



REPUBLIQUE DU BURUNDI
MINISTRE DE L'EAU, DE L'ENVIRONNEMENT, DE
L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'URBANISME
OFFICE BURUNDAIS POUR LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT



ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES BIENS ET SERVICES
ECOSYSTEMIQUES POUR UNE EVALUATION
ECONOMIQUE AU BURUNDI



Point focal national biodiversité
Nationaal knooppunt biodiversiteit

LA COOPÉRATION
BELGE AU DÉVELOPPEMENT .be



Bujumbura, Mars 2015

**ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES BIENS ET
SERVICES ECOSYSTEMIQUES POUR UNE EVALUATION
ECONOMIQUE AU BURUNDI**



Office Burundais pour la Protection de l'Environnement
B.P. 2757 Bujumbura
Burundi
Tél. (257)22234304
E-mail: inecn.biodiv@cbinf.com
Site web: <http://bi.chm-cbd.net>

© CHM-Burundais: Centre d'Echange
d'Information en matière de Diversité
Biologique, (Clearing House Mechanism), 2015

Document consolidé dans le cadre du «Programme de recherche, échange d'information, sensibilisation et conservation de la biodiversité au Burundi» mis en place dans le cadre du mémorandum d'Accord entre l'OBPE (ex INECN) et l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique (IRScNB).

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	4
I. APPROCHE METHODOLOGIQUE	5
II. PRESENTATION DES RESULTATS	6
II.1. SERVICES ECOSYSTEMIQUES CLES ET LEUR HIERARCHISATION.....	6
II.2. ETUDES SUR LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES.....	9
<i>Services écosystémiques rendus par l'écotone terre-eau du lac Tanganyika comme zone de frayère et de filtre contre la pollution et la sédimentation.....</i>	<i>10</i>
<i>Produits forestiers comme services écosystémiques des milieux naturels et artificiels au Burundi.....</i>	<i>25</i>
<i>Régulation hydrologique et climatologique des forêts génératrice des services écosystémiques pour le bien-être de l'homme</i>	<i>36</i>
<i>Services écosystémiques fournis par la symbiose ectomycorrhizique en forêts claires du Burundi.....</i>	<i>51</i>
<i>Attraction touristique, service écosystémique très important pour l'économie Nationale</i>	<i>62</i>
CONCLUSION.....	75

INTRODUCTION

Cette étude s'inscrit dans le cadre du Programme de recherche, échange d'information, sensibilisation et conservation de la biodiversité au Burundi mis en place dans le cadre du mémorandum d'Accord entre l'OBPE (ex INECN) et l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique.

L'élaboration d'une étude sur les services écosystémiques vient marquer la seconde étape de réflexion sur les biens et services écosystémiques au Burundi. La première étape avait consisté à sensibiliser les parties prenantes essentiellement les décideurs et les entrepreneurs afin d'adopter des options appropriées pour sauver les biens et services fournis par les écosystèmes.

On pourrait alors se demander pourquoi cette préoccupation envers les services écosystémiques. Partout dans le monde, la création des aires protégées depuis les années 1940 avait l'objectif de conserver une nature riche en faune comme les éléphants, les lions, les antilopes et des paysages forestiers les plus remarquables. La philosophie et les approches qui accompagnaient cette conservation n'ont pas permis l'arrêt de la destruction de la nature. Au fur et à mesure que la nature était détruite en faveur de l'industrie, de l'urbanisation et de l'agriculture, le monde se rendait compte que plusieurs biens et services écosystémiques se perdaient et s'accompagnaient de la détérioration du bien-être des populations. Depuis lors, les biens et services écosystémiques sont devenus une grande préoccupation mondiale.

Pour le cas du Burundi, la biodiversité génère et aide à maintenir de nombreux services écosystémiques essentiels au bien-être humain et au développement économique. A titre illustratif, on pourrait s'imaginer le rôle de la forêt de montagne de la Kibira dans l'alimentation en eaux des rivières et dans la protection des fortes pentes contre l'érosion et dans la production des pluies. C'est grâce à ces services que le Burundi a installé et installe même aujourd'hui des barrages hydroélectriques, des plantations industrielles de thé dans et à la proximité de cette forêt.

Malgré cette importance capitale des écosystèmes, nous assistons toujours à la destruction des forêts, au drainage incontrôlé des marais, à la pollution des milieux aquatiques s'accompagnant de la destruction des processus écologiques indispensables à la production de ressources alimentaires, à la bonne santé et au développement durable.

Cette préoccupation de toute la planète, y compris le Burundi, transparait à travers les Objectifs d'Aichi de la Convention sur la Diversité Biologique qui consacre, parmi ses 5 buts stratégiques, le quatrième but sur les services écosystémiques « **Renforcer les avantages retirés pour tous de la diversité biologique et des services fournis par les écosystèmes** ». Pour opérationnaliser ce but, le Burundi a fixé deux objectifs suivants:

- Objectif 15: D'ici à 2015, les écosystèmes qui fournissent des services essentiels, en particulier l'eau, les ressources halieutiques et les ressources forestières, sont restaurés, sauvegardés et gérés de manière à garantir des systèmes de développement et le bien-être des femmes, des communautés locales et des Batwas, des populations pauvres et vulnérables;
- Objectif 16: D'ici à 2017, la contribution de la biodiversité nationale aux stocks de carbone est évaluée et des mesures pour son amélioration sont prises notamment par le renforcement de la résilience des écosystèmes et la restauration de ceux dégradés.

Malgré cette préoccupation sur les services écosystémiques, des connaissances sur leur valeur économique restent très limitées. C'est pourtant cette valeur qui devrait servir de base pour la prise des mesures de protection des écosystèmes et l'utilisation durable des biens et services qu'ils fournissent. Ainsi, cette étude constitue une préparation à l'évaluation économique des services écosystémiques au Burundi. Elle cherche à améliorer la compréhension des mécanismes de fonctionnement des biens et services les plus pertinents du pays ainsi que les écosystèmes qui les fournissent.

I. APPROCHE METHODOLOGIQUE

Au point de vue méthodologique, cette étude, fondée sur la documentation et les observations sur terrain, a suivi plusieurs étapes à savoir:

- Collecter toutes les informations disponibles en rapport avec les services écosystémiques au Burundi;
- Définir des critères clés pour hiérarchiser les services écosystémiques afin d'en dégager les plus pertinents;
- Définir les éléments clés pour faire une description détaillée de chaque service écosystémique;
- Décrire chaque service écosystémique en mettant en relief le mécanisme de son fonctionnement et les éléments qui serviront de base pour son évaluation économique;
- Faire une étude nationale bibliographique d'inventaire des services écosystémiques au Burundi;
- Organiser un mini-atelier de validation de l'étude.

Les activités ont ainsi démarré en date du 10 Décembre 2014 par un atelier qui a eu lieu dans les enceintes de l'Office Burundais pour la Protection de l'Environnement (OBPE) à Bujumbura et qui regroupait des Scientifiques ciblés et qui avaient comme mandat d'identifier et de définir les services écosystémiques les plus pertinents au Burundi. Il s'agissait d'établir une liste des services écosystémiques et de définir des critères clés pour les hiérarchiser. Des critères consensuels ont été choisis et utilisés afin d'en dégager cinq services écosystémiques les plus pertinents. A cette occasion, les participants ont ciblé cinq Personnes Ressources qui allaient faire, chacune pour chaque service écosystémique, une description détaillée de service écosystémique en mettant en relief le mécanisme de son fonctionnement et les éléments qui serviront de base pour son évaluation économique.

En date du 7 Janvier 2015, dans les enceintes de l'OBPE à Bujumbura, il y a eu une organisation de l'atelier de validation des résultats menés par l'équipe des Personnes ressources. C'est sur base de ces résultats validés que cette étude bibliographique d'inventaire des services écosystémiques au Burundi a été élaborée.

II. PRESENTATION DES RESULTATS

II.1. SERVICES ECOSYSTEMIQUES CLES ET LEUR HIERARCHISATION

• Inventaire des services écosystémiques au Burundi

Au cours d'un atelier du 10 Décembre 2014 (fig. 1), les participants ont identifié les services écosystémiques suivants:

- Ecotone terre-eau comme zone de frayère et de filtre contre la pollution;
- Produits boisés et produits forestiers non ligneux (PFNL);
- Régulation hydrologique et climatologique par les forêts;
- Symbiose forestière avec les champignons comestibles;
- Attraites touristiques;
- Pollinisation;
- Habitats naturels pour la pérennisation de la vie sauvage;
- Fertilisation du sol;
- Outil didactique et laboratoire naturel.



Fig. 1: Les participants en train d'identifier et hiérarchiser les services écosystémiques au cours de l'atelier du 10 Décembre 2014

Au cours de cet atelier, les participants ont également fait une description sommaire pour améliorer la compréhension de ces services écosystémiques (Tableau 1).

Tableau 1: Services écosystémiques et leur descriptions sommaires

Services écosystémiques	Descriptions et rôles
Ecotone terre-eau comme zone de frayère et de filtre contre la pollution	Zones de frayère par les végétaux de bordure, Production piscicole, Filtres des alluvions et colluvions par les marais, Lutte contre l'érosion et la sédimentation, la pollution, Régulation des nutriments (nitrates, phosphates...) contre l'eutrophisation
Produits boisés et produits forestiers non ligneux (PFNL)	Plantes médicinales, Produits comestibles, Produits artisanaux, Produits cultureaux, Gibiers, Miel, Bois d'œuvre, Bois de service, Bois d'énergie
Régulation hydrologique et climatologique par les forêts	Agriculture (Riziculture et théiculture) Adduction d'eau, Hydro-énergie Atténuation de la pollution, protection des sols contre l'érosion, l'Infiltration, la stabilisation des sols, la séquestration du carbone (CO2) par les forêts, l'atténuation du changement climatique
Symbiose forestière avec les champignons comestibles	Production forestière, Production mycologique, Champignons comestibles
Attraits touristiques	Paysages naturels touristiques, Animaux (buffles, chimpanzés,...)
Pollinisation	Production agricole, Production forestière, Miel
Habitats naturels d'animaux sauvages	
Fertilisation du sol	Fixation de l'azote atmosphérique par les légumineuses, litière fournie par les forêts et les végétaux dans les agroécosystèmes, lutte contre l'érosion
Outil didactique et laboratoire naturel	Expérimentations, excursions, échantillonnage

• **Services écosystémiques clés pour le Burundi**

Après l'identification des services écosystémiques, les participants ont fixé des critères pour leur hiérarchisation en y attribuant des valeurs (chiffres) suivant leur pertinence (de 0 à 3), le chiffre 3 étant de haute valeur (Tableau 2). Ainsi, les services écosystémiques ciblés sont les suivants:

- Ecotone terre-eau comme zone de frayère et de filtre contre la pollution;
- Produits boisés et produits forestiers non ligneux (PFNL);
- Régulation hydrologique et climatologique par les forêts;
- Symbiose forestière avec les champignons comestibles;
- Attraits touristiques.

Il a fallu ainsi mettre en place une équipe de Personnes Ressources pour faire une description détaillée de chaque service écosystémique en mettant en relief les éléments qui serviront de base pour son évaluation économique (Tableau 3).

Tableau 2: Hiérarchisation des services écosystémiques clés

Services écosystémiques	Critères				Scores	Classement
	Considération mondiale	Intérêt national et local	Impact socio-économique	Evaluable en coût (direct ou indirect)		
Ecotone terre-eau comme zone de frayère et de filtre contre la pollution	3	3	3	3	12	Premier
Produits boisés et produits forestiers non ligneux	3	3	3	3	12	Deuxième
Régulation hydrologique et climatologique par les forêts	3	3	3	3	12	Troisième
Symbiose forestière avec les champignons comestibles	2	3	3	3	11	Quatrième
Attraits touristiques	2	2	2	3	9	Cinquième
Pollinisation	3	1	3	2	9	Sixième
Habitats naturels d'animaux sauvages	3	3	1	1	8	Septième
Fertilisation du sol	1	3	3	1	8	Huitième
Outil didactique et laboratoire naturel	3	2	1	0	6	Neuvième

Tableau 3: Personnes Ressources chargées de mener l'étude

Services écosystémiques	Personnes Ressources	Fonctions
Ecotone terre-eau comme zone de frayère et de filtre contre la pollution	Nicayenzi Félix	Expert Environnementaliste du Projet PRODAP
Produits boisés et produits forestiers non ligneux (PFNL)	Habonimana Bernadette	Professeur à l'Université du Burundi
Régulation hydrologique et climatologique par les forêts	Nyengayenge Diomède	Expert National sur les inventaires des gaz à effets de serre
Symbiose forestière avec les champignons comestibles	Nzigidahera Benoît	Chef de la Recherche en Biodiversité à l'OBPE
Attraits touristiques	Masharabu Tatien ¹ et Fofu Alphonse ²	¹ Directeur de la Recherche Scientifique à l'Université du Burundi ² Expert National du Projet Amélioration de l'efficacité du système de gestion des aires protégées

II.2. ETUDES SUR LES SERVICES ECOSYSTEMIQUES

L'étude bibliographique d'inventaire des services écosystémiques au Burundi est composée de cinq études menées par des Personnes Ressources et validées en date du 7 Janvier 2015 (Fig. 2A-F).



Fig. 2A-F: Différentes présentations faites au cours de l'atelier de validation; **A:** Le Directeur Général de l'OBPE (à gauche) prononçant le discours d'ouverture de l'atelier, accompagné de Monsieur Han de Koeijer, Point Focal du CHM Belge (à droite); **B:** Présentation sur les Services écosystémiques rendus par l'Ecotone terre-eau comme zone de frayère et de filtre contre la pollution: Cas du lac Tanganyika par Nicayenzi Félix; **C:** Présentation sur les produits boisés et produits forestiers non ligneux par Habonimana Bernadette; **D:** Présentation sur la symbiose ectomycorrhizique en forêts claires du Burundi: Champignons comestibles par Nzigidahera Benoît; **E:** Présentation sur la régulation hydrologique et climatologique par les forêts par Nyengayenge Diomède; **F:** Présentation sur les attraits touristiques comme biens et services écosystémiques par Fofu Alphonse.

Services écosystémiques rendus par l'écotone terre-eau du lac Tanganyika comme zone de frayère et de filtre contre la pollution et la sédimentation

Nicayenzi Félix

Autorité du Lac Tanganyika

INTRODUCTION

Le lac Tanganyika, avec plus de 2000 espèces de plantes et d'animaux, se place parmi les écosystèmes d'eau douce les plus riches du monde. Plus de 600 espèces sont endémiques au bassin du lac Tanganyika. Celles-ci comprennent un pourcentage remarquable de 98% d'espèces de poissons cichlidés, 59% d'espèces de poissons non-cichlidés, 75% d'espèces de gastéropodes, 60% d'espèces de bivalves, 71% d'espèces d'ostracodes, 93% d'espèces de décapodes, 48% d'espèces de copépodes, 60% d'espèces de sangsues, 78% d'espèces de spongiaires, et bien d'autres (Coulter, 1994).

La plus grande biomasse de poisson se trouve dans la zone pélagique (résidant au large), et elle est dominée par six espèces: deux espèces de clupéidés (*Stolothrissa tanganyicae* et *Limnothrissa miodon*) et quatre espèces de Lates (*Lates stappersii*, *L. angustifrons*, *L. mariae* et *L. microlepis*). Pour les 3 dernières espèces, *L. microlepis* est pélagique et rare, *L. mariae* et *L. angustifrons* sont benthopélagiques et rares. Ces espèces sont la cible des pêcheries artisanales et industrielles du lac. Les espèces de clupéidés sont petites, nombreuses et ont une vie éphémère et sont hautement fécondes. Les espèces de Lates sont de grands prédateurs. Tous ces poissons sont pélagiques bien que certaines espèces passent une portion de leur cycle de vie dans les régions proches du rivage.

Le lac constitue une source d'eau propre, de poissons, un moyen de transport et sert à d'autres fins économiques pour une population estimée à 10 millions de personnes vivant dans son bassin. La production annuelle de poissons s'étend généralement de 165.000 à 200.000 tonnes (Mölsa *et al.* 1999), ce qui se traduit en gains annuels de l'ordre de dizaines de millions de dollars américains.

La grande biodiversité du lac Tanganyika est essentiellement liée à ses différents habitats. L'écotone terre-eau du lac Tanganyika situé à la zone intermédiaire entre deux écosystèmes aquatique et terrestre constitue un écosystème dynamique, complexe et très important. C'est en effet un milieu d'une grande productivité biologique, composée d'une riche biodiversité et constitue le lieu où s'accomplit une foule de processus et de fonctions écologiques. L'écotone terre-eau, par l'accomplissement de ces processus et de ces fonctions, fournit de nombreux services écologiques bénéfiques pour l'homme, associés au maintien de la qualité de l'eau et à l'approvisionnement en produits animal et végétal.

En dépit de son unique environnement physiographique, sa contribution à la biodiversité mondiale et son importance comme ressource pour ses pays riverains, le lac Tanganyika fait face à une variété de menaces, dont: 1) une résilience insuffisante face aux impacts des changements climatiques, 2) des pêches non durables, 3) un aménagement non durable de la terre, 4) la destruction des habitats sensibles de l'écotone, 5) les invasions biologiques, et 6) l'accroissement de la pollution (SAP, 2010).

L'intensification des activités de l'homme ont engendré une modification des écosystèmes riverains dans leur structure et leurs fonctions avec comme conséquences la fragmentation, la perte d'habitat naturel et la perte de production piscicole.

Ainsi, cette zone riveraine en dégradation fait l'objet actuellement des décisions de protection sur une largeur de 150 m. Elle est en effet indispensable comme bande d'amortissement entre le milieu aquatique et le milieu terrestre fortement anthropisé.

Cette étude vise à déterminer les possibilités d'estimations des valeurs économiques des services écosystémiques rendus par l'écotone terre-eau, qui est une zone de transition entre les deux écosystèmes aquatique et terrestre, et qui est constitué principalement des végétaux, des marais du rivage et des embouchures des rivières affluentes du lac Tanganyika.

Cette étude est une compilation des données bibliographiques portant sur les résultats des recherches scientifiques qui ont été menées sur le lac Tanganyika et les données sur les rapports ou documents stratégiques qui ont été produits par des projets de recherches ou d'aménagement qui se sont succédés sur le lac Tanganyika jusqu'à présent.

Les services écosystémiques rendus par l'écotone terre-eau qui seront concernés sont : le rôle de frayères pour les poissons et la filtre biologique contre la pollution et la sédimentation.

Nous avons emprunté les méthodes d'évaluation économique appliquées aux zones humides d'après Aoubid et Gaubert (2010) afin de proposer les possibilités d'évaluation des services écosystémiques rendus par l'écotone terre-eau du lac Tanganyika.

I. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES RENDUS PAR L'ECOTONE TERRE-EAU DU LAC TANGANYIKA

La zone occupée par l'écotone terre-eau du lac Tanganyika s'étend du nord au sud sur une bande de quelques dizaines de mètres de largeur et près de 165 km de long (Hanek et *al.*, 1993) entre les rivières Rusizi et Mukerezi. Sa superficie pourrait être estimée à plus de cinq mille ha et représente environ 0,01% de la superficie du Burundi.

Les services écosystémiques rendus par l'écotone terre-eau du lac Tanganyika sont regroupés en 2 principales catégories:

- La zone de frayères pour la plupart de poissons d'importance économique;
- La régulation de l'érosion terrestre par la stabilisation des sols et la rétention des sédiments issus des alluvions et des colluvions du Mumirwa.

I.1. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DE L'ECOTONE TERRE-EAU COMME ZONE DE FRAYERES

L'écotone terre-eau est une zone importante pour la protection des ressources du lac Tanganyika dont dépendent la plupart des riverains. En effet, cet écotone constitue une zone de frayères c'est-à-dire une zone de reproduction et de première croissance pour la plupart des espèces de poissons de valeur économique pêchés au large à l'état adulte. La faune et la flore qui s'y développent offrent de la nourriture et des abris pour la faune aquatique.

Les poissons surtout pélagiques des genres *Lates*, *Stolothrissa* et *Limnothrissa* qui sont de grande importance économique se reproduisent dans la végétation de bordure. Beaucoup de larves de *Stolothrissa* et *Limnothrissa* sont souvent pêchées au filet moustiquaire à moins d'un mètre en bordure du lac dans la baie de Bujumbura et ailleurs (Fig. 1 A,B); celles qui échappent à cette destruction effectuent des migrations horizontales vers le milieu pélagique où elles vont atteindre la taille adulte constituant ainsi le gros des captures de la pêche et servant aussi comme proies aux diverses espèces de *Lates*.

Les oeufs des *Lates* sont abondants près du fond jusqu'à 150 m de profondeur. Leurs larves sont trouvées entre 25 m et 50 m pendant la journée avec des migrations nocturnes et des concentrations élevées dans la couche de 25 m profondeur au crépuscule, suggérant des migrations verticales quotidiennes pour l'alimentation à la poursuite du zooplancton (Coulter, 1991; Kinoshita, 1997).

Lates stappersii reste dans la zone pélagique pendant presque tout le cycle de sa vie, tandis que *L. mariae*, et *L. microlepis* et *L. angustifrons* ont des phases juvéniles côtières. En effet, les jeunes *Lates microlepis* et *L. angustifrons* colonisent les roseaux de bordure. Les jeunes *Lates microlepis* de 25 à 180 mm de long sont trouvés dans les morceaux de mauvaises herbes composés essentiellement de *Ceratophyllum*, *Vallisneria* et *Potamogeton*. On les trouve aussi autour des racines de végétation émergente par exemple *Vossia* et *Phragmites*. Cette espèce utilise également les lits des herbes comme des zones crèches et peuvent passer jusqu'à un an atteignant une longueur de 180 mm dans ces habitats (Patterson et Makin, 1998; Ntakimazi et al. 2000).



Fig. 1: Alevins de *Stolothrissa* et *Limnothrissa* pêchés en bordure du lac dans la baie de Bujumbura avec les filets moustiquaires prohibés

I.2. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DE L'ECOTONE TERRE-EAU COMME ZONE DE REGULATION DE L'EROSION ET DE FILTRE DE LA SEDIMENTATION

Les végétations et les marais jouent un rôle d'atténuation de l'érosion et de la sédimentation par épuration des eaux en filtrant les alluvions et les colluvions très chargées d'éléments terreux en provenance des contreforts de Mumirwa minimisant ainsi des quantités trop importantes de sédiments en suspension dans l'eau néfastes pour l'écosystème aquatique (Fig. 2 A,B).

Bizimana et Duchaufour (1991) ont estimé les taux d'érosion dans la rivière Ntakangwa, qui s'écoule des collines déboisées et abruptes de Mumirwa, comme étant entre 20 et 100 tonnes/hectare/an. Cette zone contribue donc dans la diminution de la turbidité des eaux et la sédimentation en zone littorale qui empêchent la lumière de pénétrer dans l'eau réduisant considérablement la photosynthèse et entraînant par là des changements dans l'abondance des espèces. En guise d'exemple dans l'étude des Ostracodes à travers une variété d'habitats qui étaient perturbés par les sédiments de façon légère, modérée ou élevée, Cohen et al. (1993) ont trouvé que les Ostracodes des environnements hautement perturbés (substrats tant durs que doux) étaient significativement moins diversifiés que ceux des environnements moins perturbés, avec des différences de richesse spécifique s'étendant entre 40 et 62 %. Cohen (1991) a également constaté une réduction en richesse d'espèces de poissons allant jusqu'à 60 % à cause de la sédimentation dans la zone littorale.

L'augmentation de la turbidité de l'eau ainsi que la déposition des sédiments contrecarrent la croissance des algues, ce qui pourrait avoir de profonds effets sur les autres composantes de la trame alimentaire. Ainsi, la turbidité et la sédimentation perturbent les zones de frayère et les habitats et réduisent les éléments nutritifs utiles pour la croissance de deux espèces de Clupeidae et des jeunes *Lates*. Cela affecte incontestablement la vie pélagique du fait que les poissons adultes du genre *Lates* se nourrissent des Clupeidae.

Les végétations de cette zone jouent aussi un rôle important de filtre biologique. Elles protègent le lac contre les produits nocifs extérieurs provenant des engrais à usage agricole. Elles constituent un véritable piège pour les nitrates et phosphates qui sont des nutriments contribuant à l'eutrophisation du lac. Les nutriments concernés sont principalement l'azote (provenant surtout des nitrates agricoles et des eaux usées et secondairement de la pollution automobile) et le phosphore provenant surtout des phosphates agricoles et des eaux usées).

Par exemple à Bujumbura, les eaux usées industrielles sont directement déversées, sans traitement, dans le lac ou dans ses affluents. La brasserie et les usines textiles déversent des quantités considérables d'eaux usées, respectivement 2100 et 2350 m³ par jour. Le reste des industries déversent ensemble environ 5000 m³ par jour. Les eaux usées de ces sources peuvent contenir les substances suivantes en concentrations et en quantités différentes: sulfate d'ammonium, sang et déchets d'abattage, chlorure de calcium, cadmium, hydroxyde de calcium, chrome, hydroxyde de chrome, cobalt, cuivre, détergents, désinfectants, hydrocarbures, sulfate de fer, plomb, mercure, acide nitrique, carbonate de sodium, hydroxyde de sodium, acide sulfurique, et zinc (LTBP, 2000).

Certains quartiers de Bujumbura ont des canalisations pour les eaux d'égouts, et d'autres comptent sur les fosses septiques et les puits perdus. Cependant, aucun de ces déchets n'est traité avant de regagner finalement l'écosystème du lac. La station d'épuration de Buterere reste moins fonctionnelle.



A

B

Fig. 2 A,B: Etat des eaux se jetant dans le lac Tanganyika; A: Eaux chargées de sédiment à l'embouchure de la Rusizi; B: Eau claire de la rivière Mushara près de l'embouchure du lac Tanganyika suite à la couverture végétale en amont et en bordure du lac.

II. FONCTIONS ECOLOGIQUES DE L'ECOTONE TERRE-EAU

II.1. FONCTIONS ECOLOGIQUES DE L'ECOTONE TERRE-EAU COMME ZONE DE FRAYERE

L'écotone terre-eau du lac Tanganyika constitué des marais et de la végétation de bordure assure des conditions indispensables à la perpétuation d'une grande diversité d'espèces végétales et animales. En effet, ces végétations constituent des zones de reproduction des amphibiens et de frayères pour les poissons. Les poissons surtout pélagiques des genres *Lates*, *Stolothrissa* et *Limnothrissa* qui sont de grande importance économique se reproduisent dans cette végétation de bordure.

