baker) Verdc.	Umuyobora	*Ch*	
	Neorautanenia mitis (A. Rich.) Verdc.	Intembetembe	*Ch*	*Afr-Trop*
	Pericopsis angolensis (Baker) Meeuwen	Umubanga	*P*	*SZ(Z)*
	Pseudarthria hookeri var. argyrophylla Verdc.	Ikigubugubu	*H*	
	Pterocarpus angolensis DC. / Pterocarpus tinctorius Welw.	Umukambati	*P*	*Afr-Trop*
	Sesbania macrantha Welw. ex E. Phillips & Hutch. var. macrantha	Umunyegenyege	*P*	*SZ(EO)*
Flacourtiaceae	*Dovyalis spinosissima Gilg*	Umugunguma	*P*	*SZ(EO)*
	Scolopia rhamnophylla	Umusongati	*P*	*Afr-Mal*
	Harungana madagascariensis Poir ex Lam.	Umushayishayi	*P*	*SZ*
	Psorospermum febrifugum Spach	Umukubagwa	*P*	*SZ*
Hypoxidaceae	*Hypoxis obtusa Baker, H. Villosa L.*	Igitunguru c'imbwa	*Ge*	
Iridaceae	*Gladiolus dalenii Van Geel*	Ikirungu	*Ge*	*Pal*
Labiaceae	*Coleus dysentericus*	Irumpu	*Ge*	*Pan*
Lamiaceae	*Tetradenia riparia (Hochst.) Codd*	Umuravumba	*T*	
	Leonotis nepetaefolia (L.) R.Br.	Umutongotongo	*P*	*SZ(Z)*
	Plectranthus barbatus Andrews	Igicuncu	*T*	*SZ(Z)*
	Plectranthus rotundifolius var. nigra A. Chev.	Inumpu	*Ch*	
	Rotheca myricoides (Hochst.) Steane & Mabb.	Umukuzanyana	*P*	*Afr-Trop*

Malvaceae	*Hibiscus cannabinus L.*	Umushigura	*P*	*Pal*
	Hibiscus fuscus Garcke	Umutete	*P*	*SZ(EOZ)*
	Sida cordifolia L. var. cordifolia	Umuvumvu rweru	*T*	*SZ(EOZ)*
	Sida rhombifolia L.	Umuvumvu	*T*	*Pan*
	Sida rhombifolia L.	Umuvumvu	*T*	*L-SZ-Mo*
Melanthacea	*Bersama abyssinica Fresen.*	Umurerabana	*P*	*Plur-Afr*
Melastomataceae	*Antherotoma naudinii Hook.f.*	Agashonge	*T*	*Afr-Mal*
	Dissotis trothae Gilg	Umushongesha	*P*	*L-SZ-Mo*
Menispermaceae	*Stephania abyssinica (Quart.-Dill. & A. Rich.) Walp*	Umuhanda	*Ch*	*SZ*
Mimosaceae	*Mimosa pigra*	Umubambangwe	*P*	*L-G-SZ*
	Entada abyssinica Steud. ex A. Rich	Umusange	*P*	*SZ*
Moraceae	*Ficus ovata Vahl*	Igikobe	*P*	*Plur Afr*
	Ficus exasperata Vahl	Umuseno	*P*	*Mo(EA)*
	Ficus laurifolia Vahl.	Umumanda	*P*	*Plur-Afr*
	Ficus ingens (Miq.) Miq.	Ikivumu	*P*	*Plur-Afr*
	Maesa lanceolata Forssk.	Umuhangahanga	*P*	*SZ*
Myrtaceae	*Eucalyptus saligna Sm.*	Umukaratusi	*P*	*Intr*
	Syzygium guineense var. parvifolium Engl.	Umugoti	*P*	*Plur Afr*
	Strombosia scheffleri Engl.	Umunyerezankende	*P*	*SZ*
Opiliaceae	*Opilia celtidifolia Guill & Perr.*	Umunyakayero	*P*	*L-G-SZ*
Oxalidaceae	*Oxalis corniculata*	Umunyu wa nyamanza	*P*	*Subcos*
	Biophytumpe tersianum Klotzsch	Tinyabakwe	*T*	*L-G-SZ*
Passifloraceae	*Adenia bequaertii Robyns et Lawalrée*	Umuvugo	*Ch*	*SZ*
Piperaceae	*Peperomia tetraphylla (G. Forst.) Hook*	Akaramata	*T*	
Pedaliaceae	*Sesanum angolense Welw.*	Umurendarenda	*Ch*	*SZ*
	Sesamum angustifolium (Oliv.) Engl.	Umurendarenda	*Ch*	*Afr-Mal*
poaceae	*Perotis patens Gand.*	Isotera	*T*	*Afr-Mal*
	Acmella oleracea	Ishwemu	*H*	*Pan*
	Cynodon nlemfuensis Vanderyst	Urucaca rw'imusozi	*Ch*	*Pan*
	Cyperus cyperoides (L.) Kuntze.	Inimbo	*H*	*Pal*
	Digitaria abyssinica (Hochst. ex A. Rich.) Stapf	Urwire	*Ge*	*SZ(OZ)*

