



## Vulnérabilité des forêts ombrophiles de montagne aux changements climatiques au Burundi: *Renforcement de leur pouvoir d'adaptation*

Nzigidahera Benoît

Institut National pour l'Environnement et la Conservation de la Nature (INECN)  
B.P. 2757 Bujumbura, E-mail: [nzigidaherabenoit@yahoo.fr](mailto:nzigidaherabenoit@yahoo.fr)

Reçu: le 24 Juillet 2012

Accepté: le 3 Septembre 2012

Publié: le 17 Septembre 2012

### RESUME

#### **Mots-clés: Etagement de la végétation, évolution de la végétation, temps géologique**

Cette étude est une analyse de la vulnérabilité des forêts ombrophiles de montagne aux futures changements climatiques selon les projections envisagées jusqu'en 2050. Cette analyse a été faite en se basant sur les conditions climatiques qui ont existé au cours des temps géologiques, les conditions altitudinales qui influencent le système d'étagement de la végétation et le système évolutif régressif et progressif de la végétation de forêts de montagne. L'étude a permis également d'identifier les activités prioritaires pour atténuer les effets néfastes des changements climatiques sur les forêts de montagne au Burundi.

### ABSTRACT

#### **Key-words: Vegetation altitudinal belting, evolution of vegetation, geological time**

This study is an analysis of the vulnerability of mountain rainforest to future climate change projections envisaged until 2050. This analysis is based on the climatic conditions that have existed in the geological time, the altitudinal conditions influencing the vegetation belts system and the evolutionary regressive and progressive system of mountain forests. The study also identified priority activities to mitigate the adverse effects of climate change in mountain forests in Burundi.

## 1. INTRODUCTION

Au Burundi, le climat se caractérise par une saison sèche de Juin à Septembre et une saison de pluies, d'Octobre à Mai. En Janvier, on observe généralement la petite saison sèche qui dure environ 15 jours (Sinarinzi, 2006). Malgré ce schéma général des saisons, on observe des complications locales sous l'influence du relief caractérisé par la présence des plaines, des plateaux, des massifs montagneux et des dépressions. Ces facteurs physiques influencent la répartition des paramètres climatiques, en l'occurrence les précipitations et les températures.

Ces 10 dernières années, le Burundi a assisté à des perturbations climatiques caractérisées par des sécheresses prolongées et des inondations dans toutes les régions du pays Sinarinzi (2006). Le tarissement des eaux du barrage de retenu de Rwegura en forêt de montagne de la Kibira depuis 2000 serait également la conséquence de ces perturbations climatiques.

Actuellement, le Burundi est beaucoup préoccupé de comprendre mieux sur l'impact des perturbations climatiques sur les écosystèmes afin d'arrêter des mesures appropriées pour les protéger.

L'analyse de l'évolution temporelle des précipitations au Burundi révèle un caractère cyclique avec une périodicité de plus ou moins 10 ans de l'alternance de l'excédent et du déficit pluviométrique par rapport à la normale. Ce caractère cyclique quasi-décennal est conservé que ce soit en l'absence ou en présence des changements climatiques (MINATE, 2006).

Sinarinzi (2006) donne les résultats de simulation des changements climatiques aux horizons temporels 2000-2050. En effet, en présence des changements climatiques, on assistera à une hausse de la pluviométrie variant de 3 à 10% pour le scénario haut; les mois de Mai à Octobre verront leurs quantités pluviométriques diminuées de 4 à 15%.



L'analyse de l'évolution de la température moyenne montre une hausse persistante de celle-ci par rapport à la normale. En présence des changements climatiques, dans le cas de la sensibilité haute correspondant au haut d'émission des gaz à effet de serre (GES), la température augmentera de 0,4°C tous les 10 ans, soit un accroissement de 1,9°C en l'an 2050.

On pourrait alors se demander si ces variations climatiques projetées ne pourront pas affecter les écosystèmes forestiers et particulièrement les forêts de montagne dont la température, les précipitations et l'altitude jouent un rôle déterminant dans la distribution de la végétation.

En effet, les forêts ombrophiles de montagne occupent la crête Congo-Nil, c'est-à-dire les hautes terres du Burundi occidental à une altitude variant entre 1600 m – 2666 m. Elles sont toutes mises en défens sous forme d'aires protégées dans les localités de la Kibira, Monge, Bururi et Vyanda. La superficie actuelle avoisine 50000 ha dont 40600 ha pour le seul Parc de la Kibira (Nzigidahera, 2000). La caractéristique la plus distinctive de ces formations végétation végétales est la physionomie et la composition floristique qui changent suivant la variation de température et d'altitude.