Les alevins de ces espèces y trouvent des conditions favorables pour l'alimentation. En effet, les jeunes de *Stolothrissa tanganyicae* vivant dans cette zone se nourrissent principalement de phytoplancton, les diatomées *Nitzschia*, *Navicula* et *Gymnodinium*, péridinides étant dominantes dans les estomacs examinées. Les jeunes de *Limnothrissa miodon* mangent, à côté du zooplancton crustacéen et des larves d'insectes, du phytoplancton (Poll, 1953). C'est une zone moins profonde et riche en échanges gazeux permettant aux alevins de bénéficier d'une oxygénation suffisante dont ils ont tant besoin pour grandir.

Au point de vue changement climatique, l'écotone terre-eau constitue une zone de projection d'ombre qui atténue le réchauffement excessif et la régulation de la température de l'eau ainsi que l'amortissement des crues et des inondations pouvant être fatales aux alevins.

II.2. FONCTIONS ECOLOGIQUES DE L'ECOTONE TERRE-EAU DANS L'ATTENUATION DE L'EROSION ET DE LA SEDIMENTATION

Les végétations du rivage fonctionnent comme des filtres contre la pollution et la sédimentation du lac Tanganyika. En effet, les végétations des marais et des bordures constituent des barrières contre les alluvions et les colluvions en provenance des hautes terres de Mumirwa et un centre d'épuration important pour les eaux qui coulent vers le lac Tanganyika.

Par exemple les rivières Mutimbuzi, Ntahangwa, Muha, Kanyosha et Mugere drainent, au cours de leur long parcours, tous les alluvions et colluvions très chargées en éléments terreux descendus des hautes terres de la crête et de tout le bassin versant du lac. Ce sont alors ces eaux polluées qui devraient être distribuées dans le lac Tanganyika. Cependant, étant des stations d'épuration par excellence, les marais et la végétation des bordures, dominés par des roselières, ralentissent la circulation des eaux sous le tapis herbeux et de ce fait, arrêtent l'apport d'éléments en suspension. Ainsi, les eaux bien purifiées se déverseront dans le lac au service des populations ichtyologiques.

Ces végétations protègent le lac contre les produits nocifs extérieurs (comme les engrais). Cette zone constitue un véritable piège pour les nitrates et phosphates qui sont des nutriments contribuant à l'eutrophisation du lac. Ainsi le phénomène se déroule comme suit: absorption par les racines des substances nutritives que sont les nitrates et phosphates, décomposition de divers polluants par les substances émises par les racines des roseaux, déclenchant une oxydation/réduction, traitement biologique, par l'action des bactéries qui décomposent les dépôts accumulés sur les racines et galets, en éléments solubles dans l'eau et nutritifs pour les plantes (Tournebize et al., 2005).

III. FONCTIONS SOCIO-ECONOMIQUE DE L'ECOTONE TERRE-EAU

III.1. FONCTIONS SOCIO-ECONOMIQUES DE L'ECOTONE TERRE-EAU COMME ZONE DE FRAYERE

Les écotones terre-eau ont des impacts socio-économiques très importants en considérant les fonctions écologiques et les services écosystémiques qu'ils rendent à la population. En effet, le service écosystémique de zone des frayères pour les poissons d'importance économique permet la production piscicole annuelle du lac pour les quatre pays riverains estimée à 165.000 à 200.000 tonnes (Mölsa et al. 1999) d'avoir lieu et de faire vivre une population de plus de 10 millions d'habitants dans tout le bassin du lac. Deux espèces pélagiques dominant très nettement dans les captures à savoir *Limnothrissa miodon* et *Stolothrissa tanganyicae* à 65%, *Lates stappersii* à moins de 30%. Le reste, avec environ 5%, est composé d'une multitude d'espèces dont 2% occupés par trois espèces de grande valeur commerciale à savoir *Lates mariae*, *Lates angustifrons* et *Lates microlepis*. La productivité en poissons des eaux du lac Tanganyika étant estimée à environ 100 kg par an et par ha, cela permettait des captures de l'ordre de 20 à 25 mille tonnes par an pour le Burundi. La plus grande partie de cette production vient de la zone pélagique (MINAGRIE, 2008).

Les poissons pêchés sont commercialisés directement depuis les plages de débarquement par les associations organisées à cet effet sous la supervision des comités de gestion des pêcheurs et le prix par caisse, par seau ou par kilo varie selon l'importance des captures. Le prix oscille autour de 10000 Fbu le kilo. Si le stock est important, les poissons non vendus sont séchés, fumés ou conservés dans les chambres froides et congélateurs pour être consommés pendant la période de fermeture en pleine lune (Fig.3 A-D).

En 2011, le secteur de la pêche a employé directement autour de 8202 paysans pêcheurs c'est-à-dire plus du triple de l'effectif enregistré en 1992 qui est de 2565 individus et presque le double de celui enregistré en 2008 dont le nombre s'élève à 4895. Les emplois sont aussi générés dans les autres activités connexes à la pêche comme le mareyage, la construction des pirogues, le traitement et la commercialisation des produits de pêche, etc.

La pêche fait vivre plus de 65.000 personnes avec leurs familles (8 personnes en moyenne / ménage /pêcheur) dont la principale source de revenus est tirée de ce secteur. Actuellement, on remarque que le nombre de pêcheurs employés dans le sous-secteur de la pêche artisanale a augmenté depuis 1992 de 320% (PRODAP, 2011).



Fig. 3A-D: Traitement de poissons après capture: A: Séchage de *Stolothrissa* sur la claie; B: Fumage de *Lates stappersii* capturés jeunes; C: Chambre froide; D: Machine à glaces

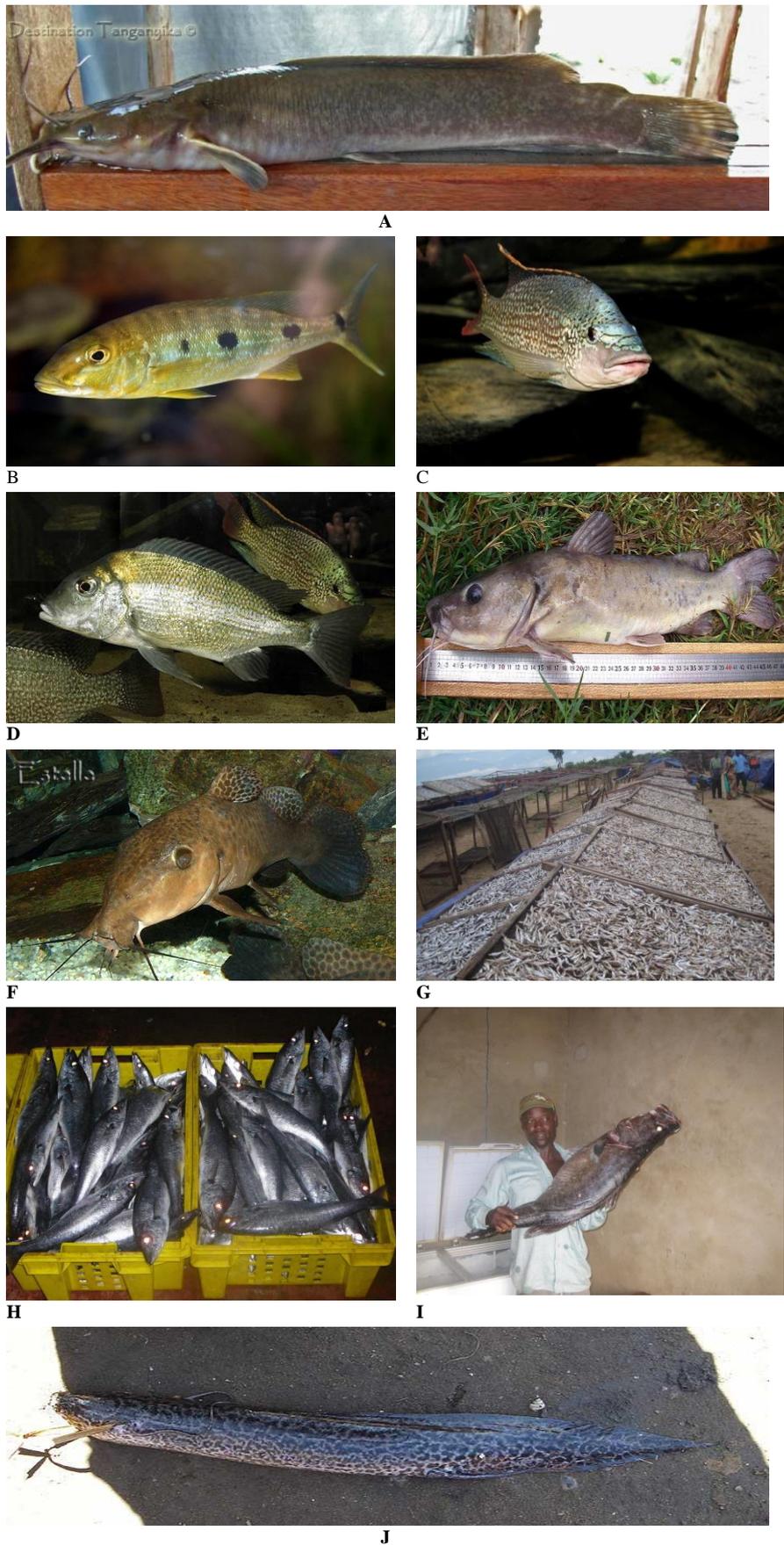
L'enquête cadre de 2011 a permis de constater que la pêche industrielle n'existe plus au Burundi. La pêche artisanale (avec Apollo ou catamaran en utilisant des carrelots de type Apollos ou normaux) domine sur le lac Tanganyika avec une production qui dépasse 95% des prises totales de poissons en 2010 (Apollo 73%, catamarans motorisés 11% et catamarans non motorisés 11,3%). La pêche coutumière qui se réalise le long de toute la côte se caractérise par de faibles rendements et ne représente que 4,4% des prises totales en 2010 (PRODAP, 2011) (Fig. 4).

A part les six espèces de clupeidés et latidés qui composent le gros des captures, d'autres espèces de ciclides et non ciclides atteignant des tailles importantes sont pêchées et vendues sur le marché. Il s'agit notamment du poisson le plus grand du lac Tanganyika pouvant atteindre plus de 40 kg appelé « Intsinga » *Dinotopterus cunningtoni*, les espèces des ciclides de *Boulengerochromis microlepis*, *Oreochromis tanganyicae*, *Tylochromis polylepis*, *Limnotilapia dardennii* etc. (Fig. 5 A-J).

Concernant le commerce pour exportation des poissons ornementaux, les pêcheurs cherchent le plus souvent les poissons multicolores des zones rocheuses qui intéressent les aquariophiles. C'est un sous-secteur de pêche qui procure des revenus aux exportateurs et la rentrée des devises pour le Burundi. Cette pêche est beaucoup plus observée vers Gitaza, en zone rocheuse non encore couverte de sédiment provenant des éboulements fréquents dans cette zone.



Fig. 4: Bateaux de pêches « catamarans » en stationnement à Muguruka



J

Fig. 5 A-J: Quelques espèces de poissons souvent rencontrées au marché; A: *Dinotopterus cunningtoni*; B: *Boulengerochromis microlepis*; C: *Oreochromis tanganyicae*; D: *Tylochromis polylepis*; E: *Chrysichtys graueri*; F: *Auchenoglanis occidentalis*; G: *Stolothrissa tanganyicae*; H: *Lates stappersii*; I: *Lates angustifrons*; J: *Protopterus aethiopicus*

III.2. FONCTIONS SOCIO-ECONOMIQUES DE L'ECOTONE TERRE-EAU DANS L'ATTENUATION DE L'EROSION ET DE LA SEDIMENTATION

Le service du maintien de la qualité de l'eau rendu par l'écotone terre-eau du lac Tanganyika en fonctionnant comme filtre biologique des polluants organiques et piège des sédiments permet le maintien de la qualité de l'eau pour l'approvisionnement en eau potable de la population riveraine du Lac. Une grande partie de l'eau consommée dans la ville de Bujumbura provient du lac Tanganyika par l'intermédiaire de la REGIDESO qui effectue le captage, le traitement et la distribution de cette eau.

Les différentes industries et usines installées sur le rivage utilisent cette eau pour le fonctionnement de leurs équipements et en tirent grand profit. C'est le cas notamment de la BRARUDI, des tanneries et des unités de fabrication de l'huile de palme. Dans les zones où l'eau du lac est bien purifiée par cette bande végétale de protection, la population riveraine l'utilise comme eau de boisson, le lessivage des habits et autres usages domestiques, les baignades, le lavage des véhicules, etc. (Fig. 6 A,B).



A



B

Fig. 6 A,B: Usages des eaux du lac Tanganyika; A: Femmes puisant l'eau du lac filtrée par les roseaux; B: Femmes effectuant la lessive au bord du lac

IV. POSSIBILITES D’EVALUATION ECONOMIQUE DES SERVICES ECOSYSTEMIQUES RENDUS PAR L’ECOTONE TERRE-EAU

IV.1. METHODES D’EVALUATION ECONOMIQUE UTILES AUX ZONES HUMIDES

Pour proposer les possibilités d’évaluation des services rendus par l’écotone terre-eau, nous avons emprunté la théorie sur les méthodes d’évaluation économique utilisées aux zones humides d’après (Aoubid et Gaubert, 2010).

Selon les échelles étudiées (mondiale, nationale, locale) et les objets d’étude (l’ensemble des fonctions et services rendus des zones humides, une fonction en particulier, un site spécifique, etc.) différentes démarches d’évaluation ont déjà été mises en place. Mais, avant de pouvoir évaluer ces fonctions et services, il est nécessaire de déterminer les différentes composantes de la valeur économique totale.

Il existe différentes catégories de valeur (Fig. 7). Les économistes distinguent les valeurs d’usage, direct ou indirect et les valeurs de non-usage:

1. **Les valeurs d’usage** se réfèrent aux services écosystémiques fournis par le bien considéré, soit comme facteur de production, soit comme élément de la demande finale. Les valeurs d’usage direct sont celles des produits extraits du milieu naturel (production de denrées alimentaires, de bois, etc.) ainsi que les activités récréatives (chasse, pêche, randonnées, etc.). Les valeurs d’usage indirect renvoient aux services fournis par le milieu naturel, aux fonctions écologiques assurées (épuration de l’eau, formation des sols, etc.).
2. **Les valeurs de non-usage** sont associées aux propriétés ou aux qualités des milieux auxquelles les individus peuvent être attachés sans pour autant en faire usage. Elles recouvrent trois catégories de valeurs:
 - *la valeur d’existence* qui est la valeur accordée au fait de savoir que quelque chose existe sans envisager pour autant d’en faire usage. Il peut s’agir de la valeur accordée à l’existence d’un milieu humide ou à la préservation d’une de ses ressources ou services;
 - *la valeur de legs* qui correspond à la valeur que l’on attribue au fait de pouvoir laisser un environnement naturel en bon état aux générations futures;
 - *la valeur d’option* qui est la valeur attribuée au fait de pouvoir conserver des biens et des services actuels ou potentiels en gardant la possibilité de choisir l’usage que l’on fera de la ressource dans le futur. A noter que la valeur d’option est, parfois, considérée comme une valeur d’usage.

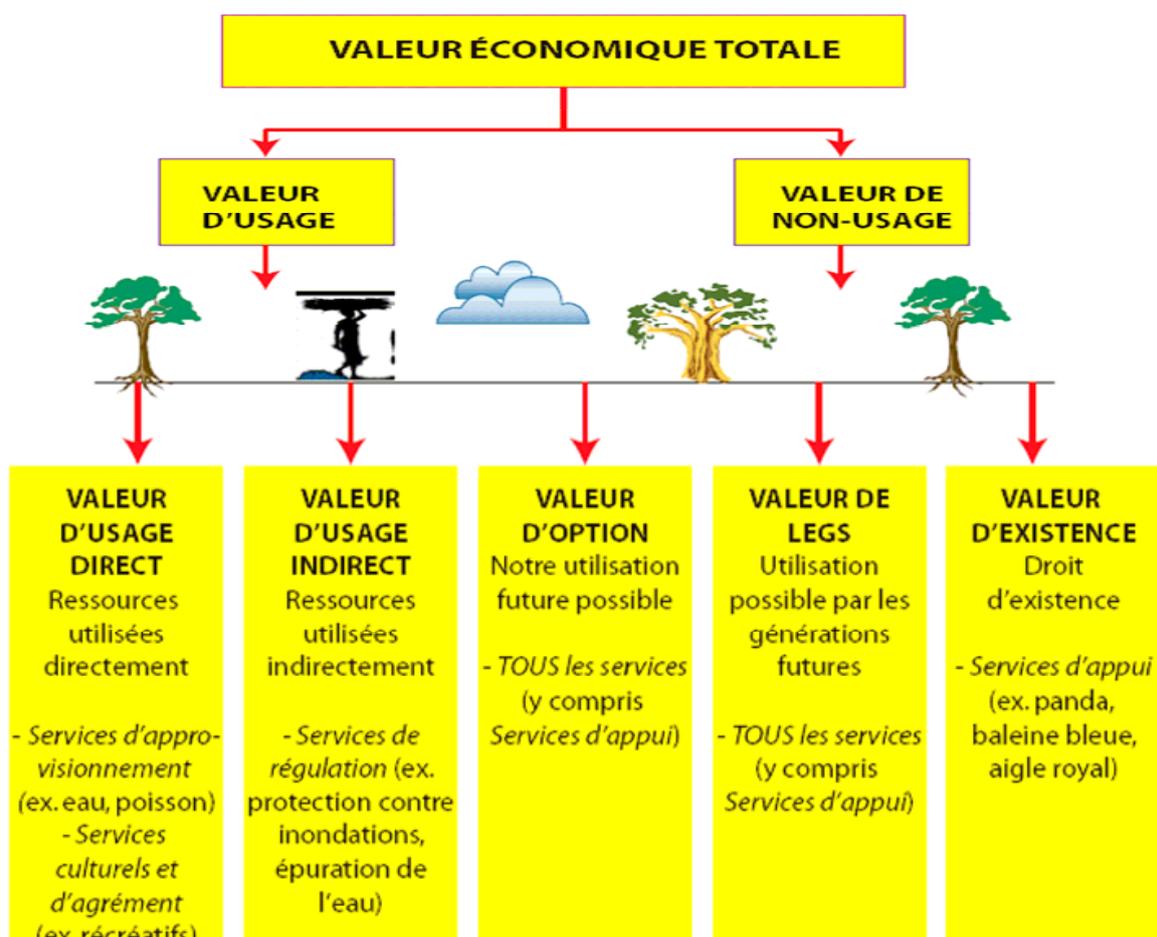


Fig. 7: Cadre de la valeur économique totale (Aoubid et Gaubert, 2010)

IV.2. METHODES D'ÉVALUATION ÉCONOMIQUE APPLICABLES À L'ÉCOTONE TERRE-EAU

1. Méthodes d'évaluation quantitative

- L'évaluation des usages directs par les prix

Les valeurs d'usage direct des biens et de certains services sont déterminées par le prix du marché dont le niveau est établi par le coût de production de ces biens et services ou par le désir que les acheteurs en aient. Dans le cas des écotones terre-eau, l'évaluation par le prix des valeurs d'usage direct est souvent rendue délicate en raison des distorsions de certains marchés, en particulier pour les activités récréatives. Elle dépend aussi du contexte socio-économique de valorisation des produits et services.

- L'estimation indirecte du marché

Nous pouvons imaginer que le lac ne produit plus de poisson suite à la dégradation totale de l'écotone terre-eau et la destruction conséquente de la zone des frayères. Une des solutions alternatives serait l'importation des poissons pour satisfaire aux mêmes besoins des consommateurs. Les poissons pourraient provenir des lacs voisins comme le lac Kivu avec les espèces de *Limnothrissa miodon* (Isambaza) et *Tilapia niloticus* ou alors du lac Victoria avec le grand capitaine *Lates niloticus* et *Tilapia niloticus*. La production annuelle du lac Tanganyika au Burundi est de plus de 10000 tonnes de poissons. On pourra estimer le coût occasionné par l'importation de la même quantité de poissons pour couvrir les mêmes besoins chez les consommateurs.

2. Méthode des coûts évités

Il n'existe pas, le plus souvent, de marché pour les services rendus par les milieux humides correspondant aux valeurs d'usage indirect, que ce soit pour la protection contre les inondations ou l'épuration des eaux. La valeur de ces services peut alors être déduite des coûts qui seraient engagés si ces services venaient à disparaître ou leur qualité altérée. Il s'agit de faire appel à des simulations: si ces services rendus par les milieux humides disparaissaient, quel en serait le coût économique ? Trois comportements sont alors possibles: on peut évaluer soit **le coût des dommages évités** par un de ces services, soit **le coût de remplacement** de ces services par des systèmes artificiels, soit **le coût de protection**.

Ainsi:

- Le service écosystémique de régulation de l'érosion par la stabilisation des sols et la rétention des sédiments issus des alluvions et des colluvions de Mumirwa pourra être évalué par la méthode des couts évités (cout de remplacement). On pourrait estimer le cout d'aménagement des ouvrages antiérosifs sur les bassins versants qui joueraient le même rôle de régulation d'érosion et de stabilisation des sols. Le principal acteur pour fournir des données est le Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage par le biais de ses services spécialisés des Directions Provinciales de l'Agriculture et de l'Elevage.
- Le service écosystémique d'épuration de l'eau ou la protection des ressources en eau pour le maintien de la qualité de l'eau pourra être évalué par la méthode des couts évités. Ici, le cout de remplacement, si ce service est dégradé. On peut imaginer ce que coutera une installation d'une station d'épuration qui exercerait un service similaire; ou alors un cout de protection qui implique le traitement de l'eau pour la potabilisation (dénitrication, clarification) par la REGIDESO.
- Habitat et nourriture pour de nombreuses espèces et support d'une grande richesse biologique, en quantité et en variété. Comme il est difficile d'évaluer cet habitat, la valeur de ces services peut alors être déduite des coûts qui seraient engagés si ces services venaient à disparaître ou leur qualité altérée. C'est la méthode d'évaluation indirecte des couts évités où le Département des pêches pourrait être un acteur important pour estimer le cout du stock des poissons perdus suite à la disparition des végétaux du rivage comme zone des frayères. Les services des forêts pourraient estimer aussi le cout de restauration végétale de la roselière et des arbustes du rivage sur une bande de largeur variable et une longueur de 165 km.
- Les Ressources végétales et animales exploitées (produits de pêche, produits végétaux) seront évalués par l'évaluation par le prix des valeurs d'usage direct sur base de données fournies par le Département des Pêches sur les stocks disponibles. Il suffit de l'évaluer et appliquer les prix proposés au marché.
- Mais si le service écosystémique de zone des frayères venait de se dégrader, il faudra penser à la méthode d'évaluation des coûts de remplacement par analyse des coûts de l'introduction des espèces allochtones et l'aquaculture pour produire la même quantité de poissons. Le Département de l'Eau de la Pêche et de l'Aquaculture est bien placé pour fournir les données nécessaires.

CONCLUSION

L'évaluation économique des services écosystémiques de l'écotone terre-eau du lac Tanganyika permet de montrer l'importance de cette zone au regard des bénéfices qu'il procure à la société.

Cette démarche d'évaluation économique est très importante pour l'écotone terre-eau du lac Tanganyika pour dégager des budgets appropriés pour sa restauration, pour mettre en évidence l'importance des fonctionnalités de l'écotone, lorsqu'elles sont mises en concurrence avec d'autres aménagements (intensification de l'agriculture, industrialisation, etc.), et enfin pour convaincre les décideurs d'engager des actions de protection de cette zone.

Il s'agit de démontrer que la préservation de l'écotone terre-eau et, donc, des services rendus par celui-ci évite d'engager des coûts importants pour des mesures curatives, en remplacement de ces services naturels.

Les méthodes d'évaluation économique appliquées à ces services écosystémiques sont pour la plupart des méthodes d'évaluation indirecte. La valeur de ces services peut alors être déduite des coûts qui seraient engagés si ces services venaient de disparaître ou leur qualité altérée. Il s'agit de faire appel à des simulations: si ces services rendus par les milieux humides disparaissaient, quel en serait le coût économique ? Trois comportements sont alors possibles: on peut évaluer soit le coût des dommages évités par un de ces services, soit le coût de remplacement de ces services par des systèmes artificiels, soit le coût de protection. Les produits de pêche et les végétaux constituent des stocks à évaluation directe.

Cette évaluation économique des services écosystémiques et les biens rendus par l'écotone terre-eau nécessiteront des données fournies par diverses institutions mais également des enquêtes sur terrain.

BIBLIOGRAPHIE

Aoubid, S. et Gaubert, H., (2010). Evaluation économique des services rendus par les zones humides ». Commissariat général au développement durable – Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable. 54p.

Assier, J.M., (2001). Etude du pouvoir des zones tampons à limiter la pollution des eaux par les produits phytosanitaires, rapport de stage, Cemagref Lyon, ENGEES.

Bizimana, M. and Duchafour, H. (1991). A drainage basin management study: the case of the Ntakangwa River Basin. pp. 43-45, in: Cohen, A.S. ed. Report on the First International Conference on the Conservation and Biodiversity of Lake Tanganyika. March, 1991. Bujumbura. Biodiversity Support Program.

Cohen, A.S. (1991). Report on the First International Conference on the Conservation and Biodiversity of Lake Tanganyika. March, 1991. Bujumbura. Biodiversity Support Program.

Cohen, A.S., Soreghan, M.J. and Scholz, C.A. (1993). Estimating the age of formation of lakes: an example from Lake Tanganyika, East African Rift system. *Geology* 21:511-514.

Coulter, G.W., (1991). *Lake Tanganyika and its Life*. 1st edition. Oxford University Press, New York.

Coulter, G.W. (1994). Lake Tanganyika. In: *Speciation in Ancient Lakes*. edited by Martens, K., Goddeeris, B. and Coulter, G. *Archiv fur Hydrobiologie* 44: 13-18.

Hanek, G., E. J. Coenen and Kotilainen, P., (1993). Aerial Frame Survey of Lake Tanganyika Fisheries. FAO/FINNIDA Research for the Management of the Fisheries on Lake Tanganyika. GCP/RAF/271/FIN-TD/09 (En): 34 p.