	Eleusine indica (L.) Gaertn. subsp. indica	Urwamfu	*T*	*Pan*
	Eragrostis olivacea	Ishinge	*Ch*	*SZ(OZ)*
	Eragrostis olivacea var. congesta K. Schum.	Ishinge	*Ch*	*Pal*
	Hyparrhenia collina (Pilg.) Stapf	Igisakenkanya	*H*	*L-G-SZ*
	Hyparrhenia diplandra (Hack.) Stapf.	Umusakenkanya	*H*	*Pal*
	Hyparrhenia dissoluta (Nees ex Steud.) C.E. Hubb. Stapf	Umusakenkanya	*H*	*Plur-Afr*
	Hyparrhenia familiaris (Steud.) Stapf	Igikenkekenke	*H*	*SZ-Mo*
	Hyparrhenia filipendura (Hochst.)Stapf	Igisatete	*H*	*Pal*
	Hyparrhenia newtonii (Hack.) Stapf	Umushungu	*H*	*Subcos*
	Hyparrhenia variabilis Stapf	Umusakenkanya cera	*H*	*Pan*
	Imperata cylindrica (L.) Raeusch.	Isovu	*Ge*	*Pan*
	Loudetia arundinacea (Hochst. ex A. Rich.) Steud.	Umukangayange	*H*	*SZ*
	Loudetia simplex (Nees) C.E.Hubb.	Umuyange	*H*	*Plur-Afr*
	Melinis minutiflora P. Beauv.	Ikinyamavuta	*H*	*Plur-Afr*
	Phragmites moritianus L.	Amarenga	*P*	*Pan*
	Scadoxus sp.	Uruyange rutera	*H*	*Pan*
	Setaria palmifolia (J. König) Stapf	Ikaranka	*T*	*SZ*
	Setaria pumila (Poir.) Roem. & Schult.	Isheshe	*T*	*Cos*
	Setaria sulcata Raddi	Ikaranka	*T*	*SZ*
Polygonaceae	*Rumex baqueraertii*	Isesabirego	*H*	
	rumex abyssinicus jacq	Igifumba	*H*	*SZ-Mo*
	Rumex usambarensis (Dammer) Dammer	Umufumbegete	*Ch*	*SZ-Mo*
Primulaceae	*Macrotyloma densiflorum (Welw. ex Baker) Verdc.*	Umuyobora	*Ch*	*Afr trop*
	Lysimachia muhmeriana	Umuyobora	*Ch*	*Afr trop*
Proteaceae	*Protea madiensis Oliv.*	Igihungere	*P*	*L-SZ-Mo*
Phylanthaceae	*Phyllanthus gagnioevae Jean F. Brunel & J.P. Roux*	Umuturuka	*P*	
Phytolaccaceae	*Phytolacca dodecandra L'Hérit.*	Umwokora	*P*	
Rubiaceae	*Oxyanthus speciosus DC*	Umunyamabuye	*P*	*Mo (Afr-Mal)*
	Galium simense Fresen.	Igikakakaka	*P*	