Cette étude basée sur les données disponibles sur les forêts de montagne vise donc l'évaluation de la vulnérabilité des forêts de montagne aux variations actuelles et futures du climat et aux phénomènes météorologiques extrêmes. Elle devra identifier les activités prioritaires pour répondre aux besoins résultant des effets néfastes des changements climatiques.

## 2. METHODOLOGIE

Cette étude est essentiellement basée sur les données existantes sur le climat et la végétation, mais également sur nos observations sur terrain et nos récentes études sur la forêt de montagne de la Kibira. Ainsi, les données en rapport avec l'évolution des forêts de montagne au temps actuel et au cours des temps géologiques ont été exploitées. De plus, les données disponibles pouvant servir de base dans l'analyse des effets néfastes des changements climatiques ont été collectées sur terrain à travers des observations accompagnées des photos visualisant les différents phénomènes actuels liés à l'évolution des forêts de montagne. Dans le but de pouvoir développer nos scénarios sur le comportement écosystémique face aux changements climatiques, des données projetées en l'an 2050 ont été utilisées. Un choix des priorités comme stratégies d'adaptations a été opéré et des scénarios ont été établis sur les possibles conséquences des solutions éventuelles.

## 3. ANALYSE DES INFORMATIONS EXISTANTES

### 3.1. Influence du climat sur les forêts de montagne

#### 3.1.1. Evolution de la forêt ombrophile de montagne au cours des temps géologiques

Sur base des analyses de la pluie pollinique, Bikwemu (1991) a mis en évidence une zonation altitudinale de la végétation de montagne du Burundi. En effet, cet auteur a constaté que la frange inférieure de la forêt de montagne à 2200m, est sensiblement secondarisée alors qu'à 2250 m ce phénomène s'atténue déjà. En pleine zone forestière, entre 2300 et 2500 m, on distingue deux types d'assemblage pollinique: l'un (2300-2400) représentant l'horizon moyen de la forêt de montagne et l'autre (2500 m) l'horizon supérieur. Une même zonation altitudinale de la végétation de montagne a été mise en relief par Kabonyi (2007) en analysant la séquence sédimentaire de Musisi-Karahoma II au Sud Kivu en RDC.

Sur base des études palynologiques effectuées dans les tourbières de Kashiru et Kuruyange, la chorologie des événements paléoclimatiques et l'évolution du paléoenvironnement de la forêt de montagne ont été élucidées (Tableau 1). Le marais de Kashiru se localisant à la crête Congo-Nil au pied du mont Manga, les conditions climatiques locales sont caractérisées par une pluviosité dépassant 1400 mm et des températures moyennes annuelles inférieures à 15°C. Le marais de Kuruyange est situé à 2000 m d'altitude dans la partie Sud de la crête Congo-Nil, à Bururi, sous la température annuelle de 16°C et la précipitation annuelle de 1500 mm.

Ainsi, les analyses faites sur la tourbière de Kashiru ont conduit Bikwemu (1991) à faire plusieurs constations. En effet, à une époque remontant à c.35000 a.B.P., sous le climat froid et sec, il y a eu expansion des fruticées éricoïdes et d'une forêt d'altitude hétérogène à dominance de *Podocarpus*, *Olea* et *Macaranga* en évolution vers un stade plus ouvert, donc à influence afro-subalpine.

A c.30000 a.B.P., sous un climat redevenu plus chaud et plus humide, il y a eu développement d'une forêt mixte qui a subi par après une régression, sous des conditions climatiques plus xériques. La période entre c. 22000 a.B.P. et c. 13000 a.B.P. correspond à la phase aride responsable du grand recul forestier et de l'importante de l'expansion savanicole du Pléistocène terminal. Du fait des basses températures régnant en haute altitude, les formations sclérophylls afro-subalpins sont descendues plus bas que leur position actuelle. C'est ainsi que les Ericaceae ont envahi des zones qui, auparavant, étaient occupées par la forêt ombrophile de montagne.

Cela atteste que le climat devrait être froid et sec, avec une apogée d'aridité se situant entre 20000 et 18000 a.B.P. La tourbière de Kuruyange a également révélé une telle végétation avec dominance des Ericaceae après la période de c.11300 a.B.P, (Dominique et *al.*, 1997).