INECN, (2013). Réserve Naturelle du Nord du lac Tanganyika: Etude d'identification. 83 p.

INRA, (2002). Fiche de dossier de presse, Epurer les eaux chargées en pesticides: le rôle des bandes enherbées et des zones humides. www.inra.fr.

Kinoshita, I., (1997). Early life histories of pelagic fishes. pp. 259-273. *In*: H. Kawanabe, M. Hori and M. Nagoshi (eds.). *Fish communities in Lake Tanganyika*. Kyoto, Japan, Kyoto University Press.

- LTBP, (2000). Lake Tanganyika, Document de l'ADT Final. Pollution Control and Other Measures to Protect Biodiversity in Lake Tanganyika (UNDP/GEF/RAF/92/G32).
- MINAGRIE, (2011). Plan national d'Investissement Agricole (PNIA): 2012 – 2017, 93p.
- Mölsä, H., Reynolds, J.E, Coenen, E.J. and Lindquist, O.V., (1999). Fisheries research towards resource management on Lake Tanganyika. *Hydrobiologia*, 407:1-24.
- Patterson, G. and Makin, J., (1998). The State of Biodiversity in Lake Tanganyika - A Literature Review. Pollution Control and Other Measures to Protect Biodiversity in Lake Tanganyika (UNDP/GEF/RAF/92/G32). Natural Resources Institute, Chatham, UK.
- Poll, M., (1953). Exploration hydrobiologique du lac Tanganika (1946-47). Poissons non Cichlidae. *Result.Sci.Explor.Hydrobiol. Lac Tanganika (1946–1947)*, 3(5A):251.
- PRODAP, (2011). Rapport national d'enquête cadre 2011 sur le lac Tanganyika. 83 p.
- Sac E., (2007). La création de zones humides artificielles: Un outil pour la réduction des effets polluants des réseaux de drainage agricole ?, Mémoire, Université Paul Verlaine Metz, INRA, 65 p.
- SAP, (2010). The Strategic Action Programme for the Protection of Biodiversity and Sustainable Management of the Natural Resources of Lake Tanganyika and its Basin. 75 pp.

Produits forestiers comme services écosystémiques des milieux naturels et artificiels au Burundi

Habonimana Bernadette

Faculté d'Agronomie et de Bio-ingénierie, Université du Burundi

INTRODUCTION

Les biens et services que les hommes tirent des écosystèmes forestiers sont diversifiés quoi que des millénaires durant, l'attention fut accordée aux produits boisés (PB). C'est seulement depuis quelques décennies, avec le courant du développement durable, que le monde scientifique et politique commence à s'intéresser aussi aux produits autres que le bois appelés produits forestiers non ligneux (PFNL) et aux autres services tels que la régulation climatique, la purification de l'air et de l'eau, la séquestration du carbone, etc. En effet, selon Lescuyer (2010), jusqu'à la fin des années 1980, les PFNLs étaient considérés comme des ressources mineures. Depuis lors, des projets, des conférences, des publications et des politiques publiques ont manifestement changé le statut de ces produits forestiers autres que le bois.

Une prise de conscience sur l'importance de ces produits se remarque à travers le monde et se concrétise plus ou moins vite selon les pays. Au Cameroun, par exemple, une sous-direction en charge de la promotion et de la transformation des PFNLs a été créée en 1998 au sein du ministère des Forêts, et rares sont les programmes forestiers qui n'accordent pas une place particulière à la protection/gestion/régénération de ces espèces utiles aux populations locales (Lescuyer, 2010). Au Canada, d'après le Service canadien des forêts, en 2004, les forêts canadiennes comptaient plus de 500 PFNLs différents, générateurs d'une économie estimée à près d'un milliard de dollars annuellement (Duchesne, 2004 cité par Lamérand *et al.*, 2008).

Au Burundi, des études sur les PFNLs ont longtemps concerné les plantes médicinales encouragées par le travail de Bigendako (1989) avec ses recherches ethnopharmacognosiques sur les plantes utilisées en médecine traditionnelle au Burundi occidental. Les études d'autres types de PFNLs ont commencé dans les années 1990 portant essentiellement sur les champignons et les fruits comestibles des forêts claires notamment Buyck (1994), Buyck et Nzigidahera (1995), Nzigidahera (1995). C'est en 2007 que Nzigidahera publie un document sur les ressources biologiques sauvages du Burundi regroupant l'essentiellement des PFNLs des écosystèmes naturels. En 2014, des études viennent d'être faites sur la contribution des PFNLs à la réduction de la pauvreté, à l'amélioration de la sécurité alimentaire. Elles ont concerné le Parc de la Kibira et ses alentours ainsi que les réserves forestières du Sud du Pays (Nkayamba, Kigwena, Rumonge, Vyanda et Bururi). Une stratégie nationale et plan d'actions d'une utilisation rentable et durable des PFNLs au Burundi a été aussi élaborée dans le même cadre (FAO, 2014).

Malgré ces travaux déjà effectués au Burundi sur les PFs, leur contribution au bien-être humain reste peu documentée. Nous ignorons la contribution des PFs à la survie des communautés locales par rapport au reste des ressources naturelles. De plus, la part des PFs reste inconnue à la comptabilité nationale. En même temps, les écosystèmes naturels qui fournissent ces PFs ne sont pas bien gérés et disparaissent au jour le jour. Cette disparition s'accompagne par la détérioration du bien-être des communautés locales.

Cette étude vient comme une étape préliminaire à l'évaluation économique des PFs du Burundi. Elle montre les fonctions des écosystèmes dans la fourniture de ces PFs et donne des orientations vers leur évaluation économique.

I. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DES PRODUITS FORESTIERS

I.1. DESCRIPTION ET SOURCES D'APPROVISIONNEMENT DES PRODUITS BOISES

Les produits boisés sont constitués de bois d'œuvre, de service et d'énergie. Le bois d'œuvre est celui qu'on utilise pour la construction de charpentes de maisons, l'ameublement, la caisserie et la fabrication d'une multitude d'autres produits. Le bois d'œuvre est tiré du fût des arbres, c'est-à-dire de la partie la plus grosse et la mieux conformée. Le diamètre minimum est généralement de 20 à 25 cm. Le bois de service est celui qui sert aux constructions diverses. Il est souvent classé dans le bois d'œuvre. On parle de bois-énergie quand le bois est utilisé en tant que combustible (bois de chauffage et charbon de bois).

Au Burundi, les produits boisés proviennent principalement des plantations (publiques et privées) et de l'agroforesterie étant donné que les forêts naturelles sont érigées presque totalement en aires protégées et que, de ce fait, la récolte du bois y est interdite. Les espèces dont on tire ces produits sont principalement *Eucalyptus* div. sp., *Pinus* div. sp., *Cupressus lusitanica*, *Callitris* div. sp. et *Grevillea robusta* (Nduwamungu, 2011) et, dans une moindre mesure, *Acacia mearnsii* et d'autres espèces agroforestières notamment *Maesopsis eminii*, *Cedrella* div. sp., *Senna* div. sp., *Leucaena* div. sp., *Calliandra calothyrsus*, etc. Les espèces d'*Eucalyptus* sont les plus dominantes.

Le travail du bois d'œuvre est réalisé au sein de plusieurs petites unités de transformations (menuiseries) disséminées à travers le pays et spécialement dans les principaux centres urbains. Les espèces les plus utilisées sont *Eucalyptus* div. sp., *Grevillea robusta* et *Cupressus lusitanica* pour la fabrication des meubles et la production des planches destinées à la construction. Du bois de forêt est aussi utilisé clandestinement notamment *Entandrophragma excelsum*, *Hagenia abyssinica*, *Newtonia buchananii*, *Pterocarpus tinctorius*, etc.

Pour des produits de haute valeur, le Burundi ne dispose ni d'espèces adéquates ni d'industries de bois à proprement parler. Selon Nduwamungu (2011), de tels produits sont importés des pays voisins tels que la RDC, la Tanzanie et le Kenya. D'autres produits finis destinés à l'ameublement et à la construction sont importés des marchés de Dubai, Malaisie et Chine principalement.

Le bois de feu et de construction provient surtout des micro-boisements familiaux et de l'agroforesterie. Il est consommé sous forme de bois de chauffe en milieu rural et de charbon de bois en milieu urbain. Il est utilisé pour la cuisson des aliments, dans les briqueteries/tuileries, dans les boulangeries, pour le chauffage de maisons ou pour l'éclairage en milieu rural.

Au Burundi, les produits boisés sont dominés par le bois-énergie (Nduwamungu, 2011). Avec la densité démographique élevée et une population à 90% rurale, un faible taux de reboisement (0,05% en 2012) (Ndayihaye, 2014), la disponibilité en bois-énergie n'est pas garantie pour tout le monde au Burundi. Ainsi par exemple, selon Nduwamungu (2011), sur base des données fournies par Ndabirore (1999) et FAO (2010), la production du bois énergie n'était que de 1 174 000 m³ en 2010 alors que la consommation était estimée à 6 821 000 m³, soit une différence de 5 647 000 m³ (Tableau 1). La satisfaction des besoins ne serait donc que d'environ 20%. Pour Ndayihaye (2014), le bilan offre/demande en bois-énergie accuse un déficit d'un rapport de 1 à 3, soit une offre de plus ou moins 1,2 millions de tonnes alors que la demande s'estime à 3,5 millions de tonnes. C'est ainsi que dans certaines régions, le bois de feu est substitué par de la bouse de vache sèche ramassée sur les parcours naturels ou par des résidus de récolte (Hoste, 1996), produits normalement destinés à se transformer en matière organique nécessaire à une bonne production agricole.

Toutefois, tous les chiffres précédents ne sont qu'estimatifs du fait qu'il n'y a pas eu d'inventaire forestier national depuis 1976 et que la dernière enquête sur la consommation du bois-énergie à travers tout le pays date de 1994. Il est donc plus qu'urgent d'avoir des statistiques fiables pour une meilleure planification et gestion de la ressource forestière.

Tableau 1: Production, commercialisation et consommation de bois et de produits boisés
(Nduwamungu, 2011)

Type de produit	Production	Importation	Exportation	Consommation
Bois- énergie (1000 m ³)	1 174	NA	0,4	6 821
Bois rond industriel (1000 m ³)	384	0.6	3,3	381
Sciages (1000 m ³)	96	4	1,2	98
Pâte à papier (tonnes)	NA	137	NA	137
Papier et planches (tonnes)	NA	5 880	NA	5 880

NA : Non applicable

I.2. DESCRIPTION ET SOURCES D'APPROVISIONNEMENT DES PFNLs

Les produits forestiers non ligneux sont des biens d'origine biologique autres que le bois, provenant des forêts, d'autres terrains boisés ou provenant d'arbres hors forêts" (FAO, 1999 cité par Loumeto, 2010). Selon leurs fonctions, les PFNLs sont classés dans les différentes catégories suivantes (FAO, 2001 cité par Loumeto, 2010):

- Les aliments et boissons provenant des différentes parties de la plante : fruits, graines, feuilles, tiges, écorces, racines, etc. Ils peuvent résulter d'animaux comme viande de gibier, animaux comestibles ou des produits dérivés comme des œufs, le miel;
- Les fourrages;
- Les cuirs et des peaux issus des animaux;
- Les plantes médicinales pour la pharmacopée traditionnelle ou l'industrie pharmaceutique, et les pratiques médico-magiques. Il y a aussi des animaux ou leurs organes qui sont utilisées pour cela;
- Les plantes aromatiques qui fournissent de l'huile essentielle, des parfums et des produits cosmétiques;
- Les plantes techniques pour:
 - o Les colorants et les tanins, à partir surtout des feuilles et des fruits;
 - o Les ustensiles, produits artisanaux et matériaux de construction (chaume, fibres), le cordage, l'emballage, la toiture d'habitation;
- Les plantes ornementales, telles que les orchidées;
- Les plantes pour combattre les êtres vivants nuisibles: insecticides et fongicides.

Nzigidahera (2007) donne une liste de 60 espèces végétales sauvages consommées au Burundi sous forme de légumes, de fruits, de tubercules, d'épices et de boissons. Il est encore à comprendre que cette liste de végétaux comestibles est loin d'être exhaustive. Cet auteur met l'accent sur la consommation de *Basella alba* et *Solanum nigrum* et *Dioscorea bulbifera* var. *anthropophagorum* qui sont les trois espèces ayant été domestiquées au Burundi. *Basella alba* est encore commercialisé aux marchés locaux riverains du Parc National de la Kibira.

Selon Nzigidahera (2007), plus de 50 espèces de champignons sont consommées au Burundi. Parmi les divers produits forestiers comestibles du pays, ces champignons se classent par leurs qualités et quantités durant les six mois pluvieux. Les champignons comestibles du genre *Cantharellus* sont les plus abondants et apparaît durant toute la saison pluvieuse. Parmi les champignons des termitières, *Termitomyces robustus* est le plus consommé.

La liste des plantes médicinales reste très incomplète au Burundi. Bigendako et al., (1994) ont rassemblé plus de 400 espèces végétales médicinales connues au Burundi. Selon Bigendako (1989), les feuilles sont les plus utilisées (74%), alors que la tige feuillée et l'écorce de la tige représentent respectivement 7,8% et 7,2%. Les guérisseurs font rarement usage des graines: 1,2%; des fleurs: 0,80% et des fruits 0,4%.

La racine intervient dans 6,7% des cas, la tige dans 3,3%, l'écorce de la racine dans 1,6% et la plante entière dans 0,2%. Les espèces comme *Dicoma anomala*, *Prunus africana*, sont très utilisées en médecine traditionnelle.

Au Burundi, les différentes formations végétales fournissent plusieurs plantes utilisées en artisanat. Nzigidahera (2007) donne 27 espèces participant dans des usages artisanaux. Certaines espèces sont très indispensables aux communautés et constituent des sources de revenus indéniables pour plusieurs ménages. Il s'agit notamment de *Sinarundinaria alpina*, *Oxythenanthera abyssinica*, *Cyperus latifolius*, *Typha domingensis*. D'autres comme *Eremospatha macrocarpa* sont utilisées dans des entreprises artisanales. *Cordia africana* est utilisé dans la fabrication des tambours culturellement distingués et actuellement sous le statut du Patrimoine Mondial. *Osyris lanceolata* est très exploitée pour la fabrication des parfums et des produits cosmétiques (MEEATU, 2013).

Concernant les produits d'origine animale, bien que le prélèvement vise en grande partie la consommation dans des ménages, des captures des animaux vivants concernent le commerce pour des buts d'élevage et surtout pour l'exportation à travers le monde. D'autres genres d'utilisation fréquents concernent les animaux médicamenteux rencontrés dans divers marchés locaux sous forme de peaux, de griffes, de sabots et tout autre organe. Aussi, les plumes d'oiseaux et les peaux de certains animaux (Léopard, serval, etc.) sont utilisés comme des objets de parure mis dans la chevelure des hommes lors de certaines danses traditionnelles comme «Umuyebe».

Nzigidahera (2007) donne 33 espèces de mammifères consommées dont les antilopes comme *Kobus ellipsiprymnus defassa*, *Sylvicapra grimmia*, *Syncerus caffer*, *Tragelaphus scriptus* et *Tragelaphus spekei* et hippopotame, *Hippopotamus amphibius*. Plusieurs espèces d'oiseaux sont comestibles au Burundi. Nzigidahera (2007) donne une liste très loin d'être exhaustive avec 35 espèces d'oiseaux consommés. Les espèces les plus chassés sont *Balearica regulorum*, *Francolinus* div. sp. et *Numida meleagris*.

La consommation des reptiles n'est pas fréquente. Les crocodiles, les serpents, les varans et les tortues rentrent dans les menus de certaines populations. Certaines espèces sont très consommées notamment *Varanus niloticus* et *Pelusios subniger*.

Les cuisses de grenouilles restent le menu des hôtels de Bujumbura et de certaines populations surtout de la plaine de l'Imbo. C'est *Hoplobatrachus occipitalis* qui est l'espèce la plus capturée et commercialisée (Nzigidahera, 2006).

Les Burundais ont appris également à manger les insectes essentiellement les Isoptères. On en compterait plus de 8 espèces comestibles et commercialisées aux marchés locaux.

II. CONTEXTE ECOLOGIQUE DES PRODUITS FORESTIERS

Les PFs proviennent des écosystèmes naturels et des agroécosystèmes. L'exploitation des produits boisés des milieux naturels est interdite au Burundi et seuls les agroécosystèmes en fournissent légalement. Ils résultent de l'œuvre de l'homme qui les installe sous forme agroforestière et de boisements. L'essentiel des PFNLs proviennent des écosystèmes naturels. Nous allons ici nous appuyer sur les PFNLs les plus exploités du pays et les écosystèmes qui les abritent.

Le Parc National de la Kibira occupé par une forêt ombrophile de type afromontagnard déjà en place dans sa structure actuelle il y a 40000 ans (Bikwemu, 1991) offre sans nul doute des conditions favorables à l'épanouissement de plusieurs PFNLs.

En effet, sa végétation en plusieurs strates, son relief caractérisé par des vallées montagnardes et des points culminants du pays avec une végétation subalpine, son sol couvert par une litière abondante, son climat variant graduellement suivant l'altitude, avec une pluviosité atteignant 2600 mm la plus abondante du pays, créent des habitats diversifiés favorables à l'installation d'un ensemble de plantes et d'animaux rentrant dans plusieurs usages de l'homme. Les PFNLs les plus exploités sont *Sinarundinaria alpina*, *Prunus africana* et *Basella alba*. Le bambou de montagne, *Sinarundinaria alpina*, le plus exploité des PFNLs du Parc National de la Kibira, forme une formation particulière avec deux faciès connus: la bambousaie pure qui est une formation pratiquement pure à *Sinarundinaria alpina* et la bambousaie mixte composée d'arbres dispersés dans une masse de bambous. La superficie totale de cette formation est d'environ 2005 ha. *Basella alba*, une légume très appréciée de la Kibira et commercialisée dans les marchés locaux, colonise les friches herbacées et bat son plein dans les zones de recolonisation plus ou moins avancée. Etant une liane, les petits arbustes et suffrutex lui confèrent un environnement favorable pour s'étendre au-dessus des autres plantes et en profiter pour réaliser la photosynthèse. *Prunus africana*, espèce à multiples usages avec une grande participation en médecine moderne, est retrouvé dans la forêt dense de la Kibira et de Bururi, dans les altitudes variant entre 1900-2300 m. Les conditions écologiques sont nettement montagnardes. *Prunus africana* se présentant comme un arbre géant, occupe la strate arborescente supérieure.

Les conditions particulières de la forêt de Kigwena, notamment sa position dans la plaine de l'Imbo, la plus basse et la plus chaude du pays et sur un sol alluvionnaire en bordure du lac Tanganyika. Cela favorise la présence des épiphytes et des lianes créant des enchevêtrements et conférant à cette formation un cachet d'une forêt dense impénétrable. *Eremospatha macrocarpa*, un palmier rotang lianeux très exploité en artisanat, y trouve un climat favorable pour s'épanouir et occuper toutes les strates. C'est cette espèce qui rend d'ailleurs impénétrable cette forêt. On la trouvera également dans plusieurs localités du Sud et Est du pays.

Les marais sont des fonds des vallées humides situés entre des rangées de collines, traversés par des cours d'eau à faible vitesse, différents les uns des autres du point de vue composition floristique selon les conditions hydriques et/ou altitudinales. Les marais de haute altitude sont signalés au-delà de 1700 m d'altitude où ils évoluent en tourbières dans les hautes vallées. Ces milieux bien inondés favorisent la prolifération de *Cyperus latifolius* qui, dans plusieurs endroits, forme des peuplements monospécifiques. Cette dernière espèce est très utilisée en vannerie au Burundi.

III. FONCTIONS SOCIO-ECONOMIQUES DES PRODUITS FORESTIERS

III.1. IMPORTANCE SOCIO-ECONOMIQUE DES PRODUITS BOISES

Comme dans les autres pays en voie de développement, le bois constitue la principale source d'énergie pour la population burundaise. Il fournit 97 % de l'énergie totale consommée au niveau national (Ndayihaye, 2014). Le bois de service, sous forme de perches ou de planches, entre dans la construction des maisons (clôtures, murs et toitures) et production de divers outils, dans le milieu rural surtout.

Le bois contribue au revenu des ménages ruraux (vente des perches par exemple). La transformation du bois contribue au revenu de pas mal de burundais via le sciage, la fabrication des outils à usage domestique et la petite menuiserie.

Le bois contribue dans l'économie nationale par le biais des taxes sur les importations et les quelques produits exportés. La contribution des produits boisés dans le PIB est évaluée à 2%, une sous-estimation selon Nduwamungu (2011) du fait que la plupart des produits sont directement autoconsommés sans atteindre le marché.

Selon FAO (2001), le secteur forestier au Burundi emploie 6 % de la population active et la situation pour 2020 se présentera comme suit:

- Plus de 64 000 emplois dans le milieu rural dans les activités de gestion forestière et de transformation du bois;
- 64 000 emplois dans le travail artisanal du bois en milieu rural;
- 20 000 emplois dans la transformation du bois au niveau des centres urbains;
- 10 000 emplois dans la fabrication du charbon;
- 60 000 emplois dans la commercialisation des produits forestiers.

Au total, 218 000 emplois seront offerts par le secteur forestier pour l'année 2020.

III.2. IMPORTANCE SOCIO-ECONOMIQUE DES PFNLs

Revenant sur l'importance des PFNLs en Afrique Centrale, selon Tabouna (1999) cité par Loumeto (2010), les PFNLs constituent une source importante de subsistance et de revenus pour de nombreux paysans de cette région. Parmi les différentes catégories des PFNLs, ceux destinés à l'alimentation et à la médecine traditionnelle sont les plus utilisés. Selon Jiofack et *al.*, 2009 cité par Dibong et *al.* (2011), les plantes médicinales constituent des ressources précieuses pour la grande majorité des populations rurales en Afrique dont plus de 80% se servent pour assurer leurs soins de santé.

• Contribution à la sécurité alimentaire des ménages

Les PFNLs contribuent à la sécurité alimentaire des ménages. Selon Niyonkuru (2014), les PFNLs comestibles sont d'abord consommés avant d'être acheminés sur les marchés. Les produits comme *Basella alba* (inderama) et le miel sont consommés respectivement à plus de 51,9 % et 70,6 % au sein des ménages. On remarque également que les champignons sont consommés à près de 40 % par les ménages. Les champignons sont très commercialisés au Burundi et beaucoup de quantités proviennent des forêts claires.

Des PFNLs d'origine animale sont également consommés bien qu'en quantité très réduite et à faible fréquence par rapport à ceux d'origine végétale. Ils apportent un complément de protéines. Ils sont obtenus par la chasse et la pêche. Ces pratiques portent généralement sur des animaux de type herbivores, les reptiles, les oiseaux et les poissons (FAO, 2001). Selon Nzigidahera (2007), *Balearica regulorum* est un oiseau consommé mais aussi très commercialisé vivant.

Très nombreux dans divers milieux naturels, les oiseaux du genre *Francolinus* sont les plus chassés. Leur viande est très souvent consommée par la population riveraine mais aussi commercialisée dans certains restaurants de la ville de Bujumbura. *Numida meleagris* est un oiseau de grande taille très commercialisé et consommé par la plupart des familles. Il est le seul oiseau sauvage domestiqué par les communautés locales au Burundi.

• Contribution dans la pharmacopée traditionnelle

Plusieurs plantes et produits d'origine animale constituent une catégorie de PFNL très importante au Burundi car, bien que la médecine moderne soit déjà développée, une part importante de la population burundaise continue à fréquenter les guérisseurs traditionnels ou à recourir aux plantes médicinales ou aux autres produits de la pharmacopée traditionnelle. Selon Nzigidahera (2007), les plantes médicinales constituent une source de revenus pour la population locale et 147 espèces ont été dénombrées au marché central de la ville de Gitega correspondant à 30,051 tonnes par an. *Dicoma anomala* est l'espèce la plus commercialisée. Les extraits de l'écorce de *Prunus africana* seraient actifs dans le traitement de l'hypertrophie prostatique bénigne.

Des capsules contenant des extraits d'écorce sont en vente en Europe depuis plus de 30 ans (Cunningham et Mbenkum, 1993). Il est très fort possible que le Burundi puisse développer une économie sur base de cette plante.

- **Contribution aux revenus**

Selon Niyonkuru (2014), les PFNLs contribuent à 17,5% aux revenus des ménages en milieu riverain de la Kibira. Les Pygmées Batwa, ne disposant pas de terres, font parfois le troc des PFNLs avec les autres produits agricoles.

Signalons aussi que certains PFNLs comme le rotin, *Eremospatha macrocarpa*, profitent plus à ceux qui vendent les produits finis qu'aux collecteurs. Pour d'autres comme le bambou, la transformation reste rudimentaire, d'où un faible rendement et un revenu bas. En Chine par exemple, le bambou donne une multitude de produits (nourriture, pâte à papier, serviettes de bain, etc.). Cette diversification nécessite aussi des efforts dans la domestication de différentes espèces.

IV. POSSIBILITES D'EVALUATION ECONOMIQUE DES PRODUITS FORESTIERS

IV.1. PRODUITS FORESTIERS INTERESSANTS POUR UNE EVALUATION ECONOMIQUE

- **Produits boisés**

La valeur du bois peut être calculée directement à partir des prix du marché. Cependant, l'évaluation reste biaisée sans inventaire forestier national. C'est en effet ce dernier qui détermine le stock disponible, les superficies et les espèces concernées. Les bases de calcul sont: (i) le volume calculé à partir des mesures dendrométriques telles que la circonférence à hauteur de poitrine (1,30 m) et la hauteur auxquelles on applique les formules de cubage, (ii) les prix sur le marché selon les espèces.

Les prix du bois sur pied sont fixés par le Département des Forêts et sont révisables. Aujourd'hui, les prix en vigueur ont été fixés par la note de service N° 09/2011 portant révision des prix de vente du bois sur pied du 11/11/2011. Les prix du Gouvernement sont en général inférieurs à ceux des privés (Ndacasaba, 2012). Ainsi par exemple, pour le bois d'œuvre, le prix officiel est de 7 779 Francs burundais (FBu) alors que la moyenne des prix dans le secteur privé est de 14 469 FBu, soit presque deux fois plus élevée.