	Keetia gueinzii (Sond.)	Umwayi	*P*	*L-SZ-Mo*
	Mussaenda arcuata Lam. ex Poir.	Umubozanda	*P*	*L-SZ-Mo*
	Oxyanthus speciosus DC	Umunyamabuye	*P*	*L-SZ-Mo*
	Rhus vulgaris Meikle	Umusagara	*P*	*SZ(O)*
	Rytigynia castanea Lebrun, Taton & L. Touss.	Umukondokondo mutoya	*P*	*SZ(O)*
	Rytigynia kivuensis (K. Krause) Robyns	Umukondokondo munini	*P*	*SZ(O)*
	Spermacoce princeae (Schumann) Verde.	Umunyovunyovu	*P*	*L-SZ-Mo*
	Spermacoce pusilla Wall.	Ize	*P*	*SZ(O)*
	Vangueria discolor (De Wild.) Lantz	Mikani	*P*	*SZ(O)*
	Virectaria major (K. Schum.) Verdc.	Umukizikizi	*Ch*	*Mo*
Rosaceae	*Rubus pinnatus Thunb.*	Inkere	*P*	*Mo (Afr-Mal)*
	Rubus apetalus Poir. var. apetalus	Umukerekere	*P*	*Mo (Afr-Mal)*
	Rubus apetalus Poir. var. apetalus	Umukerekere	*P*	*Mo (Afr-Mal)*
	Rubus pinnatus Thunb.	Inkere	*P*	*Plur Afr*
Sapindaceae	*Cardiospermum halicacabum*	Imbogobogo	*H*	
	Allophylus africanus var. griseotomentosus (Gilg) Verdc.	Umuvumereza	*P*	*Pan*
	Dodonea viscosa L.	Umusâsa'	*p*	*Afr-Trop*
Smilaceae	*Smilax anceps Willd.*	Umusuri	*P*	*Afr-Trop*
	Smilax kraussiana Meisn.	Umurerajuru	*P*	*SZ(OZ)*
Solanaceae	*Solanum aculeastrum Dunal*	Umutobotobo	*Ch*	*SZ(OZ)*
Sterculiaceae	*Dombeya bagshawei Baker f.*	Umukongwa	*Ch*	*SZ(OZ)*
	Gnidia goetzeana Gilg	Umusasankware	*Ch*	*SZ(OZ)*
Tiliaceae	*Triumfetta cordifolia A. Rich.*	Umusarenda	*P*	*SZ(OZ)*
	Triumfetta rhomboidea Jacq.	Igikururantama	*P*	*SZ(OZ)*
Ulmaceae	*Trema orientalis (L.) Blume*	Umurwampore	*P*	*SZ(OZ)*
Verbanaceae	*Lantana camara L.*	Mavyi ya kuku	*P*	*SZ(OZ)*
	Clerodendrum johnstonii Oliver	Umunyankuru	*P*	*Afr-Trop*
	Clerodendrum myricoides (Hochst) R. Br. ex Valke	Umukuzanyana	*P*	*SZ(OZ)*
	Clerodendrum	Umuziranyenzi	*P*	*Pan*

	rotundifolium Oliv.			
	Rotheca myricoides (Hochst.) Steane & Mabb.	Umukuzanyana	*P*	*Pan*
Vitaceae	*Cissus quadrangularis*	Umubogora	*H*	
	Cayratia gracilis (Guill. & Perr.) Suess.	Agasharita	*P*	
	Parthenocissus inseta (A. Kern.		*P*	
	Rhoicissus tridentata (L.f.) Wild & Drumm.	Ikimari	*P*	
Zingiberaceae	*Aframomum sanguineum K. Schum.*	Rutare	*P*	*Afr-Mal*