C'est pendant la période de c. 6000 a.B.P. qu'il va y avoir une expansion de la forêt ombrophile de montagne due aux conditions climatiques redevenues plus favorables: plus chaudes et plus humides. Entre 5000 et 3500 a.B.P., il va y avoir un bref recul de la forêt sous des conditions climatiques sèches favorisant l'expansion de la végétation des savanes à dominance graminéenne.

Au cours de la période comprise entre 3500 et 2500 a.B.P., il y a un regain forestier hétérogène à dominance de *Podocarpus* et *Olea* avec expansion des taxons afro-subalpins des fruticées éricoïdes, révélant ainsi que Kashiru était soumis à un climat froid et humide. Entre 2500 et 1500 a.B.P., période concomitante de la colonisation accrue du milieu par l'homme, une nouvelle phase sèche apparaît. Sur base des données de la tourbière de Kuruyange à 1200 a.B.P, Dominique et *al.* (1997) constatent la persistance d'une forêt ouverte en dégradation probablement suite aux effets combinés de

l'agriculture et de la forge. A cette époque, dite l'Age du fer ancien, des populations s'adonnaient à des activités métallurgiques et agro-pastorales (Kabonyi, 2007).

A partir du 5<sup>e</sup> siècle après J.C., Bikwemu (1991) rapporte un climat humide et un léger réchauffement qui ont eu comme conséquence une expansion de savane d'origine anthropique. Au 8<sup>e</sup> siècle après J.C., suite à l'abandon temporaire entre les périodes de l'âge du fer ancien et le début de l'âge du fer récent, il y a eu une régénération et extension du milieu forestier favorisées par un retour des conditions climatiques plus humides qui ont continué jusqu'à la période actuelle, avec une interruption vers le 15-17<sup>e</sup> siècle par une petite pulsation sèche qui n'a pas duré plus de 2 siècles et qui correspond à la dernière avancée glaciaire reconnue en Afrique de l'Est.

Toutes ces constatations montrent que la végétation de la crête Congo-Nil a subi des modifications influencées par les changements climatiques qui ont perduré au cours des temps géologiques. Le constat est que le climat froid et humide est à l'origine de l'expansion des Ericaceae, l'établissement d'un climat humide et chaud favorise le développement de forêt ombrophile de montagne et le réchauffement est à l'origine de la savanisation.

**Tableau 1: Synthèse des données paléoclimatologies et évolution de la forêt de montagne**

Périodes	Climat	Evolution de la végétation
Au 8 <sup>e</sup> siècle après J.C	Conditions climatiques plus humides	une régénération et extension du milieu forestier
A partir du 5 <sup>e</sup> siècle après J.C	Climat humide et un léger réchauffement	une expansion de savane d'origine anthropique
Entre 2500 et 1500 B.P	Nouvelle phase sèche	période concomitante de la colonisation accrue du milieu par l'homme
entre 3500 et 2500 B.P	Climat froid et humide	un regain forestier hétérogène à dominance de <i>Podocarpus</i> et <i>Olea</i> avec expansion des taxons afro-subalpins des fruticées éricoïdes
6000 B.P.	Conditions climatiques plus chaudes et plus humides	Expansion de la forêt ombrophile de montagne
Entre 5000 et 3500 B.P.	Conditions climatiques sèches	un bref recul de la forêt favorisant l'expansion de la végétation des savanes à dominance graminéenne.
entre 22000 B.P. et 13000 B.P.	Climat froid et sec	Grand recul forestier et de l'importante expansion des formations sclérophylles afro-subalpins descendues plus bas que leur position actuelle. C'est ainsi que les Ericaceae ont envahi des zones qui, auparavant, étaient occupées par la forêt ombrophile de montagne.
30000 B.P	Climat redevenu plus chaud et plus humide	Développement d'une forêt mixte
35000 B.P	Climat froid et sec	Expansion des fruticées éricoïdes à influence afro-subalpine.

### 3.1.2. Influence altitudinale dans la distribution de la végétation

Au Burundi, l'étagement de la végétation a été mis en relief par Lewalle (1972) qui a distingué l'étage inférieur (de 780 à 1000m d'altitude), l'étage de transition (de 1000 à 1600 m), l'étage afromontagnard et l'étage subalpin. Ce sont ces derniers étages qui concernent les forêts de montagne. Les formations végétales de l'étage

montagnard comprises entre 1600 m et 2500 m d'altitude se caractérisent par des précipitations supérieures à 1400 mm ainsi que des températures moyennes annuelles inférieures à 18°C et la saison sèche dure moins de 110 jours (Lewalle, 1972). Dans cette végétation, trois horizons ont pu être distingués par ce même auteur en fonction des caractères physiologiques et floristiques, mais également de l'altitude (fig. 1).