Aussi, comme on l'a déjà dit plus haut, beaucoup de produits sont autoconsommés et ne sont pas économiquement pris en compte. Pour cela, une enquête nationale sur la consommation du bois est nécessaire.

- **Produits forestiers non ligneux**

Pour une évaluation économique des PFNLs, il importe de considérer les espèces les plus importantes, mais dont un inventaire national est connu ou en cours au Burundi (Tableau 2). De plus, à côté de la possibilité d'être commercialisé, l'aptitude à la domestication devrait constituer également un critère pour qu'un PFNL soit qualifié d'économiquement intéressant. Niyonkuru (2014) propose 5 PFNLs phares qui totalisent une fréquence cumulée de 65% des ménages producteurs/collecteurs enquêtés au niveau du Parc National de la Kibira. Il s'agit de *Sinarundinaria alpina*, *Basella alba*, *Cyperus latifolius*, *Passiflora foetida* et le miel. Dans les écosystèmes du Sud du Burundi, c'est *Eremospatha macrocarpa* qui est considéré. Compte tenu de ce qui précède, le tableau 2 montre les PFNLs économiquement intéressants retenus pour une évaluation économique.

Tableau 2: PFNLs retenus pour une évaluation économique

Nom scientifique	Nom Kirundi	Usage (partie utilisée)	Principal habitat/lieu d'approvisionnement
<i>Sinarundinaria alpina</i>	Umugano	Construction, artisanat, clôtures (tige)	Parc National de la Kibira
<i>Eremospatha macrocarpa</i>	Urugagi	Meubles, artisanat (tige)	Réserve Naturelle de Kigwena et galeries forestières
<i>Cyperus latifolius</i>	Urukangaga	Nattes	Marais
<i>Basella alba</i>	Inderama	Alimentation (feuille)	Parc National de la Kibira
<i>Prunus africana</i>	Umuremera	Pharmacopée (écorce)	Parc National de la Kibira

IV.2. EVALUATION ECONOMIQUE DES PRODUITS FORESTIERS NON LIGNEUX

Selon Andrianjaka, 2001 cité par Ouédraogo et *al.* 2013, les PFNLs peuvent être évalués selon différentes méthodes en fonction de l'existence d'un marché ou non pour le produit. Si les produits collectés sont commercialisés (produits marchands), l'évaluation peut se baser sur les prix des marchés locaux. Dans le cas des produits non marchands, les valeurs de ces produits peuvent être estimées à partir des prix des produits de remplacement ou de substitution.

Certains produits ont également un rôle écologique dont il faut tenir compte dans l'évaluation économique.

De façon concrète, pour les PFNLs listés dans le tableau 2, la valeur économique peut être obtenue par des méthodes directes ou indirectes.

- **Valeur d'usage**

On peut attribuer aux différents PFNLs une valeur d'usage. Elle est liée à l'utilisation effective, envisagée ou possible du PFNL. On distingue la valeur d'usage direct (produits extraits du PFNL) et la valeur d'usage indirect (services fournis par le milieu naturel grâce au maintien du PFNL).

Valeur d'usage direct

Basella alba, *Sinarundinaria alpina*, *Eremospatha macrocarpa*, *Prunus africana* et *Cyperus latifolius* sont tous des PFNL dont les produits sont utilisés dans l'alimentation humaine, l'artisanat, la construction et comme matière première dans les industries pharmaceutiques et cosmétiques. Ils rentrent tous dans le commerce. On fera donc une analyse des coûts de ces produits au niveau des marchés. Pour *Prunus africana*, on considèrera le coût au marché mondial. Cette évaluation économique devra se fonder sur les quantités de ces produits estimées ou en train d'être estimées au niveau du pays.

Valeur de restauration

Etant donné que certaines espèces poussent dans des milieux naturels, la perturbation de certains phénomènes écologiques peut entraîner leur disparition. A ce niveau, nous considérons les cas les plus fréquents notamment le drainage des marais qui provoque la disparition de *Cyperus latifolius*. On pourra ainsi évaluer le coût de restauration d'un marais notamment par la plantation de *Cyperus latifolius*. Pour d'autres espèces comme *Basella alba*, *Sinarundinaria alpina*, *Eremospatha macrocarpa*, *Prunus africana*, on pourra évaluer le coût de leur mise en culture pour atteindre des étendues actuellement occupées.

• Coûts de remplacement

La valeur de ces PFNL peut aussi être obtenue en calculant différents coûts, particulièrement le coût de remplacement. Le principe est d'estimer la valeur d'un bien naturel à partir du coût à supporter pour le remplacer par du capital artificiel (Lescuyer, 2003). Il s'agit d'identifier d'autres produits pouvant remplacer le PFNL s'il n'était plus disponible dans son aire naturelle. On peut penser par exemple à ce qu'on peut dépenser en remplaçant *Basella alba* par une légume appréciée au même titre. De la même façon, comme l'écorce de *Prunus africana* est recherchée pour ses vertus médicinales, on peut estimer la valeur de ce PFNL par le prix des médicaments soignant les mêmes maladies. On pourra également identifier des produits de remplacement de *Sinarundinaria alpina*, *Eremospatha macrocarpa* et *Cyperus latifolius* pour assurer les mêmes fonctions.

CONCLUSION

Les écosystèmes naturels et artificiels du Burundi, quoi que de dimensions modestes, renferment des produits d'une valeur et utilité inestimables pour la population. L'exploitation anarchique des boisements, les feux de brousse et autres formes de dégradation des forêts naturelles handicapent sérieusement la disponibilité de ces produits et risquent même de faire disparaître à jamais certains d'entre eux. Il est donc plus qu'urgent de gérer durablement ces écosystèmes et de valoriser davantage les produits et les services qu'ils offrent pour le bien des populations riveraines en particulier et de la nation entière en général. Pour y arriver, il est d'importance capitale de parvenir à convaincre les décideurs sur l'utilité et la valeur de ces produits forestiers afin qu'ils puissent prendre des mesures appropriées pour les protéger et les utiliser durablement. Cette étude préliminaire donne déjà un aperçu sur les produits forestiers du pays et des orientations pour faire une évaluation économique des produits forestiers non ligneux jugés les plus pertinents. Espérons- nous donc que cette étude va constituer un moteur vers l'amélioration du niveau de compréhension de la valeur de *Cyperus latifolius*, *Basella alba*, *Sinarundinaria alpina*, *Eremospatha macrocarpa* et *Prunus africana* et des écosystèmes associés. C'est cette valeur qui suscitera une prise de conscience de toutes les parties prenantes particulièrement les bailleurs vers la conservation et l'utilisation durable de l'ensemble de la biodiversité au Burundi.

BIBLIOGRAPHIE

- Bigendako M.J., (1989). Recherches ethnopharmacognosiques sur les plantes utilisées en médecine traditionnelle au Burundi occidental. Thèse de doctorat; Université Libre de Bruxelles, 346 p.
- Bigendako, M. J., Bukuru, J., Meri, C., Niyongere, L. (1994). Ibiti Abarundi Bakura mw'imiti. Centre de Recherche Universitaire sur la Pharmacopée et la Médecine traditionnelle (CRNPHAMET), 75p
- Bikwemu, G. (1991). Paléoenvironnements et Paléoclimats au Burundi occidental au cours des quarantes derniers millénaires par l'analyse palynologique des dépôts tourbeux. Université de Liège. Thèse de Doctorat. 238 p.
- Buyck, B. (1994). Ubwoba: Les champignons comestibles de l'Ouest du Burundi. AGCD, Publication agricole N°34.123 p.
- Buyck, B., and Nzigidahera, B., (1995). Ethnomycological notes from Western Burundi. *Belg. J. Bot.*128:13-138
- Cunningham, A.B. et Mbenkum, F.T. (1993). Sustainability of harvesting *Prunus africana* bark in Cameroon: A medicinal plant in international trade. UNESCO, Paris, France.

Dibong, S.D, Mpondo E., Ngoye, A. and Kwin, M.F., (2011). Plantes médicinales utilisées par les populations Bassa de la région de Douala au Cameroun. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5(3): 1105-1117, June 2011.

FAO, (2001). Le secteur forestier en l'an 2020. Document produit par le Département des forêts, Burundi. <http://www.fao.org/docrep/004/X6776F/X6776F03.htm#9131>. Page consultée le 27/12/2014.

FAO, (2010). Global forest assessment 2010. Main report, FAO forestry paper 163.

FAO, (2014). Stratégie nationale et Plan d'action des Produits forestiers non ligneux (SNPA/PFNL) au Burundi. Projet GCP/RAF/479/AFB.

Hoste, H., (1996). L'agroforesterie des régions d'altitude au Burundi. Administration de la coopération au développement. Publication du service agricole n°36, Belgique.

Lamérant, G., Lebel, F., Langlais, G., et Vézina, A., (2008). Mise en valeur de produits forestiers non ligneux. <http://www.biopère.com>, page consultée le 19/12/2014.

Lescuyer G., (2010). Importance économique des produits forestiers non ligneux dans quelques villages du Sud-Cameroun. *Bois et forêts des tropiques*, 2010, n°304, (2).

Lescuyer, G., (2003). Evaluation économique de la biodiversité : forces et faiblesses. Présentation à l'atelier international sur l'Économie de l'environnement. IEPF – AIF, 14-16 avril 2003.

Loumeto, J. J, (2010). Gestion et valorisation des PFNL au Congo : Revue bibliographique, Projet Forenet, Congo Brazzaville.

MEEATU (2013). Etude d'exploitation durable d'*Osyris lanceolata* en province de Kirundo. INECN/Franklin Investment LLC, Bujumbura. 69 P

Ndabirorere, S., (1999). La Revue et l'amélioration des données relatives aux produits forestiers au Burundi. Programme de partenariat CE-FAO (1998-200), PROJET GCP/INT/679/EC.

Ndacasaba, I., (2012). Etude économique des boisements forestiers dans la zone du projet sew au Burundi, IFDC Burundi, Bujumbura.

Ndayihaye N., (2014). Etat des lieux sur la consommation du bois-énergie au Burundi, défis et perspectives. Présentation faite lors des Journées de l'Innovation, Hôtel Club du Lac Tanganyika, Bujumbura.

Nduwamungu, J., (2011). Forest plantations and woodlots in Burundi, rapport de consultance.

Niyonkuru, Ch., (2014). Renforcement de la contribution des produits forestiers non ligneux à la sécurité alimentaire en Afrique Centrale. Etude de base au tour du Parc National de la Kibira, rapport de consultance.

Nzigidahera B., (1995), Les produits sauvages comestibles des forêts claires du Burundi. Projet APRN N°922201.9-01.100 APRN/GTZ-INECN, 99 p.

Nzigidahera, B., (2006). Note sur *Hoplobatrachus occipitalis* (Günther), espèce comestible au Burundi. *Bull.Sc. I.N.E.C.N.* 1 : 3-8

Nzigidahera, B., (2007). Ressources biologiques sauvages du Burundi : Etat des connaissances traditionnelles. CHM- Burundi/CHM Belge - DGCD, 117P

Ouédraogo, M., Ouédraogo, D., Thiombiano, T., Hien, M., Lykke, A.M., (2013). Dépendance économique aux produits forestiers non ligneux : cas des ménages riverains des forêts de Boulon et de Koflandé, au Sud-Ouest du Burkina Faso. *Journal of Agriculture and Environment for International Development – JAEID*, 2013, 107 (1): 45-72.

Régulation hydrologique et climatologique des forêts génératrice des services écosystémiques pour le bien-être de l'homme

Nyengayenge Diomède

Office Burundais pour la Protection de l'Environnement

INTRODUCTION

A travers ses fonctions de «Régulation hydrologique et climatique», les écosystèmes forestiers participent au développement et à l'amélioration du niveau de vie de l'homme sans que celui-ci s'en rende compte. A travers la régulation hydrologique, les écosystèmes forestiers du Burundi permettent notamment la conservation des sols, la production de l'eau pour l'alimentation et l'irrigation d'une grande partie des terres agricoles ainsi que pour la production d'électricité.

En effet, de par sa position sur la crête Congo-Nil constituant la ligne de partage des eaux entre les bassins du Congo et du Nil, les forêts ombrophiles de montagne jouent un rôle fondamental dans la régulation du régime des eaux et la protection des bassins versants sur les pentes à forte inclinaison contre l'érosion. La forêt de montagne de la Kibira constitue une source de plusieurs rivières offrant les possibilités d'irrigation sur une grande étendue des terres du pays. Elle héberge le barrage de Rwegura sur la rivière Gitenge qui fournit actuellement 50% des besoins du pays en électricité.

Les services liés à la régulation hydrologique sont également fournis par d'autres écosystèmes comme les forêts claires et les savanes à des degrés divers. Les forêts claires sont responsables de la protection des terres abruptes du bassin du lac Tanganyika au Sud et Est du pays. Les savanes jouent également un grand rôle dans la protection des terres des collines et des vallées contre l'érosion et les inondations (Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme, 2013).

A travers la régulation climatologique, les écosystèmes forestiers du pays permettent de diminuer l'effet du vent sur l'environnement. Les arbres réduisent la vitesse du vent diminuant ainsi le pouvoir desséchant de l'air et de l'évapotranspiration potentielle. Ce ralentissement du vent permet donc au sol de conserver son humidité et de garder une température modérée au voisinage comme à l'intérieur de la forêt. En matière de changement climatique, les forêts jouent un rôle essentiel comme des «puits de carbone». En effet, tout arbre utilise le dioxyde de carbone (CO₂) pour fabriquer sa propre matière organique et donc grandir grâce à la photosynthèse.

Mais hélas, malgré qu'ils fournissent des services indispensables au développement du pays, les écosystèmes forestiers sont en danger suite aux défrichements cultureux et à la désaffectation des terres forestières. Cette déforestation s'accompagne par la diminution de la production agricole, la pollution des eaux suite à l'érosion et la sédimentation, la diminution de l'énergie électrique et conséquemment la modification du mode de vie des populations les plongeant dans une pauvreté très prononcée. Lors de l'identification des causes profondes de cette pauvreté, les planificateurs pensent peu souvent aux perturbations de régulation hydrologique et climatologique et font rarement appel à la restauration des écosystèmes forestiers. Cet état de fait est lié essentiellement aux connaissances limitées sur les services rendus par les écosystèmes forestiers à travers la régulation climatologique et hydrologique et sur la valeur monétaire réelle de ces services dans le bien-être de la population.

La présente étude qui est une étape préliminaire à l'évaluation économique, vise à identifier et décrire la contribution des écosystèmes forestiers, à travers la régulation hydrologique et climatologique au développement économique et social et au bien-être humain. Elle donnera également des orientations vers l'évaluation économique de ces services. Elle sera réalisée sur les écosystèmes forestiers les plus importants du pays à savoir la forêt de montagne de la Kibira couvrant 40000 ha, les savanes du Parc National de la Ruvubu sur environ 50000 ha et les forêts claires du Sud et Est du Burundi sur 20000 ha.

I. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DE LA REGULATION HYDROLOGIQUE ET CLIMATOLOGIQUE

I.1. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DE LA REGULATION HYDROLOGIQUE

Le terme de régime hydrologique désigne l'ensemble des variations de l'état et des caractéristiques d'une formation aquatique, qui se répètent régulièrement dans le temps et dans l'espace. La régulation du régime hydrologique a pour effet de diminuer la quantité, l'intensité et la vitesse du ruissellement. Cette dernière a ainsi pour effet d'atténuer les contraintes érosives dues à l'eau. En effet par stockage de l'eau dans les tissus végétaux et restitution progressive de cette dernière dans l'air (vapeur), sols, nappes phréatiques et aquifères, les forêts contrôlent le ruissellement des eaux. Cette action contribue effectivement à la réduction des risques d'inondation et de glissement de terrains et assure une alimentation en eau de bonne qualité.

Selon Humbert et Najjar (1992); Fleuriel (1998); Lavabre et Andréassian (2000), la forêt régularise le régime hydrologique par des principales actions suivantes: (i) l'interception des gouttes de pluie, (ii) l'augmentation de l'infiltration de l'eau dans le sol, (iii) le pompage d'une partie de l'eau contenue dans les sols et (iv) la restitution de l'eau dans l'atmosphère sous forme de vapeur par phénomène d'évapotranspiration. Ces actions sont réalisées grâce aux facteurs suivants:

- Le développement du système racinaire qui augmente la capacité d'absorption, la porosité et améliore la capacité d'infiltration du sol;
- La présence des houppiers qui forme un écran de protection du sol contre le rayonnement solaire;
- Les troncs d'arbres le long desquels l'eau ruisselle et dont une partie s'infiltré dans les écorces;
- La couverture morte qui constitue une couche absorbante, favorisant aussi l'infiltration de l'eau dans le sol.

En effet, comme tout autre être vivant, pour croître et proliférer convenablement, un arbre ou un végétal a besoin d'un apport régulier d'eau. Pour satisfaire à ce besoin, il use de ses racines au niveau de la zone pilifère. Ainsi, au moyen de ses radicules par un phénomène hydrostatique, l'arbre puise de l'eau dans le sol jusque même au niveau des nappes phréatiques (CRS¹).

Cette dernière, une fois absorbée et stockée par l'arbre, l'eau devient son constituant essentiel. Elle transporte les éléments nutritifs indispensables à la croissance d'une plante. Quant aux sols forestiers, ils sont ameublés par les racines et protégés par la couverture morte qui joue le rôle d'éponge. Ils possèdent de ce fait un pouvoir de rétention d'eau accru. Ils absorbent facilement l'eau de pluie et la restitue progressivement. Ce phénomène entraîne une réduction de l'ampleur des crues. Les débits de pointe sont réduits et au niveau du bassin versant, on assiste à une véritable régulation du régime hydraulique.

Par ailleurs, sous l'effet de l'insolation, il se produit un phénomène d'évapotranspiration. Pendant qu'elle entraîne l'émission d'une partie d'eau absorbée dans l'atmosphère, l'évapotranspiration suscite un nouvel apport d'eau de la part des racines, favorisant ainsi la circulation de la sève. Elle régule donc les besoins en eau des végétaux.

Cette eau libérée au niveau de la surface du sol, des branches et des feuilles sous forme de vapeur est entraînée dans les hautes altitudes par des courants d'air où elle aboutit à la formation des nuages qui à leur tour se condensent et donnent naissance à des précipitations qui retombent par terre et alimentent de nouveau les nappes phréatiques.

¹ Centre de Recherche Scientifique : dossier eau, [http : //www.cnrs.fr/-mode](http://www.cnrs.fr/-mode)

Cependant, au cours de leur descente, une partie de ces précipitations est interceptée par le couvert forestier formé de houppier, de branches, de feuillages qui en amortit l'énergie mécanique. Le houppier joue un rôle important dans l'interception d'une importante fraction des précipitations atmosphériques.

Les résultats des recherches menées en particulier à Madagascar (Goujon *et al.*, 1968) sur le rôle de la forêt dans l'interception des précipitations atmosphériques, ont montré que l'interception brute (différence entre les volumes d'eau recueillis hors couverts et sous couvert) varie de 24 à 32% de la pluviométrie totale, le ruissèlement les longs des troncs des arbres de 9 à 11%.

L'interception nette est donc 21% en moyenne, ce qui est déjà très important. Mais, elle peut atteindre 40% dans certains cas, en particulier pour des averses de faibles intensités. L'eau interceptée, maintenue à la surface des branches et feuilles est de nouveau évaporée et retournée à l'atmosphère, le reste arrive à la surface du sol à vitesse réduite et avec une énergie cinétique presque nulle et ainsi pénètre facilement dans le sol sans provoquer de ruissellement.

I.2. REGULATION CLIMATOLOGIQUE

Les fonctions écologiques des écosystèmes forestiers liés à la régulation climatique se répartissent en 2 fonctions principales. A travers la fonction «absorption, stockage et émission de dioxyde de carbone, d'oxygène et d'éléments minéraux et organiques», la forêt contribue à l'amélioration des conditions atmosphériques. Cette amélioration peut être comprise comme la capacité qu'a une forêt de purifier l'air et d'atténuer les effets du réchauffement climatique.

A travers l'absorption et la transformation de l'énergie rayonnante et thermique, la forêt régule le régime climatique à travers notamment l'abaissement de la température moyenne, la diminution des écarts thermiques, l'augmentation de l'humidité de l'air, la diminution de l'évaporation, la diminution de la force du vent.

L'ensemble des différentes strates formées par la végétation herbacée ou les couronnes des arbres et arbustes constitue une série d'écrans et de tamis, entre l'atmosphère libre au-dessus de la forêt et son atmosphère intérieure. Tous les facteurs climatiques en sont affectés. La résultante de l'action des cimes, de ces écrans feuillus, est la création, à l'intérieur de la forêt, d'un climat beaucoup plus stable, plus modéré que dans une région ouverte où la radiation incidente agit directement sur le sol sans aucun obstacle.

La forêt joue également un rôle de régulation thermique. Elle permet en effet d'atténuer les écarts thermiques. Ainsi, de par son couvert, la forêt modère la température à la surface du sol selon deux mécanismes:

- D'une part sous l'effet du couvert forestier, l'énergie thermique du rayonnement global incident est atténuée, car ses différentes fractions sont successivement interceptées, absorbées et réémises à différentes strates de la forêt. En outre, par phénomène d'évapotranspiration due à l'action de la chaleur fournie par le rayonnement solaire, les feuilles des végétaux transpirent, engendrant des précipitations et ainsi la forêt contribue au rafraîchissement de l'atmosphère ambiante;
- D'autre part, pendant la nuit, la couverture forestière fait écran au flux de chaleur émise par le sol, et par effet de serre limite le refroidissement nocturne.

De plus, par son couvert, la forêt permet de diminuer l'effet du vent sur l'environnement. En effet, les arbres réduisent la vitesse du vent diminuant ainsi le pouvoir desséchant de l'air et de l'évapotranspiration potentielle. Ce ralentissement du vent permet donc au sol de conserver son humidité et de garder une température modérée au voisinage comme à l'intérieur de la forêt.

En matière de changement climatique, les forêts jouent un rôle essentiel comme «puits de carbone». En effet, tout arbre utilise le dioxyde de carbone (CO₂) pour fabriquer sa propre matière organique, et donc grandir, grâce à la photosynthèse. Ainsi, une forêt en croissance capte du CO₂ et contribue à en réduire la concentration dans l'atmosphère et par conséquent l'effet de serre responsable d'un réchauffement climatique. Les arbres absorbent le CO₂ de l'atmosphère, stockant une partie du carbone prélevé et rejetant de l'oxygène dans l'atmosphère.

L'écosystème forestier est, après le plancton océanique et avec les tourbières et les prairies, le principal puits de carbone naturel planétaire, essentiel au cycle du carbone. Il accumule d'énormes quantités de carbone dans le bois, les racines, le sol et l'écosystème via la photosynthèse.

II. FONCTIONS ECOLOGIQUES DE LA REGULATION HYDROLOGIQUE ET CLIMATOLOGIQUE

II.1. ROLE ECOLOGIQUE DE LA REGULATION HYDROLOGIQUE

La régulation du régime hydrologique offre un bon nombre de services écosystémiques. Pour le cas du Burundi, les plus importants services qu'on pourrait retenir sont la disponibilisation et la purification de l'eau ainsi que la prévention des risques d'érosion hydraulique.

- **Disponibilisation et la purification de l'eau**

La purification et la disponibilisation de l'eau résultent de la fonction forestière permettant la régularité des précipitations, la stabilité des débits des rivières, l'alimentation permanente des nappes phréatiques et où les risques liés à l'eau, tels que les glissements de terrain, les inondations, l'envasement, les sécheresses, la salinité sont réduits.

A l'échelle d'un bassin versant, le comportement d'un massif forestier peut être assimilé à celui d'un château d'eau dans la mesure où ce massif collecte de l'eau, la stocke dans les tissus végétaux et la restitue ensuite lentement au sol et à l'atmosphère.

En effet, les forêts collectent, stockent de l'eau de pluie et facilitent son infiltration dans le sol jusqu'au bas des collines où cette eau réapparaît sous forme de ruisseaux qui, à leur tour, se rassemblent pour former des rivières et lacs. Ainsi, un grand nombre de rivières prennent leur source dans les forêts de Montagne.

Outre la collecte, le stockage et la distribution de l'eau, les massifs forestiers agissent comme une station d'épuration de l'eau, filtrant les polluants, métaux lourds, azotes à travers les systèmes racinaires avant que cette dernière ne parvienne aux nappes phréatiques et ensuite poursuivre son long cycle. Trois quarts de l'eau douce accessible provient des bassins versants des forêts. Les forêts purifient l'eau potable pour deux tiers des grandes villes des pays en développement (Envol-vert², 2012).

² [http:// envol-vert.org](http://envol-vert.org)

Van Dijk *et al.* (1996) ont montré qu'il existe un effet de filtration des écoulements au travers de la végétation. Ces écoulements déposent les sédiments suite à la réduction de leur énergie de transport. En outre, l'expérience a montré que l'eau des rivières en aval des forêts non perturbées est plus claire que celles des rivières sortant des terres déboisées.

Outre la purification de l'eau par absorption et stockage des polluants et métaux lourds dans les tissus xylémiques, les forêts débarrassent l'eau de ses impuretés par piégeage et fixation de ces dernières. La forêt de montagne de la Kibira représente le château d'eau qui alimente les régions environnantes, en particulier la plaine de l'Imbo et les plateaux situés en contrebas, pour lesquels ce milieu protégé sert de régulateur des eaux. Elle est la source des rivières Ruhwa, Kaburantwa, Gitenge, Ruvubu, Mpanda et Nyabihondo. Ces rivières alimentent et maintiennent le débit des barrages dont dépendent la production d'électricité et d'agriculture (Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme, 2013). Une multitude d'infrastructures d'adduction d'eau potable en provenance de cette forêt a été installée.

Les forêts claires jouent un rôle de barrière contre l'érosion des sols. Par cette fonction, elles réduisent la vitesse de l'eau de pluie et ainsi favorisent son infiltration dans le sol et sa purification. Les savanes du Parc National de la Ruvubu jouent un rôle clé dans la protection des marais et des bas-fonds contre l'inondation et l'envasement. En effet, elles constituent des barrières aux matériaux érodables dans les chaînes de collines rocheuses et partant des épurateurs naturels qui contribuent à la réduction de la pollution de l'eau des rivières dont la Ruvubu traversant cette région.