Annexe 7 : Données climatologiques récoltées à l'IGEBU (2024)

Année	Précipitations	Année	Précipitations
1990	1020,5	2009	1210,5
1991	1107,8	2010	1135,1
1992	1079,7	2011	1217,6
1994	1163,4	2012	1003,7
1995	1011,5	2013	1040,9
1996	1097,6	2014	1282,6
1997	1532,2	2015	1264,2
1998	1179,7	2016	1141,6
1999	1240,3	2017	930,4
2000	813,2	2018	1035,4
2001	1205,9	2019	1169,5
2002	1183,1	2020	1226,4
2003	941,2	2021	1432,3
2004	1220,6	2022	1136,4
2005	794,8		
2006	1544,5		
2007	1076,1		
2008	1017,3		

Annexe 8 : Quelques différentes photos des plantes inventoriées dans la zone nickélifère de Waga



Gutenbergia cordifolia Benth.ex Oliv.



Keetia gueinzii (Sond.)

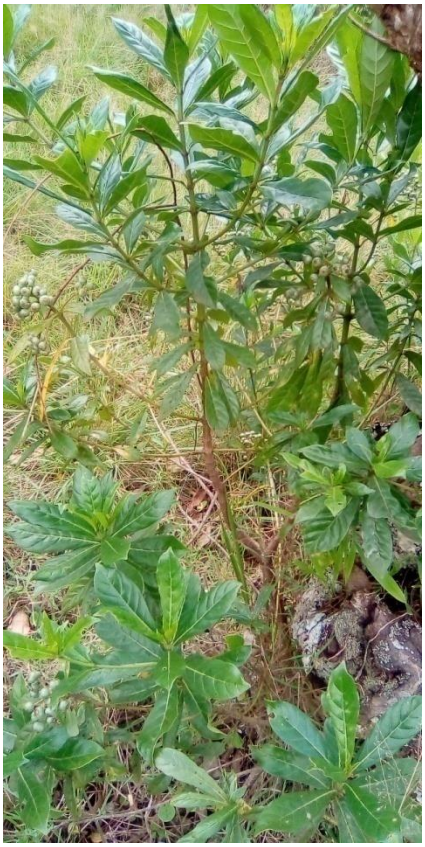


Ipomoea obsura (L) Ker.Gawi.



Sida cordifolia L. var. cordifolia





*Strombosia scheffleri Engl.*Pavetta ternifolia





Parinari curatellifolia Planch.*Psorospermum febrifugum Spach*



Dombeya bagshawei Baker f.



Microglossa pyrifolia (Lam.) Kuntze



Annexe 9 : Questionnaire d'enquête pour travail de mémoire

Sujet de mémoire : Analyse de la flore indigène et de la végétation de la zone nickélifère de Waga en commune Nyarusange.

Questionnaire d'enquête sur les connaissances ethnobotaniques et ethnoécologiques de la population locale de la zone nickélifère de Waga, Gitega-Burundi : Perspectives de la conservation et restauration de la biodiversité de la zone nickélifère

I. OBJECTIF :

Connaître les espèces d'importance pour la population locale, et leur écologie en vue de leur utilisation future dans la restauration des sites pendant et après l'exploitation de la mine.

Identification de l'enquêté(e)

Nom : ……Prénom : …… Age : |__|__|

Sexe : M ☐ F☐ Etat civil : Célibataire ☐ Marié ☐ Veuf/Veuve ☐ Divorcé(e) ☐

Niveau d'étude : Primaire ☐ Secondaire☐ Université☐ Aucun☐

Profession : …….