L'horizon inférieur compris entre 1600 m et 1900 m d'altitude est caractérisé par une forêt ombrophile de montagne de transition. Il est caractérisé par une température moyenne annuelle d'environ 18° C et une pluviosité d'au moins 1400 mm par an. Cette forêt regroupe dans sa strate arborescente supérieure des taxons tels que : *Anthoantha pynaertii*, *Albizia gummifera*, *Parinari excelsa*, *Prunus africana*, *Syzygium guineense*, etc. Atteignant jusqu'à 25 m de haut, ils présentent une cime dense et large. Dans ce cortège floristique, on constate qu'il y a des taxons communs avec l'étage directement supérieur mais les conditions climatiques ne sont pas réunies pour leur permettre d'atteindre une hauteur optimale dans le présent horizon. C'est le cas de *Prunus africana* et *Parinari excelsa*.

L'horizon moyen est compris entre 1900 et 2250 m d'altitude. Les conditions écologiques sont nettement montagnardes favorables au développement forestier. Les précipitations atteignent 1600 mm de moyenne annuelle avec des températures oscillant autour de 15°C. La strate arborescente supérieure est constituée par des arbres géants tels que *Entandrophragma excelsum*, *Prunus africana* et *Parinari excelsa* atteignant 30 et parfois 40 m de haut. Des essences secondaires, *Polyscias fulva* notamment y prennent place (fig. 2A).

Au niveau de l'horizon supérieur entre 2250-2450 m d'altitude, les conditions climatiques deviennent plus rigoureuses, les températures moyennes annuelles tombent jusqu'à 13°C, avec une humidité atmosphérique très élevée, alimentée par des brouillards quasi-permanents. Il se développe une forêt distincte des deux types précédents avec une cime s'arrêtant généralement à 15 m, à l'exception de quelques individus de *Podocarpus latifolius* atteignant 20 m.

Au delà de 2500 m, il se développe une végétation du type afro-subalpin (fig. 2B). Ces sommets sont particulièrement intéressants en raison des conditions spéciales qui y règnent; on se trouve nettement au-dessus de la zone des précipitations maximales. La température moyenne y subit un abaissement appréciable. La température moyenne annuelle de l'air à 2500 m est d'environ 11-12 °C. La particularité la plus frappante de ce microclimat est la valeur constamment élevée de l'humidité

relative, qui reste pendant les trois quart de temps supérieure à 90°. Malgré cette humidité relative importante, l'eau disponible pour les plantes est peu abondante car les sols y sont toujours superficiels et lessivés. Ces conditions climato-édaphiques entraînent une évidente xérophilie permettant le développement des formations végétales constituées par des fruticées sclérophylles où la famille des Ericaceae (*Erica*, *Vaccinium* et *Agaurea*) prédomine.

Sur base de ces informations, on constate que les températures varient suivant l'altitude et influencent beaucoup la distribution de différents types de végétation. D'après les valeurs trouvées ailleurs (Mont Ruwenzori et mont Kahuzi), il y a un gradient de température constant égal à 0,6°C pour 100 m d'élévation (Habiyaemye, 1995). Cela a été aussi vérifié par Scaetta (1943) in Lewalle (1972), qui, à la suite de nombreuses mesures, a pu calculer le gradient de décroissance de la température depuis Uvira (800) jusqu'à Tshibinda (2115). Selon Lewalle, (1972), cette valeur est tout à fait applicable au Burundi et permet d'obtenir une très bonne approximation de la température moyenne selon l'altitude.