• **Prévention des risques d'érosion hydraulique**

Le deuxième service rendu par la forêt est la prévention des risques liés à l'érosion hydraulique. Grâce à ce service, les principaux risques évités sont:

- glissements de terrain;
- enfouissement des cultures sur pied;
- bouchage des voies routières;
- démolition des infrastructures socio-économiques (routes, ponts, bâtiments, etc.);
- inondation et envasement des bas-fonds;
- envasement des cours d'eau, retenues hydroélectrique, etc.;
- dommages divers à la faune ichthyologique.

Pour prévenir des risques liés à l'érosion hydraulique, la forêt agit sur deux facteurs à savoir, le sol et l'eau. Concernant le sol, la forêt permet à ce dernier de résister contre la force mécanique de l'eau au moyen des racines et troncs d'arbres. En effet les racines verticales relient ensemble les couches superficielles du sol et ainsi les maintiennent en place.

Les racines obliques et horizontales constituent une armature complétant l'action des racines verticales. Les troncs, quant à eux, contribuent à atténuer la vitesse de l'eau de pluie. S'agissant de l'eau, la forêt permet d'amortir sa vitesse grâce à son couvert. Une partie de l'eau de pluie n'atteint pas le sol puisqu'elle reste sur le feuillage. C'est l'effet parapluie qui supprime le choc des gouttes sur le sol et diminue la quantité totale d'eau qui tape sur le sol.

De cette quantité qui atteint le sol, une partie importante est absorbée par la couverture morte et une autre par l'humus du sol. Dans ce cas, la forêt agit comme une éponge. Une partie de l'eau au lieu de ruisseler à la surface du sol, s'écoule lentement et sans dommage sous surface du sol: écoulement hypodermique.

Les forêts de montagne dont le parc de la Kibira jouent un rôle fondamental dans la protection des bassins versants sur les pentes à forte inclinaison contre l'érosion. Elles réduisent de 1000 fois l'effet d'érosion sur des pentes fortes pendant que les principales cultures vivrières ne dépassent pas 5 fois (Rishirumuhirwa, 1994). Cette fonction permet la conservation des sols et l'atténuation de la pollution des eaux et du lac Tanganyika.

Les savanes du Parc National de la Ruvubu contribuent à la conservation des sols. Ils contribuent à protéger les sols des vallées très propices à l'agriculture de marais en évitant notamment le surenvaselement et la pollution de la rivière la Ruvubu (Nzigidahera, 2000).

Les forêts claires contribuent à l'atténuation de l'érosion des sols, des inondations des bas-fonds et de l'envasement du lac Tanganyika. Elle contribue dans la prévention des dommages causés par les glissements de terrains vers les infrastructures routières et les zones habitées comme la ville de Rumonge.

II.2. FONCTIONS ECOLOGIQUES DE LA REGULATION CLIMATOLOGIQUE

Les écosystèmes forestiers, à travers la régulation climatique, assurent les principaux services suivants:

- Purification de l'air;
- Captage et stockage du carbone;
- Amélioration du régime thermique.

• Purification de l'air

L'air que nous respirons est naturellement composé, en volume, de 78% d'azote et de 21% d'oxygène. Les autres gaz restants, appelés gaz traces, occupent le 1%. Ceux-ci sont l'argon, le dioxyde de carbone, le néon, l'hélium, le méthane, le krypton, l'hydrogène et le xénon. Le niveau d'impuretés varie avec la situation géographique ou avec la présence d'industries à proximité ou avec la densité du trafic automobile.

Grâce aux mécanismes de photosynthèse, les forêts produisent de l'oxygène nécessaire à tout être vivant. Elles filtrent aussi les petites poussières fines et les aérosols en suspension dans l'air. Une partie des poussières présentes dans l'air est en effet captée par les feuilles des végétaux et collée à ces dernières.

En outre, par absorption, transformation et stockage des éléments nocifs dans les tissus végétaux, les forêts réduisent la présence des gaz polluants dans l'air qui constituent le smog si caractéristique des grands centres urbains.

• Captage et stockage du carbone

Par atténuation du réchauffement climatique, il faut entendre la réduction de la concentration des gaz atmosphériques qui en sont la cause. Les forêts et autres espaces boisés sont considérés comme des puits de carbone, c'est-à-dire qu'ils absorbent une partie du CO₂ atmosphérique, qui est alors transformé en biomasse végétale nouvellement produite chaque année. Les capacités qu'a la forêt d'accomplir cette fonction se traduit en termes de quantité de carbone qu'elle pourrait capter et séquestrer.

• Amélioration du régime thermique

A travers, la fonction «absorption et transformation de l'énergie rayonnante et thermique», la forêt contribue à l'amélioration du régime thermique. Aussi, par phénomène d'évapotranspiration, les forêts restituent à l'atmosphère une partie de l'eau infiltrée dans le sol. Par ce phénomène, elles participent à l'humidification et ainsi à la régulation thermique du milieu (rafraîchissement de l'atmosphère ambiante).

Cette amélioration se traduit par l'existence d'une température modérée à l'intérieur et dans le milieu environnant la forêt.

Modération se fait de manières suivantes:

- Premièrement, selon le deuxième principe de la thermodynamique, entre la forêt et son milieu, il se produit naturellement des échanges de chaleur et dans les conditions normales c'est-à-dire si la forêt n'est pas perturbée, on assiste toujours à un équilibre de température;
- Deuxièmement, la forêt participe dans l'atténuation de la chaleur excessive due au rayonnement solaire émis au sol. En effet, avant que ce dernier n'atteigne le sol, il est intercepté par le couvert forestier. Arrivé à la surface du couvert forestier, une partie dudit rayonnement est réfléchi tandis que le rayonnement infrarouge est absorbé. Ce dernier réchauffe le couvert avant d'être émis à l'atmosphère à faible énergie.

Dans le premier cas, il s'agit des échanges de chaleur qui aboutissent à une meilleure température alors que dans le second cas, l'élément important à retenir est la protection contre la chaleur excessive transmise par le rayonnement solaire. Mais, tous les deux cas aboutissent à la modération de la température.

III. FONCTIONS SOCIO-ECONOMIQUES DE LA REGULATION HYDROLOGIQUE ET CLIMATOLOGIQUE

III.1. FONCTIONS SOCIO-ECONOMIQUES DE LA REGULATION HYDROLOGIQUE

• Disponibilité et la purification de l'eau

La forêt de la Kibira joue un rôle fondamental dans la régulation du régime des eaux pour la production de l'eau indispensable notamment pour l'alimentation, l'agriculture irrigable (riz) et pluviale et la production d'énergie électrique. La régulation du régime des eaux contribue aussi à la protection des bassins versants contre l'érosion.

Il est aussi constaté que la modération de la température et le maintien de l'humidité sous forêt ou dans les milieux environnant contribue à la production agricole et animale de qualité et particulièrement la production du thé. Tenant compte de ces bienfaits de la forêt, il importe donc de bien l'aménager en vue de garantir l'approvisionnement des biens et services qu'elle fournit à l'homme et à l'humanité. Dans le domaine de l'alimentation, l'eau est utilisée à la fois comme boisson de l'homme et des animaux et pour la cuisson des aliments à des fins domestiques et commerciales. En agriculture et en énergie, l'eau est principalement utilisée respectivement pour l'irrigation et la production d'énergie électrique, etc.

Sur le plan commercial, l'eau est actuellement exploitée par une multitude d'entreprises dont les plus importantes sont la REGIDESO, la pionnière et entreprise de l'État, l'Office du Thé du Burundi (OTB) et Kinjus aussi pionnière dans le secteur privé.

Ces entreprises créent des emplois, payent des redevances à l'Etat ainsi permettent aux chefs des ménages qui y travaillent d'accroître leurs revenus et ainsi améliorer leurs conditions socio-économiques. Elles contribuent à l'accroissement de l'économie nationale et réalisent aussi des bénéfices.

Cette situation a pour conséquence l'accroissement de l'économie des ménages et du pays. L'accroissement de l'économie permet naturellement aux populations de mieux satisfaire à leur besoins primaires dont les soins médicaux, l'habitat, la scolarisation des enfants, etc.

Quant au secteur agricole, aujourd'hui considéré comme moteur de l'économie nationale, il comprend les sous-secteurs de l'agriculture, l'élevage, la pêche et la pisciculture. En effet, c'est le secteur agricole qui emploie plus de main d'œuvre et il est créateur d'emplois dans les secteurs secondaires et tertiaires à savoir les industries agricoles et alimentaires, les industries de transformation, le transport, le commerce, etc. Sa contribution à la formation du PIB et à la création d'emploi est supérieure à celle des autres secteurs. C'est donc un secteur à soutenir avec plus d'énergie.

L'eau y est utilisée pour irriguer les plantations agricoles soit naturellement quand elle sous forme de pluie soit artificiellement par irrigation. Cependant, la répartition spatiale et temporaire est fonction des exigences écologiques de chaque culture. Ainsi, les aires de culture des principales cultures pérennes sont respectivement la crête Congo-Nil, les plateaux centraux, pour le théier et le caféier.

Avec une disponibilité permanente en eau, on pourra pratiquer l'irrigation. Cette dernière permettra des récoltes qui vont compléter celles issues des cultures pluviales. Elle permet à la fois de développer et diversifier les cultures et favoriser l'agriculture intensive tout en préservant la ressource.

Du point de vue socio-économique, l'irrigation permet notamment:

- un accroissement de la productivité des cultures végétales;
- une amélioration qualitative des cultures;
- des revenus réguliers des exploitants agricoles;
- une diversification des productions par la spécialisation de producteurs.

• **Prévention des risques d'érosion hydrauliques**

L'on sait d'une part que l'érosion est le principal facteur de la baisse des rendements agricoles et animaux et qui de ce fait, peut constituer un obstacle aux investissements agricoles. L'on sait aussi qu'elle peut causer d'énormes dégâts sur des infrastructures socio-économiques et occasionner de ce fait d'importantes pertes économiques.

La prévention des risques d'érosion hydraulique permet d'accroître les rendements agricoles et animaux et d'éviter les pertes d'importants investissements liés à l'établissement desdits biens économiques et de continuer à les exploiter, ce qui constitue une des meilleures pistes vers le développement socio-économique.

III.2. FONCTIONS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE LA RÉGULATION CLIMATOLOGIQUE

• **Purification de l'air**

Respirer l'oxygène pur aide à la relaxation, réduit le stress et augmente la concentration. Cela produit un effet de bien-être général. Ainsi, les personnes qui bénéficient de cette situation dorment mieux, se sentent bien et plus actives. En conséquence, ils deviennent plus rentables que celles qui respirent de l'air pollué aussi bien pour les travaux intellectuels que physiques (Ferret, 2012).

- **Captage et stockage du carbone**

L'amélioration des capacités de captage et de stockage du carbone dans le bois et dans le sol a comme principaux avantages l'accroissement de la production forestière et l'amélioration de l'état sanitaire des forêts. En effet, cette amélioration suppose l'accroissement du volume de bois sur pied et partant, l'augmentation de la concentration du carbone dans le bois et dans le sol. Or, plus le volume du bois sur pied augmente, moins la concentration du CO₂ augmente dans l'atmosphère.

Dans ces conditions, où le réchauffement est atténué et la purification de l'air améliorée, certaines maladies liées notamment à l'excès de chaleur et à la pollution de l'air sont réduites. En outre, les meilleures performances d'une forêt en matière de captage et de stockage du carbone, offrent une occasion pour accéder au marché de carbone et développer d'autres secteurs.

Au moment où des conséquences du changement climatique déjà identifiées inquiètent la communauté nationale et internationale quant à la possibilité de subvenir de façon durable aux besoins d'une population sans cesse croissante, la séquestration de carbone par la forêt apparaît de plus en plus comme une méthode importante pour réduire les gaz à effet de serre (GES).

- **Modération de la température**

Dans la forêt et à ses environs, règne une température ni trop élevée ni trop basse. Ainsi avec les propriétés chimiques et physiques du sol favorables et la disponibilité d'eau suffisante, on obtient des meilleures récoltes agricoles suffisantes en quantité et en qualité dans les zones de confort thermique. Ceci est aussi valable pour les bovins.

Alors qu'en principe, la température diminue avec l'altitude (0,6°C tous les cent mètres), on constate que les zones qui bénéficient des températures modérées englobent la forêt de la crête Congo-Nil, les forêts claires et les savanes boisées. Ces zones sont favorables aux diverses cultures et au bovin. La modération de la température et le maintien de l'humidité dans l'air garantis par la forêt de la Kibira permet une meilleure production des cultures dont le théier de Teza et de Rwegura installées dans les environs de cette dernière.

Certaines entreprises publiques et privées dont l'Office du thé du Burundi (OTB) et les associations de producteurs et de commercialisation des légumes bénéficient de la modération de la température et du maintien de l'humidité garantis par l'entretien de la forêt de la Kibira.

IV. EVALUATION ECONOMIQUE DE LA REGULATION HYDROLOGIQUE ET CLIMATOLOGIQUE

La présente étude vise à orienter les décideurs dans la prise de décisions en vue d'une meilleure conservation et valorisation des écosystèmes forestiers. Dans les faits, évaluer consiste à déterminer une grandeur en attribuant une valeur. La recherche documentaire indique qu'il existe plusieurs ouvrages et articles portant sur la détermination de la valeur économique des services écosystémiques. Elle indique outre que l'approche couramment utilisée est le cadre de valeur économique totale (VET). Il sert à organiser différents types de valeurs pouvant être associées à un service

Selon Pearce et Moran (1994), la valeur économique totale (VET) des écosystèmes se décompose entre valeurs d'usage et valeurs de non usage. Les valeurs d'usage comprennent les valeurs d'usages directs, les valeurs d'usages indirects et valeurs d'options. Les valeurs de non-usages concernent les valeurs d'existence et les valeurs de l'altruisme.

La figure 1 indique que les services écosystémiques identifiés par la présente étude font partie de la catégorie des services à valeurs non marchands. Quant à l'évaluation économique de ces derniers, elle sera basée à la fois sur la fonction des méthodes dites directes tenant compte de l'efficacité ou de la productivité d'un service et son prix sur le marché et les méthodes indirectes basées sur les préférences révélées.

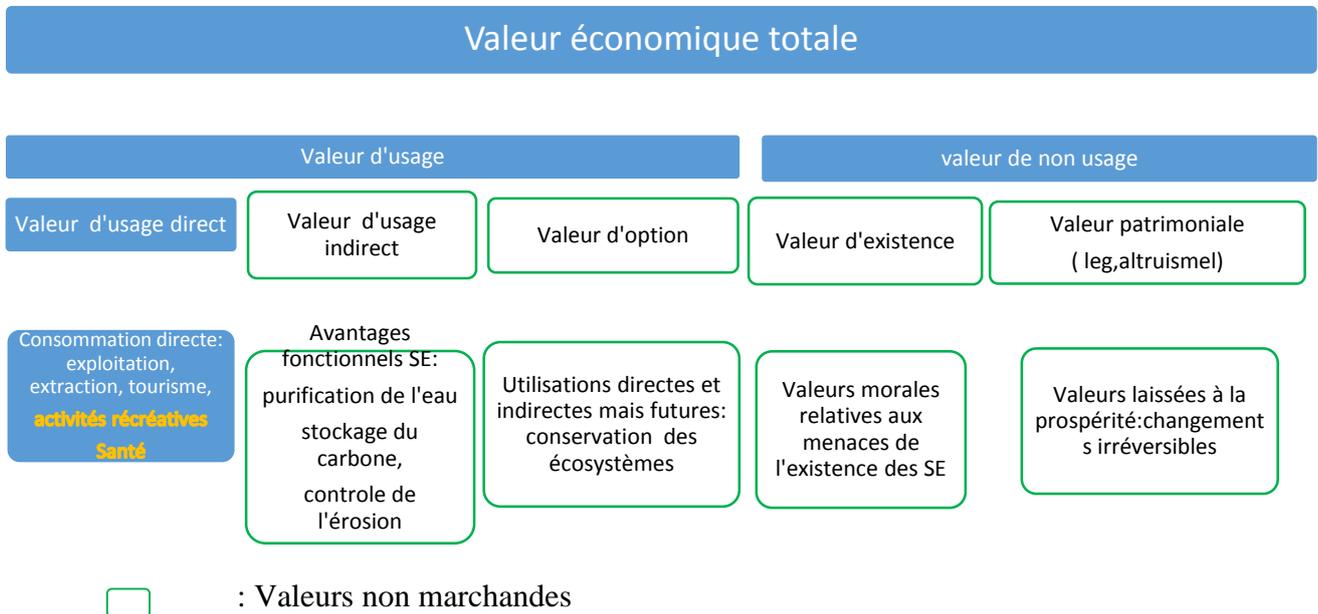


Fig. 1: Différentes valeurs des services écosystémiques (Hardelin, 2010)

IV.1. EVALUATION ECONOMIQUE DE LA REGULATION HYDROLOGIQUE

- **Disponibilisation et la purification de l'eau**

Les mesures d'évaluation de ce service porteront sur l'évaluation des variations des débits des cours d'eau, volume d'eau distribuée ou utilisée ainsi que sur les prix pratiqués et la qualité.

- **Disponibilisation**

La méthodologie proposée est basée sur la fonction de productivité. C'est une méthodologie qui consiste à mesurer la valeur qui entre en jeu dans la disponibilisation de l'eau. Elle comprend les étapes suivantes:

- mesurer la variation du débit d'un cours d'eau prenant naissance dans une colline sous forêt (V1);
- mesurer la variation du débit d'un cours d'eau prenant naissance dans une colline non boisée (V2);
- évaluer l'effet de l'effort de la fonction de la régularisation de l'eau assuré par la forêt en soustrayant V2 de V1, ce qui donne V3;
- évaluer en litres le volume d'eau disponibilisée annuellement;
- évaluer le coût du terrain immobilisé © pour produire cette quantité d'eau (L) V1 –V2 ou la valeur d'investissement et d'entretien du terrain;
- calculer le cout d'un litre d'eau produit (CU) soit C divisé par L;
- estimer la quantité d'eau utilisée (QU);
- évaluer le coût total de la disponibilisation de l'eau par CU*QU.

• **Purification de l'eau pour l'alimentation humaine**

La méthodologie proposée comprend huit principales étapes suivantes:

- identifier les normes de qualité de l'eau potable;
- analyser la qualité de l'eau d'un cours d'eau prenant naissance dans une colline sous forêt et évaluer le coût de purification (C1) d'un litre au moyen d'enquête menée auprès des entreprises de traitement des eaux;
- analyser la qualité de l'eau d'un cours d'eau prenant naissance dans une colline non boisée.
- estimer le coût moyen de purification d'un litre d'eau d'un cours d'eau prenant naissance dans une colline sous forêt (CM1);
- estimer le coût moyen de purification d'un litre d'eau d'un cours prenant naissance dans une colline non boisée (CM2);
- soustraire CM1 de M2. La différence entre les deux coûts représente le coût unitaire (d'un litre d'eau) de purification évité;
- estimer la quantité totale d'eau utilisée (mètre cubes/an) pour l'approvisionnement des populations;
- multiplier le coût unitaire de purification par la quantité totale d'eau utilisée pour obtenir le coût total de purification évité.

• **Prévention des risques d'érosion hydrauliques**

Les méthodes d'évaluation économique appropriées sont celles dites indirectes basées sur la méthode de coûts évités ou de remplacement. Les méthodes simples pour évaluer et compenser ou réparer les risques liés à l'érosion des sols se référeront au système d'assurance des biens, des services et des personnes. En effet pour lutter contre ces types de risques souvent imprévisibles, c'est en général les frais d'assurance qui peuvent être mis en jeu. Au Burundi et ailleurs existe des maisons d'assurance qui disposent des types et taux de garantis pour des biens, services et personnes.

La méthodologie à suivre comprend sept principales étapes:

- au moyen des visites des lieux et des enquêtes auprès des populations vivant en aval d'une forêt, identifier les biens mobiliers et immobiliers ainsi que les personnes à protéger;
- estimer la valeur économique de chaque bien;
- estimer le capital total à investir pour la protection des biens, services et personnes;
- identifier les types de garantis nécessaires;
- identifier les maisons d'assurance susceptibles de satisfaire aux garantis identifiés;
- collecter les taux de garantis pour chaque type de garantis;
- calculer le montant total de la prime que le preneur de l'assurance doit payer.

Le montant total calculé à l'étape (vii) constitue donc une garantie pour la protection des biens, services et personnes dont le coût est estimé à l'étape (iii). Mais la forêt permet d'éviter cette dépense, c'est un coût évité. Ce coût représente donc la valeur économique de la prévention des risques liés à l'érosion.

V.2. EVALUATION ECONOMIQUE DE LA REGULATION CLIMATOLOGIQUE

• Purification de l'air

Le niveau de purification de l'air ou de pollution de l'air sera déterminé sur base des données collectées au moyen d'inventaire de gaz polluants selon la méthodologie CORINAIR³ dans la mesure du possible en vue de déterminer leur concentration dans d'air. Les mesures de vérification de la purification de l'air porteront donc sur la nature et la concentration des polluants dans un volume d'air donné. Ici, il s'agit de mesurer la valeur de l'établissement et de l'entretien de la forêt mise en jeu afin de purifier l'air. La méthode d'évaluation comprend neuf principales étapes:

- mesurer le taux de concentration des gaz, poussières, aérosols, dans l'air à proximité de la forêt témoin;
- mesurer le taux de concentration des gaz, poussières, aérosols, sur une colline non forestière et éloignée de la forêt témoin;
- évaluer le coût de purification de l'air contenu dans et à proximité de la forêt témoin(C1);
- évaluer le coût de purification de l'air circulant en dehors de la forêt modèle(C2);
- soustraire de C1 de C2, supposons $C2-C1 = C3$;
- soustraire la valeur correspondant à (ii) de (i) soit $(V2) - (V1) = V3$;
- calculer le coût unitaire de la purification, supposons $C3/V3 = CU$;
- estimer le volume d'air de bonne qualité utile(VTU);
- calculer le coût total de la purification qui est égal à $CT = CU * VTU$ (Volume total d'air de qualité utile).

• Captage et stockage du carbone

Un des services les plus importants rendus par les écosystèmes à l'échelle planétaire est celui de la fourniture d'oxygène et du piégeage de carbone par la biomasse. Cette fonction de régulation est considéré comme la première source de bénéfices issus des services écosystémiques, avec une estimation de 1,3 milliards de dollars par an (Marsca *et al.*, 2008).

L'impératif de préservation des forêts du Burundi face aux activités économiques susceptibles de leur porter atteinte, se fonde entre sur cette démarche de valorisation de la fonction régulatrice de l'écosystème.

Les mesures d'évaluation du niveau de stockage porteront sur la quantification du carbone stocké dans un intervalle d'une année. Quant à la méthode à utiliser pour mesurer la valeur économique du service séquestration du carbone, on se réfère à la méthode directe tenant compte de l'efficacité ou la productivité d'un service et son prix sur le marché. Ici, ce qui est mis dans le captage et la séquestration du carbone, c'est la matière organique végétale.

La méthodologie à suivre portera sur huit principales étapes:

- déterminer la superficie d'une forêt échantillon au moyen des techniques d'inventaire forestier recommandé par IPCC⁴;
- déterminer le taux d'accroissement annuel de la biomasse de la forêt;

³ Coordination des informations sur l'état de l'environnement et de l'air atmosphérique

⁴ Intergovernmental Panel on Climate Change

- calculer l'accroissement de la biomasse annuelle (tonnes de matière sèche) multipliant la superficie forestière par (i) par le taux d'accroissement annuel de la matière sèche⁵ (tonnes /ha/an);
- calculer la quantité totale du carbone stocké dans la biomasse aérienne de la forêt échantillon en multipliant le résultat obtenu en (iii) par la fraction de carbone⁶, soit TC;
- déterminer le poids du carbone stocké dans la biomasse souterraine, la matière organique (litière et bois mort) et dans le sol selon la méthodologie IPCC;
- additionner les résultats obtenues aux (iv) et (vi) pour avoir le poids total du carbone stocké par la forêt en tonnes, soit TC;
- fixer le prix et identifier les acheteurs du carbone et fixer le coût d'une tonne, soit P;
- évaluer la valeur totale de la séquestration du carbone en multipliant P*TC.

Pour ce service, il existe plusieurs mécanismes internationaux de référence qui peuvent guider son évaluation économique. A titre indicatif, le prix de la tonne de CO₂ sur le marché fixé en juin 2006 et le taux d'actualisation estimé à 10% entre 2006 et 2020 (Marsca, *et al.*, 2008) pourraient servir de référence pour le calcul de la valeur du stock de carbone Burundais et partant la valeur du service «Captage et stockage du carbone».

● Modération de la température (relation avec le théier)

Les mesures d'évaluation du niveau de modération de la température porteront sur la variation de la température dans un intervalle d'une année. Le service mis en jeu pour la modération de la température correspond à l'établissement et l'entretien d'une forêt.

La méthode d'évaluation comprend neuf principales étapes:

- mesurer la température de l'air dans une théiculture proche de la forêt témoin; supposons T1;
- mesurer la température de l'air dans une théiculture éloignée de la forêt témoin, supposons T2;
- calculer l'écart de température entre les deux sites, supposons $(T2-T1) = T3$;
- évaluer les rendements théicoles sur les deux sites, supposons R1 et R2;
- soustraire R2 de R1, supposons R3;
- calculer le coût de R3, le prix du marché est supposé égal à F par unité, donc la valeur totale de R3 devient: $VTR3 = F*R3$;
- calculer la valeur de réduction d'un degré en divisant $F*R3$ par $T3 = CU$; soit le coût unitaire de modération;
- identifier tous les sites bénéficiaires de la modération de la température;
- coût total de la modération de la température est égal à $CT = CU * \Sigma\Delta T$ (somme des variations de température).

⁵ A défaut de données nationales, on peut utiliser les données implicites, mais les données nationales sont recommandées pour la qualité du rapport, en ce cas, on peut associer le Guide de Bonne Pratique Préconisée à IPCC 2006.

⁶ Valeur par défaut: 0,5

CONCLUSION

En peu de temps, une évaluation des fonctions de régulation hydrologique et climatique assurée par les forêts fait ressortir un certain nombre de biens et services indispensables à la vie de l'homme et à l'humanité dont les plus importants sont la disponibilisation et la purification de l'eau, la prévention des risques liés à l'érosion des sols, la purification de l'air à travers l'absorption du gaz carbonique par phénomène de photosynthèse et la rétention des poussières au niveau du feuillage ainsi que la modération de la température.