Province : ……Commune : …… Colline : ……. Sous-colline : II. Questions relatives aux connaissances ethnobotaniques et ethnoécologiques de la population locale de la zone nickélifère de Waga

II.1 Connaissance de la diversité végétale de la zone nickélifère de la commune Nyarusange et de son importance pour la population locale

1) Quelles sont les espèces végétales indigènes de la zone nickélifère de Waga (Commune Nyarusange) que vous considérez comme importantes pour la population locale ? Précisez l'importance de chaque espèce et la partie utilisée.

Nom de l'espèce	Importance (soyez exhaustifs) +Partie utilisée
1.	
2.	
3.	

2) Si un usage médicinal est évoqué, précisez : partie utilisée; mode de préparation : quantité, mélanges éventuels, solvant ; mode d'administration (orale, anale, cutanée ; combien de fois).

Espèces	Maladies traitées	Parties utilisées	Mode de préparation	Mode d'administration
1.				
2.				
3.				
4.				

3) De toute la liste ci-haut proposée, quelles sont les top-cinq espèces d'importance pour la population et pourquoi ?

Nom de l'espèce	Raison du choix (éventuellement liée à l'importance)
1.	

2.	
3.	
4.	

4) Parmi les espèces citées, lesquelles sont vendues sur le marché local grâce à l'importance que vous venez de leur attribuer. Préciser le prix par rapport à la quantité ou au nombre de la ressource vendue

Nom de l'espèce	Raison de la vente (partie vendue, matériel fabriqué et vendu, etc)	Prix /quantité ou nombre	Fréquence de vente (combien par mois, par an ?)
1.			
2.			
3.			
4.			

II.2. Analyse de l'évolution (réduction éventuelle du stock) des espèces végétales d'importance pour la population de la zone nickélifère de waga de la commune nyarusange

5) Les espèces végétales de la zone nickélifère de waga ci-haut proposées comme d'importance pour la population, sont-elles en progression ou en régression ?

Nom de l'espèce	Progression	Régression	Stable	Raison de l'évolution
1.				
2.				
3.				

II.3. Analyse ethnoécologique des espèces végétales d'importance pour la population de la zone nickélifère de waga

6) Pour toute la liste des espèces d'importance pour la population locale, connaissez-vous les et pourriez-vous nous informer sur ce qui suit :

Noms de l'espèce	Période de floraison	Mode de dispersion	Comment produire des plants
1.			
2.			
3.			
4.			

II.4. Niveau d'acceptabilité de domestication des espèces végétales de la zone nickélifère de waga qui sont d'importance pour la population locale

7) De toute la liste des espèces végétales de la zone nickélifère de waga qui sont d'importance pour la population locale, donnez-nous en trois espèces que vous pourriez facilement adopter pour les planter dans votre propriété. Pourquoi ?

Nom de l'espèce	Raison d'adoption pour la domestication	Parties utilisées pour la domestication

1.		
2.		

III. Connaissance sur des espèces envahissantes dans la zone d'étude

8) Connaissez-vous d'espèces envahissantes dans votre milieu ? Oui ☐ Non☐

Si Oui, donnez quelques exemples

……

IV. Connaissance sur des espèces toxiques.

Connaissez-vous des plantes toxiques dans votre milieu ? Oui ☐ Non ☐

Nom de l'espèce	Parties toxiques	Effets toxiques
1.		
2.		
3.		

V. Connaissances sur les espèces introduites / exotiques de la zone d'étude

Nom de l'espèce	Importance de l'espèce	Effet non souhaite de l'espèce	Où la trouve-t-on généralement
1			
2			
3			

VI. Espèces agro forestières de la zone d'études

……
……

VII. Plantes sauvages comestibles

……
……

VIII. Plantes fourragères

……
……

Autres questions selon les réalités sur terrain dans la zone (ibindi biterwa bifise akanaro tutavuze). Donnez des exemples.……
……

Merci pour vos réponses pleines de certitude.