Cependant, une analyse complétée par une enquête menée auprès des bénéficiaires directs ou riverains des dites forêts, permettrait probablement de découvrir d'autres biens et services écosystémiques.

Cette étude montre en outre l'importance socio-économique des biens et services fournis par les forêts à travers la régulation hydrologique et climatique. Enfin l'étude propose des orientations pour l'évaluation financière desdits services.

Les résultats de cette évaluation financière constitueront une preuve de justification de la valeur socio-économique des services écosystémiques et serviront de support pour sensibiliser toutes les parties prenantes et particulièrement les pouvoirs publics et les décideurs sur la nécessité de la gestion durable des écosystèmes forestiers.

BIBLIOGRAPHIE

Goujon, B.V. et Coignac, B. (1968). Conservation des sols en Afrique et à Madagascar. Seconde partie: influence du couvert végétal sur le ruissellement et les pertes en terre. Résultats obtenus à Madagascar. CIRAD, Bois et Forêts des Tropiques, No. 119: 3-27.

Ferret, D. (2012). Bar oxygène & aromathérapie-effet de la respiration d'oxygène à haute pureté. Entreprise de traitement et de purification de l'eau et de l'air, LENNTECH, Université technique de Delft aux Pays Bas, 4p.

Fleuriel, M. (1998). Synthèse bibliographique : forêt et écoulement des eaux. Aix-en-Provence: Université de Provence, (Mémoire de DEA), 29p.

Hardelin, J. (2010). Evaluation économique des services écosystémiques, Présentation pour le Colloque Liteau Paris 2010. Ministère de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de la Mer en charge des technologies vertes et des négociations sur le climat, 21p.

Humbert, J. et Najjar, G. (1992). Influence de la forêt sur le cycle de l'eau en domaine tempéré : une analyse de la littérature francophone-Strasbourg: Centre National du Mécanisme Agricole du Génie Rural et des Eaux et Forêts. CEMAGREF, 85p.

Lavabre, J. et Andreassian, V. (2000). La forêt: Outil de gestion des eaux. CEMAGREF, Paris, 120p
Marsca, B. (2008). Valeur économique et sociale des espaces naturels protégés. Centre de Recherche pour l'étude et l'observation des Conditions de vie, 103p

Ministère de l'Eau, de l'Environnement, de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme (2013). Stratégie Nationale et Plan d'Action sur la Biodiversité. Bujumbura, 104p.

Nzigidahera B. (2000). Analyse de la diversité biologique végétale et identification des priorités de sa conservation, Stratégie nationale et Plan d'action en matière de la diversité biologique, Projet SNPA-DB/BDI/98/G31/A/G/99, FEM/PNUD. 127p

Pearce, D.W et Moran, D. (1994). The economic value of biodiversity. IUCN The world conservation union. Earthscan Publications Ltd, London, 104p

Rishirumuhirwa, T. (1994). Facteurs anthropiques de l'érosion dans les montagnes et hauts plateaux aux Burundi, Rwanda et Zaïre. IRAZ, Cahiers d'Outre-Mer, 47 (185), 34 p

Van Dijk P.M., Kwaad F.J.P.M., Klapwijk M. (1996). Retention of water and sediment by grass strips. *Hydrological Processes*, vol. 10:1069-1080.

Services écosystémiques fournis par la symbiose ectomycorhizique en forêts claires du Burundi

Nzigidahera Benoît

Office Burundais pour la Protection de l'Environnement

INTRODUCTION

Les forêts claires du Burundi qui occupaient dans le temps 1400 km², soit 5% du territoire national, sont maintenant de petits lambeaux dispersés dont le plus grand ne dépasse guère 3000 ha. Les aires protégées dans ces zones de forêt claire représentent plus ou moins 15000 ha. Il s'agit des Réserves Naturelles de Rumonge et de Vyanda et des Paysages Protégés de Gisagara, de Mukungu-Rukambasi et de Mabanda/Nyanza-lac (Fig. 1). Ces forêts claires vivent en symbiose avec les champignons supérieurs aussi appelés les champignons ectomycorhiziques.

La première récolte des champignons ectomycorhiziques a été faite par Rammeloo au Sud du pays en 1973. Il a fallu attendre Buyck en 1993 pour avoir encore des données sur les ectomycorhizes toujours dans cette partie du Sud du Pays. Dès lors plusieurs travaux (Nzigidahera, 1993; Niyondiko, 1994; Sindayihebura, 1993; Buyck et Nzigidahera, 1995; Buyck, 1995) ont été effectués dans l'identification des champignons ectomycorhiziques des forêts claires du Burundi. Sept espèces du genre *Brachystegia* (*B. bussei*, *B. spiciformis*, *B. utilis*, *B. manga*, *B. microphylla*, *B. longifolia*, *B. wangermeeana*), trois espèces du genre *Uapaca* (*U. nitida*, *U. kirkiana*, *U. sansibarica*), une espèce du genre *Isoberlinia* (*I. angolensis*) et une autre du genre *Julbernardia* (*J. globiflora*) ont été ainsi signalées comme hôtes des champignons dans les forêts claires du Burundi.

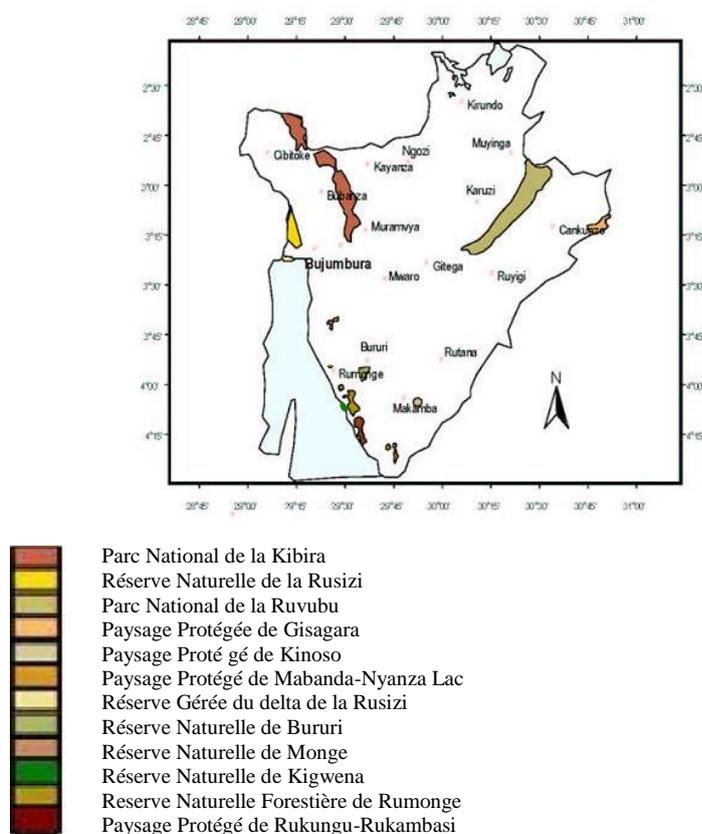


Fig. 1: Carte des aires protégées du Burundi

La caractéristique distinctive de formations végétales dans lesquelles ces champignons ont été trouvés est la dominance des espèces d'arbres, formant ainsi une végétation homogène parfois même à dominance monospécifique. Les autres formations végétales faites des forêts de montagne, des savanes, des bosquets, etc. ne sont pas associées aux champignons ectomycorrhiziques.

Les champignons impliqués dans les ectomycorrhizes sont des champignons supérieurs. Cette symbiose ectomycorrhizique joue un rôle important dans le fonctionnement des forêts claires. En plus d'interrelation amicale entre les deux associés où l'un dépend de l'autre pour sa survie, on reconnaît que les champignons jouent un rôle primordial dans le maintien de la végétation. De plus, les espèces des champignons associées à ces arbres sont comestibles conférant ainsi aux forêts claires un rôle nourricier pour une grande population du Burundi. La symbiose ectomycorrhizique apparaît donc comme maîtresse d'importantes fonctions écologiques et socio-économiques des forêts claires.

Ces fonctions et services des forêts claires sont peu connues ou tout au moins non tenues compte dans les mesures de protection de la biodiversité et de développement socioéconomique du Burundi. Il y a un besoin de connaître la valeur réelle de la symbiose ectomycorrhizique des forêts claires afin que des mesures efficaces pour leur maintien et leur valorisation soient prises.

L'évaluation économique de la symbiose ectomycorrhizique vise ainsi à quantifier en une unité monétaire les bénéfices apportés par l'écosystème forêt claire suite au fonctionnement symbiotique dans le but de la sauvegarder et la valoriser. Dans cette optique, deux aspects semblent indispensables. Il s'agit des bénéfices liés à l'approvisionnement des ressources fongiques comestibles par des forêts claires et au fonctionnement écologique à l'origine de leur maintien.

I. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DE LA SYMBIOSE ECTOMYCORRHIZIQUE

I.1. ORGANISMES IMPLIQUES ET LOCALISATION

- **Plantes ectomycorrhizées**

On estime actuellement au monde que 6000 espèces environ, parmi les champignons à carpophores, sont associées à des arbres. On estime également que 10% des espèces de plantes sont associées à des champignons. Thoen (1993) a estimé le nombre probable d'arbres ectomycorrhizés en Afrique tropicale à quelques 300 espèces différentes. Au Burundi, Nzigidahera (2007) dénombre plus de 16 espèces de plantes associées à plus de 200 espèces de champignons déjà connues.

Les plantes impliquées forment des forêts homogènes sur de grandes étendues. Les écosystèmes forestiers les plus concernés en Afrique sont les forêts claires qui couvrent 12,1% du continent, soit 3.765×10^6 km². L'aire se subdivise en deux blocs, une bande étroite située au Nord de l'équateur et un ensemble de massif situé au sud de celui-ci jusqu'en Afrique du Sud (Fig. 1). Les forêts claires du Sud de l'équateur sont du type miombo avec dominance des espèces de genres *Brachystegia*, *Isobertinia*, *Julbernardia*, *Uapaca* (Malaisse, 1979). Au Burundi, les forêts claires du type miombo occupent plus de 20000 ha et constitue la limite Nord de ce biome (Fig. 2).

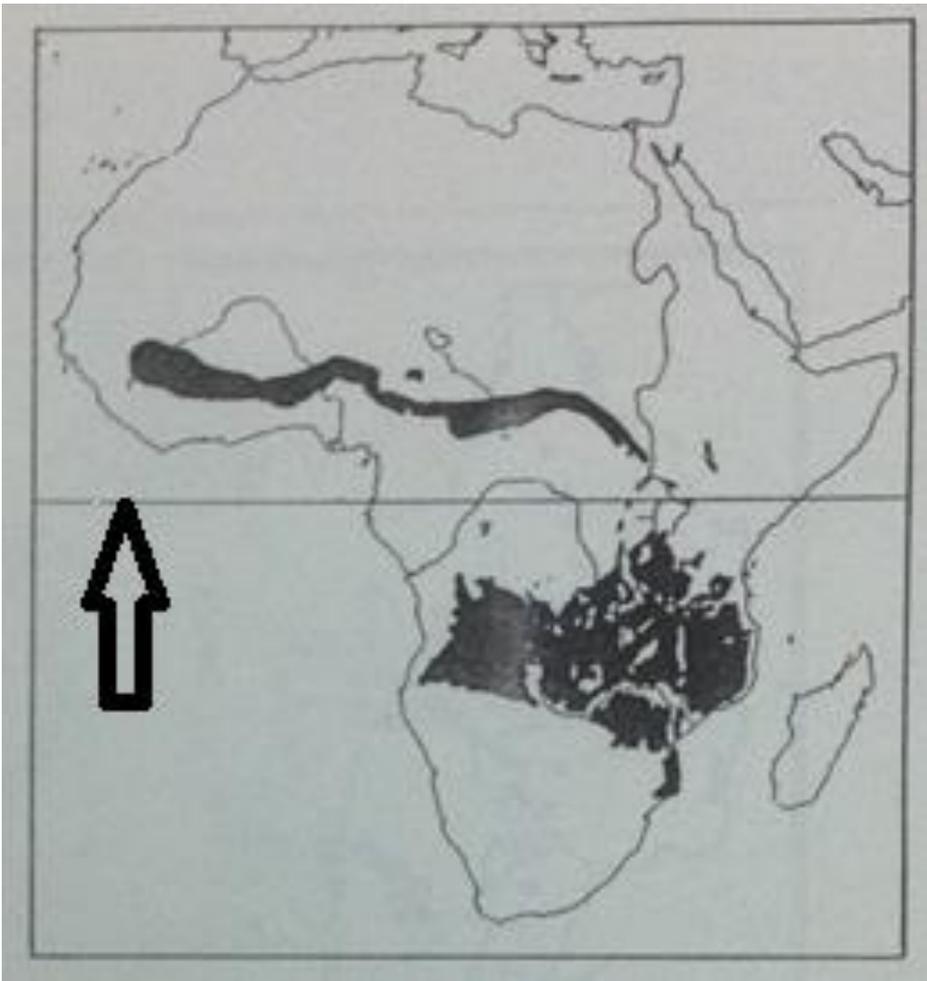


Fig. 1: Répartition des forêts claires en Afrique (Une bande étroite au Nord de l'équateur et un massif du sud constituant le Miombo) (Malaisse, 1979).

- **Champignons ectomycorhizés**

Les espèces des champignons associées à des arbres sont des champignons supérieurs. Il existe plusieurs groupes de champignons réputés ectomycorhiziques. On estime que leur nombre dépasse 5000 espèces. Ils appartiennent au règne des Mycota, embranchement des Eumycota et sous-embranchement des Basidiomycotina. Ce sont essentiellement des champignons à chapeau, sauf quelques Hymenogastres. Au Burundi, plus de 200 espèces sont déjà dénombrées. La famille des Amanitaceae est bien représentée par le genre *Amanita* assez riche en espèces. Les Boletales qui sont des champignons à tubes comprennent la famille des Gyrodontaceae avec les genres *Phlebopus* et *Rubinoboletus* très communs, la famille des Boletaceae avec *Boletus* et *Pulveroboletus* assez communs, la famille des Xerocomaceae bien représentées par *Phylloporus*, *Xerocomus* et *Tubosaeta*, la famille des Strobilomycetaceae dont *Afroboletus* et *Strobilomyces* sont connus. La famille des Cartinariaceae comporte des représentants rares des genres *Cartinarius* et *Inocybe*. La famille la plus riche en espèces est celle des Russulaceae avec deux genres *Lactarius* et *Russula*. Cependant, c'est la famille des Cantharellaceae qui comprend des espèces comestibles du seul genre *Cantharellus* les plus abondantes et les plus consommées. Il n'existe pas une spécificité déjà démontrée entre une espèce de champignon et un arbre au Burundi.

I.2. FONCTIONNEMENT DE LA SYMBIOSE ECTOMYCORRHIZIQUES

La symbiose ectomycorrhizique est une association d'hyphes fongiques aux racines des plantes supérieures. Cette symbiose qui constitue un défi aux lois des mathématiques $1+1=1$, est en effet, un complexe qui a une morphologie propre et une physiologie particulière. C'est donc un organe véritable désigné sous le vocable «Ectomycorrhize» (du grec *Ecto*, extérieur, *Mykes*, champignon et *Rhiza*, racine).

Dans les rapports champignons-arbres, le mycélium bien visible extérieurement, constitue un manteau entourant l'extrémité des racines et se substitue aux poils absorbants. De ce manteau part un réseau mycélien externe dont les hyphes prospectent le sol, et un réseau interne qui pénètre dans les espaces intercellulaires de l'écorce racinaire, mais n'entre pas dans les cellules.

La croissance des racines est modifiée, d'où des formes variées qui ont valu des qualificatifs divers à ces mycorrhizes (noduleuses, corolloïdes, dendroïdes, etc.). Nzigidahera (1993) montre la forme des mycorrhizes sur les racines de *Brachystegia* de Rumonge (Fig. 2).

Dans cette liaison, les champignons bénéficient des sucres solubles provenant de la photosynthèse de leur partenaire chlorophyllien. Ce dernier, à son tour, bénéficie des éléments minéraux (phosphore, azote, calcium, eau, etc...) absorbés par le champignon dans le sol et cela sur une surface qui dépasse de loin celle exploitée par les racines de la plante. La présence des mycorrhizes garantit aux plantes non seulement une meilleure nutrition dans un sol pauvre, mais également une meilleure protection des racines contre les pathogènes ou même contre le passage du feu.

Beaucoup de champignons ont peu d'hôtes spécifiques, c'est-à-dire qu'ils peuvent mycorrhizer beaucoup d'espèces de plantes. Le mycélium des champignons dans le sol peut alors relier les racines de deux ou beaucoup de plantes. Il a été constaté que les substances absorbées du sol ou retirées de l'hôte peuvent passer d'une plante à une autre pour rehausser leur survie. Il est encore fort possible que les éléments minéraux relâchés quand la racine meurt peuvent être capturés par des champignons pour être transportés dans les racines vivantes. Cela peut réduire la quantité des éléments capturés par les saprophytes proliférant à côté des racines (Newman, 1988). Ceci explique la rareté des champignons saprophytiques dans les forêts ectomycorrhizées.

Dans les végétations sèches d'Afrique comme dans la forêt claire, l'humidité du sol est trop faible pendant une longue période de l'année pour permettre une croissance aux mycéliums comme à la végétation alors que la masse de litière est parfois fortement réduite par le feu. Dans de pareilles conditions, la symbiose ectomycorrhizique peut aider les organismes à survivre durant la saison défavorable. L'optimum de développement de ces mycorrhizes se situe en saison des pluies.

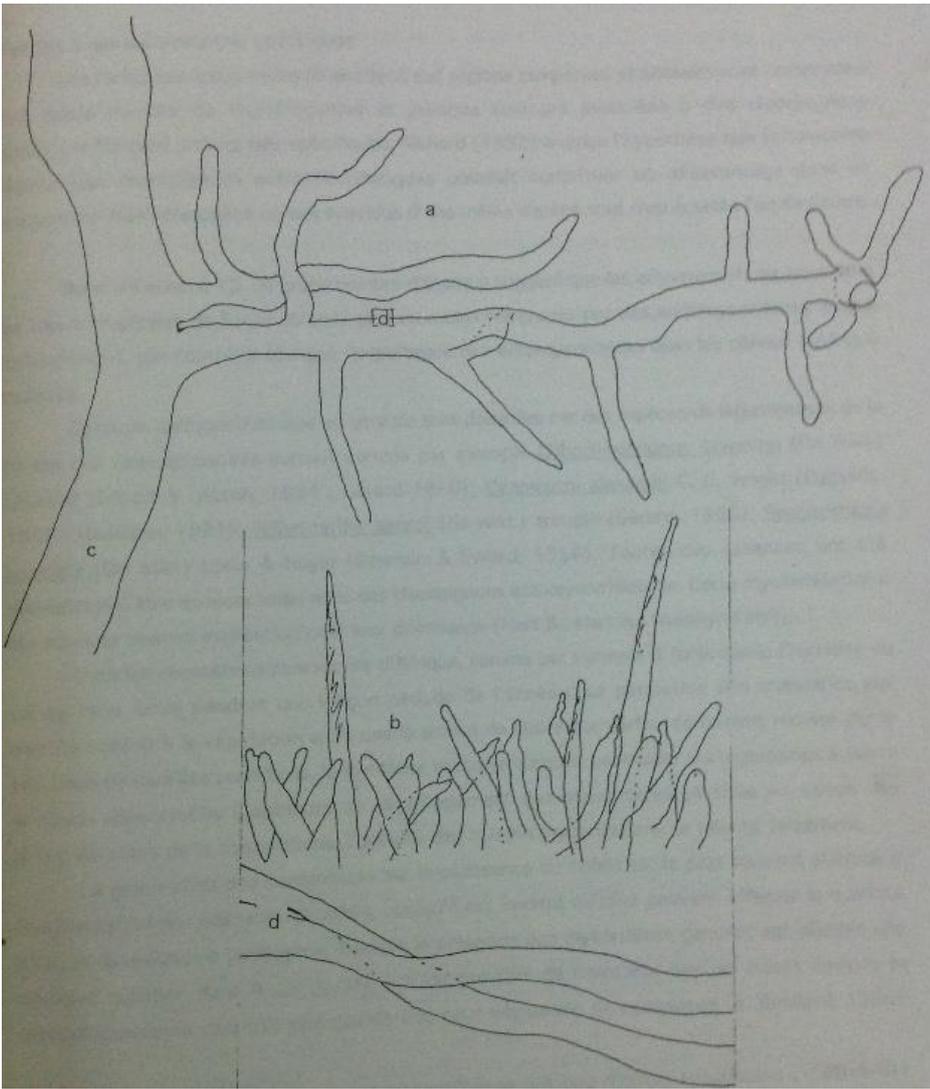


Fig. 2: Ectomycorrhizes analysées sous *Brachystegia* en provenance de forêt de Rumonge: a: Ectomycorrhizes (50 x); **b:** Détail montrant le manteau des hyphes et lactifères des ectomycorrhizes (1200 x); **c:** Racines; **d:** Lactifère de *Lactarius* (Nzigidahera, 1993)

II. FONCTION ECOLOGIQUE DE LA SYMBIOSE ECTOMYCORRHIZIQUE

II.1. ROLE DES ECTOMYCORRHIZES DANS LA DOMINANCE DES ESPECES DE PLANTES

En considérant l'uniformité relative des conditions climatiques et l'hétérogénéité des ressources végétales de la forêt dense de montagne comme la Kibira, on pourrait tenter de croire que les mycéliums des champignons ectomycorrhiziques trouvent des conditions plus favorables et des ressources plus variées dans cette sylvie. Paradoxalement, le constat est que les mycéliums ectomycorrhiziens se développent dans les formations végétales subissant des variations climatiques plus extrêmes et ayant une plus faible diversité floristique que les forêts denses. Buyck (1989) affirme qu'une végétation renfermant un grand nombre d'espèces de phanérogames est désavantageuse aux mycobiontes qui sont liés à des substrats très spécifiques. En effet, les forêts beaucoup moins diversifiées des régions tempérées et boréales sont composées d'un faible nombre de phanérogames et presque toujours associées à des champignons ectomycorrhiziques parfois très spécifiques.

Richard (1952) (cité par Buyck, 1989) avance l'hypothèse que le caractère sélectif des champignons ectomycorrhiziques pourrait constituer un désavantage dans un écosystème très hétérogène où des individus d'une espèce sont trop écartés l'un de l'autre.

Cet état de fait explique pourquoi de larges surfaces d'Afrique équatoriale sont dominées par des espèces de légumineuses de la famille des Caesalpiniaceae comme *Gilbertiodendron*, *Brachystegia*, *Cynometra*, *Julbernardia*, *Isobertinia*, *Monotes*, *Afzelia*, etc.. Toutes ces essences ont été démontrées d'être en association avec des champignons ectomycorrhiziques. Cette Mycorrhization est ainsi avancée comme explication pour leur dominance (Hart *et al.*, 1989).

II.2. ROLE DES RESEAUX ECTOMYCORRHIZIENS DANS LA REGENERATION NATURELLE

En général, les champignons ectomycorrhiziens sont peu spécifiques vis-à-vis des plantes hôtes. Autrement dit, ils ont un large spectre d'hôtes et peuvent coloniser plusieurs espèces d'arbres. Nzigidahera (1994) a dénombré plus de 60 espèces de champignons ectomycorrhiziques dans la seule petite forêt claire de Nkayamba dominée par 5 espèces de *Brachystegia* sans parvenir à établir une certaine spécificité. Les champignons établissent un réseau mycélien liant les racines (réseau ectomycorrhizien) de la même espèce ou d'espèces différentes (He *et al.*, 2004).

Des transferts de minéraux du sol et de photosynthétats sont alors possibles entre arbres et plantules *via* les réseaux ectomycorrhiziens (He *et al.*, 2004). En situation de stress hydrique, les arbres-mères redistribuent l'eau aux plantules par le biais des réseaux ectomycorrhiziens (Warren *et al.*, 2008). Des plantules, liées aux arbres-mères de la même espèce ou d'espèces différentes par des réseaux ectomycorrhiziens, peuvent améliorer leur croissance et leur survie (Newbery *et al.*, 2000; Onguene & Kuyper, 2002).

Les réseaux ectomycorrhiziens constituent aussi une source d'inoculum pour la régénération naturelle par semis ou rejets de souches (Onguene & Kuyper, 2002). Connell & Lowman (1989) ont suggéré que la prédominance des Dipterocarpaceae dans les forêts humides d'Asie du Sud-Est est liée à la capacité de leurs semis à former des ectomycorrhizes *via* les réseaux ectomycorrhiziens préétablis des arbres-mères. La présence ou l'absence d'ectomycorrhizes sur les plantules dépend de la distance à l'arbre-mère. Ainsi, des plantules qui poussent en dehors de la rhizosphère des arbres-mères ont des taux de mycorrhization et de survie très faibles, alors que des plantules sous le houppier ont des taux de mycorrhization et de survie élevés. D'évidence, les réseaux ectomycorrhiziens influencent fortement la régénération naturelle et la survie des plantules dans les écosystèmes forestiers (Booth, 2004).

II.3. ROLE DES ECTOMYCORRHIZES DANS L'UTILISATION DE L'EAU PAR LES PLANTES HÔTES EN CONDITIONS ECOLOGIQUES PRECAIRES

Les forêts claires du Burundi sont localisées sur des sols représentés le plus souvent par des nappes de grenailles et des affleurements rocheux, qu'on retrouve aussi bien sur les versants que sur les sommets de collines. Les sols des forêts claires sont généralement peu profonds et peu riches en nutriments (azote, phosphore et matière organique). Nzigidahera (1993) a mesuré le pH du sol des forêts claires de Rumonge variant entre 4,6 au sommet de la colline à 5,3 au bas de la pente. L'horizon organique superficiel est mince avec 4 cm. Dans la région zambézienne dominée par le miombo, le pH est généralement acide, aux environs de 4-5 (Chidumayo *et al.* 2010 in Muyle, 2012). Selon Freson *et al.* (1974), l'épaisseur de la couche supérieure de matière organique est de 2-3 cm pour le miombo. Le district de Mosso-Malagarazi, considéré comme zone aride, est manifestement marqué par des pluviosités faibles ne dépassant pas 1000 mm avec des années de déficit très fréquentes.

Dans ces conditions environnementales non favorables, la symbiose ectomycorrhizique y joue un rôle clé dans la gestion des eaux. En effet, la disponibilité de l'eau est le premier facteur de l'environnement qui limite la production forestière. Or, les associations ectomycorhiziennes, qui impliquent des modifications profondes des caractéristiques structurales et fonctionnelles des racines, sont *a priori* susceptibles de modifier l'efficacité d'acquisition et d'utilisation de l'eau par les arbres. De nombreuses expériences ont été réalisées pour évaluer la contribution des champignons ectomycorrhiziques à l'alimentation hydrique des arbres. Il se dégage une tendance générale que les ectomycorrhizes valorisent mieux l'eau absorbée (en termes de développement, de croissance et de production de biomasse) et sont plus tolérants à la sécheresse (Garbaye et Guehl, 1997). En effet, Brownlee *et al.* (1983) puis Lamhamedi *et al.* (1992) cité par Garbaye et Guehl, (1997) ont démontré expérimentalement le rôle décisif des champignons ectomycorrhiziques dans la fourniture d'eau aux arbres, surtout en conditions de sécheresse car ils explorent alors les microsites encore humides et transfèrent efficacement l'eau aux racines. Indépendamment de leur aptitude à accéder à la source, les champignons sont souvent capables d'extraire de l'eau à très bas potentiel (c'est-à-dire très liée à la phase solide du sol), bien en deçà des possibilités de la racine seule (Brown, 1990 in Garbaye et Guehl, 1997). Boyle et Hellenbrand (1991) cité par Garbaye et Guehl (1997) ont également montré expérimentalement qu'il existe une corrélation entre l'efficacité d'une souche fongique à fournir l'eau aux semis en condition de sécheresse et sa capacité à croître à bas potentiel hydrique en culture pure *in vitro*.

III. FONCTION SOCIO-ECONOMIQUE DE LA SYMBIOSE ECTOMYCORRHIZIQUE

III.1. SYMBIOSE ECTOMYCORRHIZIQUE DANS L'ALIMENTATION HUMAINE

Selon Wang *et al.* (2004), il y a environ 2500 espèces de champignons reconnus comme comestibles. Les plus recherchés et les plus chers appartiennent au groupe des ectomycorrhiziens. Le marché mondial pour ces champignons se mesure en milliards de dollars US. Au cours de cent dernières années, la récolte de plusieurs espèces de champignons a chuté très fortement. Cela a conduit au développement des recherches sur les méthodes permettant leur culture. Jusqu'ici seulement, seules quelques espèces des truffes ont été produites en quantités commerciales. Malgré toujours les méthodes développées, il reste un défi à la mise en culture des champignons des genres *Cantharellus*, *Amanita*, *Lactarius*, *Russula*, etc. qui rentrent dans la symbiose ectomycorrhizique. Devant ce problème de mise en culture, des recherches sont actuellement orientées sur les méthodes d'aménagement des forêts naturelles ectomycorrhizées pour assurer l'approvisionnement durable des champignons. La récolte des champignons ectomycorrhiziques constitue une source alimentaire et monétaire pour plusieurs pays du monde.

Au Burundi, Nzigidahera (2007) donne déjà une liste de 50 espèces de champignons comestibles en provenance des forêts claires. Les populations riveraines récoltent pour leur alimentation et pour le commerce au niveau local et quelque peu au niveau national. Alors que le commerce des champignons à grande échelle n'existe pas au Burundi, Wang *et al.* (2004) montre que les marchés mondiaux donnent plus de 2 billions de dollars US par an et cela contribue significativement à la croissance de l'économie pour beaucoup de pays. Au Burundi, après la récolte, les champignons sont proposés à la vente sur les marchés locaux ou acheminés en ville de Bujumbura, soit préparés en vue de la consommation ou de la conservation. Il est déjà mis en relief que les champignons constituent une source alimentaire pour une grande population riveraine des forêts claires.

Depuis 2014, le Burundi s'est engagé dans l'évaluation de la productivité des champignons comestible dans les forêts claires. Au Paysage Protégé de Gisagara, la productivité des forêts claires a été estimée à 276,2 kg/ha/an avec 40 espèces comestibles alors qu'à la Réserve Naturelle de Rumonge, elle a été estimée à 106 kg/ha/an avec seulement 14 espèces (Niyongabo *et al.*, 2014 et Kakunze *et al.*, 2014).

Cette différence nette est liée au fait que dans la région de Gisagara, les communautés locales consomment des champignons connus comme comestibles, mais aussi des champignons considérés comme toxiques au Sud-Ouest du Burundi. Ainsi, dans cette contrée du pays, les champignons consommés comprennent ceux qui sont directement consommés occupant 64,8% de la productivité totale et ceux qui sont indirectement consommés avec 35,4%. Parmi les champignons indirectement consommés, les bolets prennent le devant avec 25,2% de la productivité totale.

III.2. SYMBIOSE ECTOMYCORRHIZIQUE DANS LA PROTECTION DES SOLS

Il a été démontré ci-haut que la symbiose ectomycorrhizique joue un rôle clé dans la conservation des sols par le maintien et le renforcement de la résilience des forêts claires notamment avec l'utilisation rationnelle de l'eau, dans la régénération forestière et en favorisant la dominance des arbres particuliers. C'est donc ce rôle symbiotique qui a permis l'adaptation des forêts claires dans les conditions très précaires. Dans la plupart des cas, la mise en culture des paysages de Buyogoma, Kumoso, Mukungu et Buragane, compartimentés par des crêtes et des massifs quartzitiques, ouvre la voie à des déserts rocheux.

Les forêts claires protègent ainsi les sols des montagnes rocheuses contre l'érosion et des vallées très propices à l'agriculture de marais en évitant notamment le surenvaselement et la pollution des rivières comme la Malagarazi et le lac Tanganyika.

IV. EVALUATION ECONOMIQUE DES SERVICES FOURNIS PAR LA SYMBIOSE ECTOMYCORRHIZIQUE

Dans l'évaluation du rôle de la symbiose ectomycorrhizique comme service écosystémique, il est primordial de considérer deux niveaux à savoir le rôle écologique pour le maintien des forêts claires et le rôle nutritionnel comme source alimentaire.

IV.1. SYMBIOSE ECTOMYCORRHIZIQUE DANS LE MAINTIEN DES FORETS CLAIRES

Dans cette évaluation économique, les méthodes indirectes basées sur des préférences révélées seront utilisées. Il conviendra de définir préalablement un certain nombre des comparateurs. La question qui s'impose est de savoir ce qui pourra se passer si on «*ne fait rien*». On devra ainsi calculer plusieurs coûts:

Coûts évités

On calculera les coûts évités qui sont des coûts qu'il faudrait éviter si la fonction n'était pas assurée. C'est le coût de la fourniture du service de façon artificielle. Le service rendu par l'écosystème ici engagé est la lutte contre l'érosion. Des cas extrêmes notamment un cas de ne rien faire seront envisagés notamment les pertes en terre et les conséquences sur la pollution.

Coût de restauration et de remplacement

Le calcul des coûts consistera à identifier des éléments de remplacement pouvant jouer le même rôle et dont le coût est connu ou facile à calculer. Des reboisements avec des essences appropriées jouant le même rôle sur différents terrains pourraient être envisagés en restaurant ou reproduisant un écosystème fonctionnel. Ainsi en envisageant la restauration ou le remplacement de l'écosystème, on pourra évaluer les impacts sur l'environnement du nouveau produit.

IV.2. SYMBIOSE ECTOMYCORRHIZIQUE DANS LA FOURNITURE DES CHAMPIGNONS COMESTIBLES

Dans cette évaluation économique, les méthodes directes basées sur des valeurs des marchés seront utilisées. De plus, des méthodes indirectes basées sur un certain nombre des comparateurs bien choisis pourront être utilisées.

Valeurs d'usages directs

Les valeurs d'usages directs sont des valeurs provenant de la consommation directe des champignons. Deux aspects peuvent être touchés:

- La productivité des champignons comestibles;
- L'analyse des coûts des champignons sur marchés.

La productivité des champignons comestibles sera analysée in situ et des extrapolations seront faites par rapport aux superficies disponibles des forêts claires du Burundi. L'analyse des coûts des champignons sur marchés sera faite sur base des enquêtes sur marchés. Les prix relevés suivant les espèces pourront être appliqués aux informations issues de la productivité des champignons. De plus, considérant que plusieurs champignons ne sont pas vendus aux marchés. On devra évaluer le rôle monétaire des champignons dans les ménages. Dans ce cas, des comparateurs comme les autres vivres connus aux marchés locaux seront utilisés.

Valeurs d'usages indirects

Les valeurs d'usages indirects sont des valeurs attribuées aux champignons produits artificiellement et qui remplissent les mêmes rôles dans l'alimentation. On devra évaluer le coût du système artificiel à savoir la myciculture et la domestication des plantes autochtones acceptant les champignons locaux. La monétarisation se fondera toujours sur les prix du marché des champignons et des systèmes de production artificielle de champignons.

CONCLUSION

La symbiose ectomycorrhizique joue un rôle dans le maintien des forêts claires. Il a été également démontré que la symbiose ectomycorrhizique est à la base de la production des champignons comestibles. Malgré cela, les connaissances en ce qui concerne cette importante ressource naturelle restent très lacunaires. Alors que les forêts claires, réputées pour leur importante diversité mycologique, sont très menacées au Burundi, les décideurs restent insensibles et/ou ignorent l'existence et l'importance des champignons sauvages comestibles.

En même temps, le défrichement cultural des forêts claires est une pratique courante. Il est déjà connu que cette destruction des forêts claires s'accompagne de la disparition de la mycoflore qui leur est associée. Ces types de formations végétales gravement menacées contiendraient pourtant des quantités des champignons dont les valeurs nutritives et monétaires seraient considérables comparativement aux différentes spéculations agricoles, mobile principal de leur destruction.

Il est donc urgent et important pour les décideurs de disposer de toutes les données nécessaires permettant de mieux connaître le rôle réel de la symbiose forestière à travers d'une estimation monétaire de cette fonction écosystémique. Ces données monétaires permettront et motiveront la prise des mesures efficaces de protection, de conservation et de valorisation de cette importante ressource biologique pour le pays.

BIBLIOGRAPHIE

- Booth M.G. (2004). Mycorrhizal networks mediate overstorey-understorey competition in a temperate forest. *Ecology Letters* 7: 538-546.
- Buyck, B. (1995) - UBWOBA: Les champignons comestibles de l'Ouest du Burundi. A.G.C.D., Publ. agricole n° 34.
- Buyck, B. et Nzigidahera, B. (1995). Ethnomycological notes from Western Burundi. *Belg. J. Bot.* 128:131-138
- Buyck, B.(1989) - Révision du genre *Russula* Persoon en Afrique Centrale. Rijksuniversiteit Gent, Part1: 318 p., 98 fig. ; part 2: 590 p; 582 fig.; part 3: 444 photo MEB, Belgique.
- Connell, J.H., Lowman, M. (1989). Low-Diversity Tropical rainforests: some possible mechanisms for their existence. *American naturalist*, 134: 88-119
- Garbaye, J. et Guehl, J.M. (1997). Le rôle des ectomycorrhizes dans l'utilisation de l'eau par les arbres forestiers. *Revue Forestière Française* 49: 110-120
- Hart, B. Hart, A. & Mrphy, G. (1989). Monodominant and Species-rich forest of the humid tropics: Causes for their co-occurrence. *The American Naturalist* 135: 613-633
- He X. H., Critcheley C., Ng H. & Bledsoe (2004). Reciprocal N (NH₄⁺) -N₁₅ or (NO₃⁻)-N₁₅ transfer between non N₂-fixing *Eucalyptus maculata* and N₂ fixing *Casuarina cunninghamiana* linked by the mycorrhizal fungus *Pisolithus sp.* *New Phytologist* 163(3): 629-640.
- Kakunze, A.C, Nkenguretse, J., E., Nzigidahera, B., Degreef, J. (2014) . Rapport scientifique sur la productivité naturelle des champignons comestibles sauvages dans les forêts claires du Burundi: *Cas de la Réserve Naturelle de Rumonge.* p 20
- Malaisse, F. (1979) - L'écosystème miombo. Dans: Ecosystèmes forestiers tropicaux. Un rapport sur l'état des connaissances préparé par l'UNESCO, le PNUE et la FAO, PP 632-657.
- Muyle, M. (2012). Caractérisation des communautés végétales d'une réserve de miombo en relation avec la faune (Lubumbashi, RDC). Gembloux Agro-Bio-Tech- Bio-ingénieur en gestion des forêts et des ressources naturelles.
- Newbery D.M., Alexander I.J. & Rother J.A. (2000). Does proximity to conspecific adults influence the establishment of ectomycorrhizal tree species in an African rain forest? *New Phytologist* 147: 401-409.
- Newmann, E.I. (1988). Mycorrhizal links between plants: Their functioning and ecological significance. *Advances in Ecological research* Vol.18.
- Niyokindi, G. (1993). Contribution à l'étude des Russules. Mémoire de fin d'étude. Département de Biologie, Université du Burundi. 86p.
- Niyongabo, E., Nzigidahera, B., Degreef, J. (2014). Rapport scientifique sur la productivité naturelle des champignons comestibles sauvages dans les forêts claires de l'Est du Burundi: *Cas du Paysage Protégé de Gisagara.* p 26

- Nzigidahera, B., (2007). Ressources biologiques sauvages du Burundi : Etat des connaissances traditionnelles. CHM- Burundi/CHM Belge - DGCD, 117P
- Nzigidahera, B. (1993). Contribution à l'étude systématique et écologique des champignons ectomycorrhiziens de la forêt claire de Nkayamba (Rumonge, Burundi). Université du Burundi, Faculté des Sciences,
- Nzigidahera, B. (1994). Etude de la répartition et de l'exploitation des écosystèmes naturels de Cankuzo-Est. Rapport: Projet n° 9222019-01100 APRN/GTZ-INECN, Gitega. 83p
- Nzigidahera, B., Kakunze, A. C., Niyongabo, E. & Havyarimana, G. (2014). Evaluation du coût de l'inaction à la protection des forêts claires au Burundi: du rôle symbiotique dans l'alimentation d'une grande population dans « Sauvons les services écosystémiques pour la survie de la population et la croissance de l'économie nationale ». INECN. Bujumbura, 29p
- Onguene N. A. & Kuyper T.W. (2002). Importance of the ectomycorrhizal network for seedling survival and ectomycorrhiza formation in rain forests of South Cameroon. *Mycorrhiza* 12: 13-17.
- Sindayihebura, N. (1994). Contribution à l'étude des Boletales des forêts claires de Rumonge. Mémoire de fin d'étude. Département de Biologie, Université du Burundi. 86p.
- Thoen, D. (1993). Looking for ectomycorrhizal fungi of *Afzelia africana* Sm. and *Uapaca guineensis* Müll.Arg.in southern Senegal. *New phytol.* 113: 549-559.
- Wang, Y. and Hall, I. R. (2004). Edible ectomycorrhizal mushrooms: Challenges and achievements. *Can. J. Bot.* 82: 1063-1073
- Warren, J.M., Brooks, R. J., Meinze, F.C. & Eberhart, J. L. (2008). Hydraulic redistribution of water from *Pinus ponderosa* trees to seedlings: evidence for an ectomycorrhizal pathway. *New Phytologist* 178: 382-394.

Attraction touristique, service écosystémique très important pour l'économie nationale

Fofu Alphonse

Office Burundais pour la Protection de l'Environnement

INTRODUCTION

Le Burundi dispose de 15 aires protégées réparties dans quatre catégories de l'UICN (parcs nationaux, réserves naturelles, paysages protégés et monuments naturels). Ces aires protégées sont des espaces potentiellement riches en biodiversité qui est le socle sur lequel serait basé le tourisme.

Certaines aires protégées du Burundi se prolongent avec d'autres écosystèmes naturels au-delà de ses frontières si bien qu'elles peuvent facilement être visitées en même temps que celles des autres pays voisins. On citerait entre autre le parc national de la Kibira en liaison avec le Parc National de Nyungwe au Rwanda, le Parc National de la Ruvubu qui se prolongent en Tanzanie même si la partie de l'autre côté n'est pas protégée comme cela est le cas pour la partie burundaise et le Parc National de la Rusizi en liaison avec la RDC. Compte tenu de leur emplacement géographique et de leur richesse en biodiversité animale par rapport aux autres, ce sont ces trois écosystèmes qui feront objet de l'analyse.

Sa position géographique le situe au centre des grandes communautés régionales telles que la Communauté des Etats de l'Afrique Centrale (CEAC), la Communauté Economique des Pays des Grands Lacs (CEPGL), le Marché Commun de l'Afrique Orientale et Australe (COMESA), la Communauté Est Africaine (EAC).

En effet, dans les pays où le tourisme est bien considéré, les recettes issues du secteur touristique sont égales voire supérieures à celles d'autres secteurs traditionnels comme l'agriculture, l'élevage, pêche, etc. Au Rwanda par exemple, le tourisme a fait des entrées de devises énormes en 2014 qui sont évaluées à 303 millions de dollars américains (Wb)⁷. En Tanzanie, le tourisme a généré pour 2013-2014 1,942 milliards de dollars, soit plus de recettes annuelles de l'exportation de l'or qui étaient estimées à hauteur de 1,76 millions de dollars (Wb)⁸, devenant aussi le premier secteur pourvoyeur de devises au pays. En Uganda, le tourisme a généré 1,4 milliard de dollars pendant l'exercice 2012-2013. Malgré la baisse de 7,4%, le tourisme au Kenya a contribué environ 1,1 milliard de dollars pour l'exercice 2012-2013 par rapport aux 1,18 milliard à la période précédente (Wb)⁹. Il est la deuxième source de recettes en devises après le thé.

De par ces exemples, le tourisme pour ces pays de la communauté de l'Afrique de l'Est dont le Burundi est membre reste le plus grand pourvoyeur de devises. En bref, le Burundi se situant à cheval entre différentes organisations régionales, il est dès lors potentiellement une plaque tournante pour les affaires mais également pour le tourisme, de par sa richesse en biodiversité en plus de son paysage toujours verdoyant, la beauté de ses collines et l'hospitalité de son peuple.

⁷ <http://fr.igihe.com/economie/recettes-du-tourisme-303-millions-de-dollars-pour.html>

⁸ <http://www.panapress.com/Tanzanie---la-menace-du-terrorisme-sur-le-secteur-touristique-a-la-Une-de-la-presse-de-cette-semaine--12-919727-59-lang1-index.html>

⁹ http://www.africa60.com/actualite/economie.php?article_id=1859

En effet, ces différents chiffres touristiques évoqués dans le paragraphe précédent prouvent à suffisance que les parcs nationaux du Burundi peuvent aussi générer beaucoup de devises pour le pays. Du coup, il est donc clair que le tourisme peut apporter des réponses et des solutions à beaucoup d'autres problèmes du pays à condition de le considérer comme acteur économique à part entière et non pas un secteur isolé sans aucune importance.

Ainsi, en donnant une valeur économique à l'attrait touristique des parcs nationaux, on montre aussi les coûts de la perte de leur biodiversité et paysages d'où il faut proposer des mesures incitatives et outils visant à mieux gérer le capital naturel pour les générations futures. Quand on donne donc une valeur économique à des biens et services offerts par les parcs nationaux, cela a pour effet le ralentissement ou même l'arrêt de leur dégradation ou destruction. La bonne santé d'un écosystème contribue à réduire la pauvreté et améliorer le bien-être des populations.

En définitive, le bien-être des populations dépend du fonctionnement des écosystèmes naturels qui apportent un éventail de services vitaux souvent irremplaçables. Les aires protégées dont il est question dans cette analyse sont des écosystèmes naturels qui fournissent aussi bien à l'homme qu'à l'Etat divers bénéfices qu'on peut classer en fonction de leur nature à savoir: les services d'approvisionnement, les services de régulation, les services culturels ou informationnels et les services de soutien ou de maintien. Ces derniers sont considérés comme les services qui sont à la base des autres qui désignent les services immatériels que l'homme tire de la nature en termes d'éducation, de plaisir, de connaissance, d'histoire, etc., l'attraction touristique étant de cette catégorie.

I. FONCTIONNEMENT DES ATTRACTIONS TOURISTIQUES

Les parcs nationaux abritent une biodiversité animale typique susceptible d'attirer les touristes à l'image des autres parcs du monde et de la sous-région. Nul n'ignore que chaque espèce a son importance dans l'écosystème, mais comme on se focalise beaucoup plus aux attractions touristiques, il est souhaitable qu'on se limite uniquement sur les spécificités de chaque parc dans le domaine. Eu égard l'état actuel de certaines espèces dans ces parcs, il y a lieu d'affirmer que les visites à l'intérieur de ces parcs s'y font de temps en temps à cause de cette même biodiversité.

I.1. PARC NATIONAL DE LA RUVUBU

Au niveau du Parc National de la Ruvubu, les animaux les plus importants sont les grands herbivores et les primates. Tous ces animaux utilisent différents types de savanes pour survivre : les uns passant toute la journée à brouter de l'herbe pour se cacher le soir dans de petites galeries forestières ; les autres cherchant à manger sur les arbres et dans la savane comme les primates. D'après les agents du parc, il existe encore le léopard dans ce parc.

Les espèces les plus emblématiques qui attireraient les touristes au parc sont entre autres le buffle (*Syncerus caffer*), le Cobe defassa (*Kobus ellipsyprimnus defassa*), l'antilope rouane (*Hippotragus equinus*), le Cobe redunca (*Redunca redunca*), le colobe rouge (*Piliocolobus pennantii*), le guib harnaché (*Tragelaphus scriptus*), les oréotragues, les babouins (*Papio anubis*), les singes vervets, les cercopithèques à diadème et les nombreux hippopotames (*Hippopotamus amphibius*) qui sont dans la rivière Ruvubu. Cela lui confère une particularité touristique évidente.



a



b

Fig. 1a,b: Les animaux constituant l'essentiel des attraits touristiques du PN de la Ruvubu: **a:** *Syncerus caffer*, **b:** *Kobus ellipsyprimmus defassa*

Il est riche en avifaune avec une liste de 425 espèces dont la distribution est liée au type de sa végétation. Cette liste se compose d'une avifaune aquatique riche et typique pour la plupart des milieux aquatiques d'Afrique orientale et australe. L'avifaune de cette forêt naturelle est assez riche en divers éléments montagnards. De façon générale, le parc de la Ruvubu est un site avec des espèces d'oiseaux aux préférences variées :

- des oiseaux comme les grands vautours, certains rapaces et le pique-bœuf dépendant des animaux herbivores;
- des oiseaux liés aux plaines inondables, comme la grue couronnée (*Balearica pavonina*), la cigogne à cou laineux (*Ciconia episcopa*) et le jabiru d'Afrique (*Ephippiorhynchus senegalensis*);
- des espèces inféodés à la rivière Ruvubu comme le martin-pêcheur azuré (*Alcedo quadibrachys*), le martin chasseur à poitrine bleu (*Halcyon malimbicus*), la chouette pêcheuse de Pell (*Scotopelia peli*) et la glaréole (*Ephippiorhynchus senegalensis*);
- des granivores et frugivores spécialisés; il y a comme oiseau, le barbican à face rouge (*Lybium rubrifaciées*) et l'inséparable (*Agapornis pullaria*);
- des oiseaux inféodés aux galeries forestières comme le cossyphé à ailes grises (*Cossypha polioptera*) qui n'existe pas dans les massifs forestiers plus étendus;
- des oiseaux inféodés aux marais de papyrus comme la fauvette jaune des marais, le gonolek des papyrus et la fauvette à ailes blanches.

Bien plus, le Parc National de la Ruvubu présente des paysages et écosystèmes naturels qui font sa richesse et son intérêt. Il a toutes les chances de constituer le dernier site du pays à offrir, de façon viable, un échantillon d'écosystèmes naturels originaux de moyenne altitude sous la forme d'une mosaïque de savanes, forêts galeries, îlots de forêts denses et marais à papyrus. Le fait que les formations végétales du parc relèvent du domaine phytogéographique zambézien oriental ne fait que renforcer sa beauté et la diversité des paysages avec les chaînes de reliefs et d'étonnantes collines aux sommets tabulaires.

Ces paysages spectaculaires lui donnent plusieurs sites à vocation touristique: colline et plaine de Rugoti, colline de Mashenyi et sa vue sur la plaine de la Ruvubu, plaine au pied du Magamba (étangs, papyraies, forêt dense et savane).

Le Parc National de la Ruvubu est également remarquable pour sa rivière à laquelle il doit son nom et dont il préserve les bordures. Sa richesse en biodiversité aquatique et l'existence de belles papyraies comptant parmi les toutes dernières du pays lui offre un attrait touristique indéniable. La navigation en bateau sur cette rivière est également une opportunité touristique important qui peut attirer plusieurs touristes.

La présence de noyaux suffisants de certaines espèces phares disparues du reste du Burundi comme le Buffle et le Cobe Defassa est également un atout important pour le développement du tourisme à ce parc. Il sert ainsi de dernier refuge pour les dernières espèces de grands mammifères qui, sans la protection qui leur est offerte, seraient disparues de la faune nationale.

Outre sa faune et flore, le parc englobe en effet les chutes de Gisuma, empilements granitiques ("kopjes") du piémont du Buyogoma, chutes de la Kayongozi, panoramas de la crête Muremera-Mvyeyi et de la falaise de Bibara ou encore le sud du parc au relief plus marqué et hébergeant des forêts denses qu'il faut visiter.

1.2. PARC NATIONAL DE LA RUSIZI

Le Parc National de la Rusizi quant à lui se compose de 2 secteurs : Delta et Palmeraie. Dans cette analyse, on va se focaliser beaucoup plus sur le secteur Delta qui, visiblement, reste le moins perturbé par rapport à l'autre. Ce secteur est classé comme site Ramsar de par son humidité à cause de la présence des zones inondées (étangs et ses alentours).

Le secteur Delta héberge une importante population d'hippopotames à laquelle s'ajoutent quelques individus d'antilopes (Guib harnachés et Sitatunga) et de reptiles (Crocodile du Nil, ophidiens et autres). Bien plus, cette zone présente une particularité exceptionnelle car elle constitue le site de repos et de nidification pour plusieurs espèces d'oiseaux tant migrateurs que sédentaires. C'est sur les bancs de sables, les berges et îlots de la rivière Rusizi qui la traverse qu'on les trouve en nombre important. Du fait de cette richesse et de sa proximité de la ville de Bujumbura, le parc est bel et bien un site aux potentialités touristiques évidentes. En dehors de la rivière Rusizi et du lac, le Parc National de la Rusizi est accessible partout à pied car il n'y pas de fauve pouvant tuer les visiteurs.



a



b

Fig. 2a, b: Les animaux constituant l'essentiel des attraits touristiques du PN de la Rusizi: a: Populations d'oiseaux sur les îlots, b: *Hippopotamus amphibius*

Le Parc National de la Rusizi se subdivise en deux secteurs : Delta au Sud et Palmeraie au Nord. C'est spécialement le secteur Delta qui reçoit la quasi-totalité des touristes dans ce parc. Sa biogéomorphologie et sa proximité tout près de la ville de Bujumbura font du secteur Delta une destination actuellement inégalée par rapport aux autres parcs nationaux.

En effet, les milieux aquatiques et semi aquatiques du secteur Delta abritent des espèces d'oiseaux aussi bien sédentaires que migratrices. Les bancs de sables dans la rivière Rusizi servent de repos diurne pour des grands groupes de *Dendrocygna bicolor* et *Dendrocygna viduata* avec des populations pouvant atteindre des milliers d'individus au Delta.

Ce même milieu reçoit aussi d'autres espèces d'oiseaux *Vanellus spinosus*, *Charadrius marginatus*, *Rhynchops flavirostris* etc. car leur servant de site de nidification d'où leur concentration à cet endroit. A part les oiseaux sédentaires, le parc reste extrêmement important comme lieu de passage, de repos et d'hibernation pour les oiseaux migrateurs intra-africains et migrateurs paléarctiques. A côté des oiseaux, il y a un nombre important d'hippopotames avec lesquels ils sont régulièrement ensemble. C'est une cohabitation souvent intéressante surtout que certains oiseaux sont intimement liés aux hippopotames car s'accrochant même sur leur dos. En d'autres termes, c'est un site dont la présence d'importantes concentrations d'espèces d'oiseaux, ensemble avec de nombreux individus d'hippopotames, suscite la curiosité et l'attraction des touristes.

Autre aspect important en matière d'attraction touristique est la présence de reptiles de grande taille dans la rivière Rusizi. Il s'agit des crocodiles du Nil visibles sur les bancs et îlots de sable. C'est dans cette catégorie qu'on avait, pensait une certaine opinion, le plus grand crocodile de l'espèce *Crocodylus niloticus* qu'on avait dénommé «Gustave». Ce dernier a fait couler beaucoup d'encre dans le monde et un film documentaire sur lui a été produit.

Les lagunes du Delta avec autour d'elles une espèce d'antilope menacée, le Sitatunga, la visibilité de la rivière Rusizi à plusieurs mètres à l'intérieur des eaux du lac Tanganyika, son bon paysage de savane à *Acacia polyacantha*, la plage du lac Tanganyika, la diversification des possibilités de voyage en pirogue en passant par la rivière Rusizi pour atteindre le lac Tanganyika ou remonter la rivière pour toucher le secteur Palmeraie sont autant d'attractions touristiques au secteur Delta.

I.3. PARC NATIONAL DE LA KIBIRA

Quant au Parc National de la Kibira qui est essentiellement occupé par une forêt ombrophile de montagne, il constitue un abri incontournable pour plusieurs espèces animales dont les primates (chimpanzés, babouins, cercopithèques et colobes noirs) qui méritent d'être valorisées au même titre que celles du parc voisin, celui de Nyungwe au Rwanda. D'une grande richesse végétale, ce parc est perché sur la crête Congo-Nil avec l'un des plus hauts sommets du pays, le mont Teza.



Fig. 3a, b: Les animaux constituant l'essentiel des attraits touristiques du PN de la Kibira: a: *Pan troglodytes*, b: *Colobus angolensis*. c: *Cercopithecus hamlyni*

Le Parc National de la Kibira est essentiellement constitué d'une forêt ombrophile de montagne diversifiée en espèces de plantes et d'animaux et en paysages. En effet, c'est dans ses différentes formations végétales que se cache une diversité biologique.

La présence de foyers de certaines espèces de primates comme les chimpanzés, les signes argentés, les cercopithèques, les colobes noirs etc. est un atout important pour le développement du tourisme dans ce parc.

En effet, le Parc National de la Kibira offre, comme tous les autres, une belle diversité de milieux favorables à une biodiversité typique et variée et endémique pour certaines espèces d'oiseaux. Pour les passionnés, d'ornithologie, il existe des sites incontournables. C'est la partie dense de la forêt qui est la plus riche en faune.

A côté de sa faune et flore, le parc englobe en effet d'autres atouts touristiques d'une valeur indéniable tels les chutes de Nkokoma, Nyamugari, Munyiriri, Ruvyirame, Nyakibanda, Gashitsi, Nyabunyon, Mpongora etc., les grottes d'Inagurire, Kivumu, Mikiko, Nyambeho etc. avec leur histoire y associée, les eaux thermales de Mwokora, les monuments de ficus étrangleur, les tombes royales, la chaîne du mont Teza marquant la ligne de partage des eaux sur la crête Congo-Nil, les sommets des montagnes permettant une vue panoramique de la plaine de l'Imbo et les villes de Bujumbura à l'Ouest et Muramvya et Kayanza à l'Est et les lacs de retenus de Rwegura et Mpanda très prochainement pouvant offrir des possibilités de balade en pirogue.

La proximité de la ville de Bujumbura, l'accès facile et la présence de sentiers font du parc une occasion pour les randonnées pédestres individuelles ou en petits groupes. Le parc de la Kibira offre donc une possibilité de randonnée extraordinaire au plus profond de la forêt primaire, bref au cœur même de la vie elle-même.

En effet, le Parc National de la Kibira dispose d'un cachet touristique particulier et important car connecté au Parc national de Nyungwe du Rwanda situé déjà sur d'autres axes touristiques connus et régulièrement empruntés par les touristes. Cette position peut faire du parc national de la Kibira, une destination intéressant les touristes surtout que les inventaires déjà menés montrent une richesse biologique de loin numériquement supérieure à celle de Nyungwe pour les primates.

II. ROLES ECOSYSTEMIQUES DANS LE MAINTIEN DES ATTRACTIONS TOURISTIQUES

Les attraits touristiques des parcs sont des services écosystémiques. Ils constituent le résultat du fonctionnement des écosystèmes. Ces écosystèmes jouent un rôle clé dans la pérennisation des organismes vivants. Au Burundi, les parcs nationaux (Kibira, Rusizi et Ruvubu) sont donc des écosystèmes naturels qui abritent chacun des populations de faune et de flore exceptionnelle faisant d'eux des sites les plus riches en espèces.

II.1. PARC NATIONAL DE LA KIBIRA

La forêt de montagne du Parc National de la Kibira assure les conditions indispensables à la perpétuation d'une grande diversité d'espèces biologiques dont bon nombre d'entre elles sont endémiques. Elle abrite des plantes servant de nourriture pour les espèces animales sauvages dont six espèces d'Anthropoïdes et trois Prosimiens. La forêt ombrophile constitue en outre l'habitat de prédilection pour des espèces animales menacées comme *Pan troglodytes schweinfurthii*.

II.2. PARC NATIONAL DE LA RUSIZI

Les marais de Gatumba forment un biotope ornithologiquement important, un site de repos, de reproduction et de passage pour beaucoup d'espèces migratrices. Ils assurent les conditions vitales pour le *Tragelaphus spekei*, antilope de marais menacée partout dans le pays par la destruction de ses biotopes.

II.3. PARC NATIONAL DE LA RUVUBU

Au Parc National de la Ruvubu, les savanes sont des écosystèmes qui ont pu sauvegarder une richesse faunistique diversifiée. Dans le domaine de la grande faune, les savanes du Parc National de la Ruvubu représentent le dernier endroit au Burundi où l'on trouve le buffle (*Syncerus caffer*), le Cobe defassa (*Kobus ellipsyprimnus defassa*), l'antilope rouane (*Hippotragus equinus*), le Cobe redunca (*Redunca redunca*) et le colobe rouge (*Piliocolobus pennantii*). Un paysage de savanes abritant des populations d'ongulés est très fort admiré partout dans le monde. Les touristes aiment admirer mais également apprendre. Les écosystèmes offrant de belles occasions pour observer certains phénomènes biologiques comme l'accouplement, la prédation, la reproduction, la lutte territoriale, etc. sont très appréciées qu'une belle forêt sempervirente où l'on y observe que cette seule verdure.

Les marais et les galeries forestières assurent des conditions indispensables à la perpétuation d'une grande diversité d'espèces végétales et animales. En contact avec le grand cours d'eau du pays, la Ruvubu, les marais constituent des zones de transition importantes pour les crocodiles et les hippopotames. Les galeries forestières de la Ruvubu surtout sont des habitats utilisés aux fins d'alimentation et de reproduction par les Primates comme le Colobe rouge, *Piliocolobus pennanti* disparu ailleurs au Burundi et de repos comme les Ongulés.

III. FONCTIONS SOCIO-ECONOMIQUES

En plus des fonctions naturelles et socio-économiques générées par les parcs nationaux au Burundi, ces derniers apportent des bénéfices économiques supplémentaires en contribuant à l'économie nationale grâce aux recettes issues du tourisme. Cette activité se fait de plusieurs manières en fonction des opportunités existantes et spécifiques pour chaque parc.

Dans la Communauté de l'Afrique de l'Est dont le Burundi est membre depuis très peu de temps, le tourisme a fortement contribué à la croissance économique ces dernières années. Depuis vingt ans au moins, le tourisme est devenu pour nombreux pays, l'une des composantes principales du PIB, voire dans certains cas, le premier secteur de l'économie nationale à l'instar du Rwanda voisin. Il convient de signaler ici que parmi les principaux produits vendus dans ce secteur est le tourisme de nature.

Nul n'ignore que les parcs nationaux attirent les touristes de par leur biodiversité et beaux paysages mais aussi c'est à travers le secteur touristique que des emplois directs et indirects peuvent être créés en faveur des populations riveraines mais aussi du secteur privé.

Dans les pays où le tourisme est très développé, il constitue un instrument efficace pour améliorer la situation de certains groupes sociaux particulièrement défavorisés et vulnérables, et réduire les inégalités entre hommes et femmes. Bien plus, dans les pays à forte densité démographique comme le Burundi, le tourisme est l'un des instruments importants utilisé pour freiner l'exode rural et le creusement des déséquilibres régionaux. Il constitue en effet un moyen de fixer les populations dans les régions où elles vivent (autour des parcs) et d'empêcher les migrations vers les centres urbains.

Au Burundi plus particulièrement, l'attraction touristique est également liée à l'hospitalité. Un espace naturel garni d'attraits touristiques mais sans infrastructures d'accueil est moins apprécié qu'un espace naturel avec le minimum d'attraits touristiques mais avec d'infrastructures d'accueil suffisantes. De plus, certains attraits touristiques sont difficiles à percevoir. Les touristes apprécient et prennent comme vérité tout ce qui sort d'une bouche d'un guide touristique. Celui-ci est donc le refais du tourisme. Un guide touristique qui s'est bien interpréter les cris d'oiseaux ou les traces d'animaux accorde une valeur ajoutée aux attraits touristiques.

III.2.1. Parc National de la Kibira

A partir des 1990, ce parc s'est taillé une place de choix en matière de fréquentation par les touristes par rapport aux autres sites protégés du Burundi. Des infrastructures touristiques étaient mises en place notamment les bureaux de travail et d'accueil, les pistes et sentiers touristiques, les sites de camping ainsi que le système de balisage et d'interprétation pour les visiteurs surtout dans les secteurs Teza et Rwegura. Malheureusement, suite à la crise qu'a connue le Burundi, toutes ces infrastructures ont été détruites et les données en rapport avec le tourisme n'ont pas été bien enregistré depuis lors (tableau 1).

De 2000 à ce jour, selon les rapports annuels provenant de tous les secteurs du parc, le tourisme est presque oublié. Cependant, depuis 2007, le tourisme au sein du PNK reprend petit à petit, surtout dans le secteur Teza et un nombre non négligeable de visiteurs tant nationaux qu'internationaux est régulièrement accueilli.

Il faut aussi signaler que c'est le secteur Teza qui dispose de plusieurs atouts touristiques, en témoigne le nombre de touristes plus élevés par rapport aux autres secteurs selon les guides touristiques du parc.

A supposer que les prix étaient standards pour tous les parcs nationaux (prix appliqués actuellement au parc national de la Rusizi) et que les parcs recevaient les nombres similaires à ceux de 1993 par exemple, il est clair que le Parc National de la Kibira ferait des recettes satisfaisantes.

Cependant, comme les autres parcs du Burundi, le Parc National de la Kibira n'a pas aussi échappé aux conséquences de la guerre civile de 1993 car il a subi diverses et importantes dégradations dont il ne s'est pas encore remis. Bien plus, l'accès à certaines zones du parc est tel que même les services de gardiennage ont du mal à s'y rendre pour soit observer les animaux soit contempler d'autres sites comme les chutes.

Même s'il dispose d'infrastructures actuellement en état de vétusté, le site a vraiment le potentiel pour devenir un haut-lieu touristique moyennant certains aménagements et réhabilitations supplémentaires.

Tableau 1: Quelques données sur l'évolution des activités touristiques

Années	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Nombre de touristes	1011	2443	3091	3544	23	56

Source: WCS (2009)

III.2.2. Parc National de la Rusizi

Même s'il dispose d'infrastructures actuellement rénovées, le Parc National de la Rusizi a vraiment le potentiel pour devenir un haut-lieu touristique moyennant certains aménagements additionnels (Fig. 4). Ces atouts touristiques importants ont fait qu'il soit visité par de nombreuses personnes d'origines diverses (étrangers et nationaux). Le tableau 2 donne un aperçu actuel des prix d'accès selon le mode de transport.

Tableau 2: Aperçu actuel des prix d'accès selon le mode de transport

Mode de transport	Type de touriste	Tarifs
Véhicule/marche	National	5000 FBU
Véhicule/marche	Expatrié résident	10 \$ USA
Véhicule/marche	Expatrié non résident	20 \$ USA
Pirogue	National	150000 FBU
Pirogue	Expatrié résident	100 \$ USA
Pirogue	Expatrié non résident	120 \$ USA

Source : Parc National de la Rusizi



Fig. 4: Les touristes en bateau dans la rivière Rusizi

III.2.3. Parc National de la Ruvubu

Jusqu'en 1993, le parc montre des chiffres (en dollars américains) qui sont de loin supérieurs aux années 2013 et 2014. Quoi qu'il en soit et bien que situé en dehors des axes touristiques classiques, le Parc de la Ruvubu dispose tout de même des potentialités touristiques prometteuses si évidemment des réaménagements tout azimut (protection, aménagements, renforcement des capacités, repeuplement, conservation communautaire, marketing etc.) devraient être envisagés dans l'immédiat.

Le parc n'a pas échappé aux conséquences des troubles civils que le pays a connus depuis 1993 et auxquels il continue à payer un lourd tribut (braconnage et feux de brousse) comme cela ressort du tableau 3.

Tableau 3 : Aperçu sur l'évolution des recettes touristiques

Période	Recette (fBU)	Recette (\$ USA)
1992	3.666.800	14.667
1993	4.655.600	16.627
2013	2.327.900	-
Nov.2014	4.160.000	2692

Source: Parc National de la Ruvubu

IV. EVALUATION ECONOMIQUE DE L'ATTRACTION TOURISTIQUE

Les méthodes d'évaluation économique des services écosystémiques varient selon les services qu'on veut analyser et sont complexes, ce qui n'est même pas d'ailleurs de notre compétence car il s'agit encore d'un domaine dont les recherches sont toujours en cours.

En fait, il n'y a pas de règles pour indiquer la méthode la plus appropriée pour l'évaluation monétaire d'un écosystème naturel. L'équipe d'évaluation monétaire doit bien maîtriser les différentes méthodes afin de faire un choix judicieux en fonction des services écosystémiques et des objectifs d'évaluation (Somda et Awais, 2013).

Ainsi, l'évaluation des services écosystémiques est ici fondée sur l'estimation des coûts qui seraient impliqués si les biens et services offerts par les écosystèmes devaient être recréés par d'autres moyens outre que ceux originaux. Ne pouvant pas s'attaquer à tous les éléments intervenant dans l'attraction touristique des parcs nationaux, la proposition des pistes d'évaluation économique se focalisera uniquement sur la biodiversité emblématique de ces 3 parcs et leur habitat (Ruvubu, Kibira et Rusizi).

En effet, l'objectif de cette évaluation est de promouvoir la conservation des attraits touristiques des parcs à travers les arguments incontestables en termes de protection du bien-être et de la survie des populations actuelles et futures. Ainsi donc, le présent travail va donc tenter de donner une certaine orientation pour une étude future qui, quant à elle, va estimer la valeur économique de l'attraction touristique offerte par nos parcs.

A supposer que ces parcs étaient tous détruits, cela signifie que les produits à vendre aux touristes disparaîtraient. La question à se poser ici est de savoir combien on a perdu? A quel coût va-t-on les restaurer? A ces 2 interrogations, des pistes de solutions seront développées au point suivant.

IV.1. METHODE DES COUTS

IV.1.1. Coûts de restauration

Le coût de restauration indique le montant d'argent qu'il faudrait engager au moment présent pour restaurer un service éco systémique avec égale utilité. Cette façon d'évaluer consiste en fait à estimer ce qu'il en coûterait aujourd'hui pour restaurer les parcs de la Ruvubu (50800 ha) et Kibira (40.000 ha) et le secteur Delta du parc national de la Rusizi (1200 ha).

IV.1.2. Coûts de remplacement

Cette méthode désigne le montant à engager pour le remplacement d'un service écosystémique. Dans ce contexte, on suppose que les sites concernés n'existent plus mais qu'il faut plutôt les remplacer par d'autres (zoo par exemple) pouvant générer exactement les mêmes attraits touristiques.

IV.1.3. Coûts évités

Cette méthode est liée aux coûts impliqués en l'absence du service éco systémique en question. En d'autres termes, elle désigne les dépenses évitées grâce au service éco systémique. Ceci revient à considérer tous les aspects alternatifs pour retrouver le même service peut être ailleurs càd considérer par exemple tous les frais engagés pour les visites en dehors de ces parcs. Il n'y a pas d'attraction touristique dans ces parcs, les visiteurs choisiront le Rwanda ou la Tanzanie par exemple pour trouver ce qu'ils n'ont pas eu au Burundi.

IV.1.4. Coûts d'opportunité

Selon les économistes, le coût d'opportunité appelé aussi le coût de renoncement, est la mesure de ce à quoi l'on renonce dès lors que l'on fait un choix. En d'autres termes, le coût d'opportunité désigne donc des biens auxquels on renonce lorsqu'on procède à un choix (par exemple si on décidait d'abattre tous les animaux d'un parc donné ou détruire tout le parc, que perdait-on ?). Si les parcs sont par exemple transformés en terrains agricoles, le coût d'opportunité est la différence entre la valeur de tous ceux qui sont à l'origine de l'attraction touristique (valeur de tous les animaux et végétaux, valeur d'autres sites culturels, esthétiques, éducatif, etc.) et la valeur des récoltes sur les terrains après transformation ou déclassement de ces parcs.

IV.1.5. Analyse Coûts-Bénéfices

Aussi appelée Analyse Coûts-Avantages, la méthode permet de comparer le total du budget à engager dans la conservation des parcs par rapport aux bénéfices escomptés. Cela signifie que les parcs génèrent l'attraction touristique ou l'argent issu du tourisme quand le Gouvernement injecte de l'argent pour les maintenir dans leur état productif. S'ils ne sont pas bien conservés, tous les animaux seront tués et tous les paysages deviendront des sites hors normes pour attirer les touristes. Alors, la différence entre les frais engagés pour la conservation des parcs et les recettes touristiques correspond à la valeur de l'attraction touristique comme service écosystémique.

IV.2. METHODE DES PREFERENCES REVELEES OU MARCHE DE SUBSTITUTION

IV.2.1. Méthode des prix hédoniques

La méthode des prix hédoniques permet de comprendre et calculer l'impact sur le prix d'un bien. Or, le prix d'un bien dépend de ses caractéristiques et des services qu'il rend. Il s'agit donc d'un prix calculé à partir de l'ensemble des caractéristiques qui compose un produit. Pour le cas d'espèce, il s'agit d'évaluer sur le marché la prime du prix payée pour envisager la meilleure qualité de l'attraction touristique par ces parcs. Si on doit utiliser un bateau ou un véhicule tout terrain pour bien visualiser certains sites des parcs, il faut un prix supplémentaire.

IV.2.2. Méthode de coût de transport

Cette méthode consiste à évaluer le coût de visite du site: coût de transport, dépense associée et coût d'opportunité du temps passé. C'est en fait l'ensemble de tous les frais se rapportant à la visite des parcs (transport, droit d'accès, boisson, nourriture, pourboire, etc.) dès l'arrivée jusqu'au retour, le tout vous donne la valeur de l'attraction touristique.

IV.3. METHODE DE PREFERENCES DECLAREES

IV.3.1. Méthode de l'évaluation contingente

L'évaluation contingente est une méthode utilisée pour estimer la valeur de tous les types d'écosystèmes et services environnementaux. Cette méthode ressemble à une sorte d'enquête d'opinion dans laquelle on sollicite les personnes interviewées pour savoir combien elles seraient disposées à payer pour éviter une dégradation de l'environnement ou au contraire pour assurer une amélioration de l'environnement. Ces «prix» exprimés sont ensuite agrégés pour calculer la valeur monétaire attribuée par le public à l'amélioration de l'environnement.

IV.3.2. Méthode de l'expérience du choix

C'est une méthode qui consiste à faire le choix dans un menu d'options présentant différents niveaux de fourniture d'un service éco systémique et différents niveaux de coûts. Par exemple, pour visiter l'embouchure de la Rusizi, il y a un prix bien fixe. C'est un choix qu'on fait parmi toute une liste d'options avec des prix appropriés en fonction de leur beauté ou intérêt spécial. A ce moment on dira que l'attraction touristique de l'embouchure vaut autant. Alors, si dans ces parcs il existe de telles options, on comprend bien que leur somme donne la valeur des attraits touristiques des parcs.

IV.4. METHODE DE TRANSPORT DE VALEUR

Il s'agit d'emprunter ou transférer une valeur d'une étude existante pour disposer d'un ordre de grandeur dans un processus décisionnel.

CONCLUSION

La biodiversité et les écosystèmes qui les abritent sont à la base des activités économiques, de la qualité de vie et de la cohésion sociale. Cependant, la façon dont ces activités économiques sont organisées ne tient pas compte assez du lien de dépendance de cette relation. Il faut donc savoir que la perte de la biodiversité et des écosystèmes est une menace pour le fonctionnement de la planète, des économies et de l'humanité.

En effet, la perte des écosystèmes naturels a des répercussions économiques directes qui sont généralement sous évaluées. Rendre visible leurs valeurs économiques aux décideurs politiques et aux sociétés permet de regarder le développement et la préservation de l'environnement comme deux face de la même pièce (Somda et Awaïs, 2013). Il n'y a pas d'économie sans environnement mais il existe des environnements sans économie.

Constatant une faible importance accordée aux parcs nationaux à tous les niveaux des couches sociales au Burundi, on a cherché tous les arguments possibles jugés efficace pour convaincre tout un chacun de protéger les espaces potentiellement riches ou favorables à la biodiversité. C'est dans cette perspective qu'on a commencé à parler de l'évaluation des biens et services rendus par les écosystèmes pour bien attirer l'attention de tout le monde. La valeur de ces services seront par la suite traduite en termes monétaires, ce qui permettra de se rendre compte assez rapidement de ce qu'on peut perdre si on ne les protège pas.

En effet, le présent travail essaie de donner des motivations et des orientations pour enfin mener une étude globale sur la valeur monétaire de l'attraction touristique des parcs nationaux de la Kibira, Ruvubu et Rusizi choisis parmi d'autres aires protégées du Burundi en raison de leur positionnement régional et de leur richesse biologique. Cependant, il doit être aussi considéré comme une première étape d'un processus très ambitieux de calibrage de l'action publique: le paiement des services éco systémiques. Constatant la complexité des méthodes proposées par les scientifiques, il est préférable que l'étude d'évaluation des services écosystémiques des parcs se limite aux méthodes basées sur les coûts.

La biodiversité et les écosystèmes financent beaucoup mais ne le sont pas à leur tour (Fofu & *et al.*, 2014) !

BIBLIOGRAPHIE

Fofo, A., Nzigidahera, B., Nicayenzi, F, Ndagijimana, D, Habonimana, B et Ndayiziga, L. (2014). Les services éco systémiques pour la survie de la population et la croissance de l'économie nationale. INECN. CHM-Burundais.

Millenium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Wasghington, DC.

Somda, J. et Awaïss, A. (2013). Evaluation économique des fonctions et services écologiques des écosystèmes naturels : guide d'utilisation de méthodes simples. Ougadougou, Burkina Faso, UICN. 32 pp.

WCS (2009). Plan d'Aménagement et de Gestion. Parc National de la Kibira. INECN

CONCLUSION

Une étude est une préparation de l'évaluation économique que le Burundi compte entamer rapidement. Les différentes méthodologies et analyses fournies pour chaque thème d'étude ne sont que des propositions. Il y a donc des possibilités d'améliorer les méthodes et d'en identifier d'autres.

Ce document est également considéré comme des termes de référence pour une formation des scientifiques Burundais et particulièrement les Personnes Ressources ayant rédigé ce document pour qu'ils puissent se préparer à mener l'évaluation économique proprement dite. Cette formation pourra porter sur des points importants suivants:

- les différentes méthodes d'évaluation économique des services écosystémiques;
- le choix de méthodes par rapport à un service écosystémique;
- le choix des participants et les parties prenantes dans une évaluation économique;
- le diagnostic d'un service écosystémique en vue d'une évaluation économique;
- la conduite d'une évaluation économique;
- la valorisation d'une étude d'évaluation économique.

Espérons-nous donc que cette étude constitue une base pour l'évaluation économique des services écosystémiques afin de sauvegarder et valoriser durablement les écosystèmes en faveur des populations actuelles et futures.