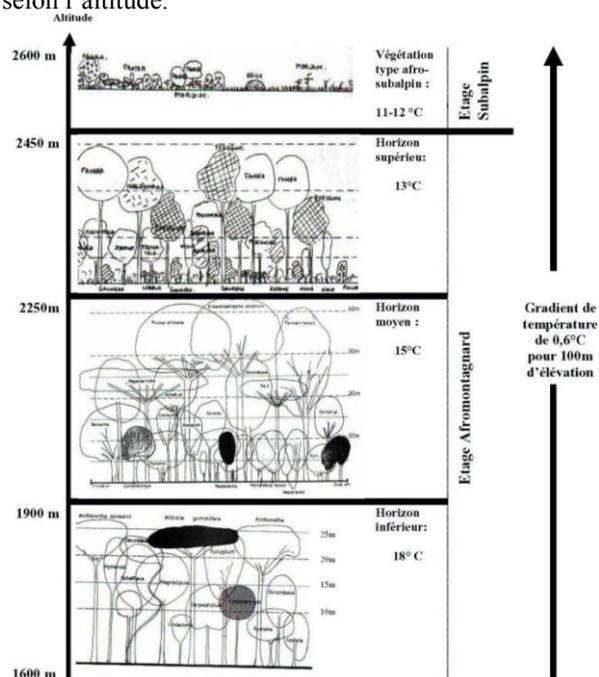


Fig. 1: Distribution altitudinale de la végétation de montagne (Synthèse des données de Lewalle, 1972; Habiyaemye, 1995; Bikwemu, 1991)



Fig. 2: Végétation des forêts de montagne: A: Horizon moyen à 2200 m d'altitude à la Kibira (Bugarama); B: Horizon supérieur (1), Etage sub-alpin (2) à Monge.

### 3.2. Systèmes évolutifs de la forêt ombrophile de montagne

La végétation actuelle de la forêt de montagne est fort influencée par l'anthropisation. Certains faciès présents ne permettent pas de préciser le processus évolutif en cours concernant le phénomène de dégradation et de recolonisation. Sur base de la photo-interprétation et des observations faites dans la forêt de la Kibira, Gourlet, (1986) a établi un processus de dégradation (Tableau 2). En effet, par l'élimination de grands arbres des strates supérieures, la forêt ombrophile de montagne de horizons inférieur et moyen (forêt ombrophile à *Entandrophragma excelsum* et *Parinari excelsa* ssp. *holstii*) devient une forêt secondaire à *Polyscias fulva* et *Macaranga kilimandscharica*.

L'appauvrissement considérable de la strate inférieure de la forêt secondaire montagnarde de l'horizon supérieur (forêt secondaire à *Syzygium parvifolium* et *Macaranga kilimandscharica*) donne naissance à une forêt secondaire à *Faurea saligna*. L'élimination des arbustes aboutira à une formation végétale herbacée.

La dégradation de la fruticée à Ericaceae se manifeste par la disparition de la strate arbustive laissant la place à une prairie altimontaine. En cas de dégradation poussée, et par jeu de l'érosion, il y a apparition du substrat et la roche affleure (Fig. 3).

Après dégradation de la végétation, quand les conditions du milieu redeviennent bonnes, le processus de recolonisation se déclenche. Dans les horizons inférieur et moyen de l'étage montagnard, la formation de recolonisation débute avec une strate herbacée par *Pteridium aquilinum* qui évoluera en forêt secondaire. Dans l'horizon supérieur de l'étage montagnard, sur les crêtes les plus exposées, où l'érosion a pu jouer et le sol devenu superficiel, la formation dégradée à prairie basse peut évoluer vers une fruticée à Ericaceae de recolonisation. Le processus pourrait se poursuivre jusqu'à l'installation des forêts secondaires à *Faurea saligna*. Dans un milieu riche non érodé, la formation de recolonisation évolue en forêt secondaire à *Syzygium parvifolium* et *Faurea saligna*.

Dans l'étage afro-subalpin, la recolonisation de la prairie altimontaine se fait avec des espèces telles que *Protea madiensis*, *Agauria salicifolia*, *Erica benguellensis* dans les zones où la roche affleure, *Hypericum revolutum*, *Faurea saligna* dans les endroits où le sol est encore présent.

Ce même processus d'évolution de la forêt de montagne est décrit par Habiyaemye (1995) (fig. 4). Selon cet auteur, le processus du stade postcultural

aux recrus préforestiers est assez long. La phase du recru préforestier à une forêt secondaire est très rapide car les éléments de ces stades sont simultanément présents sur terrain. C'est le décalage de leur optimum vital qui marque leur statut syngénétique. Sous le manteau de forêt secondaire, les plantes du noyau spécifique de forêt dense trouvent de conditions idéales à leur croissance (Ombrage et humidité, etc.). Dans l'ensemble la maturité d'une forêt dense climacique peut durer 40 ans.

**Tableau 2: Evolution régressive dans la forêt ombrophile de montagne** (établi sur base des données de Gourlet, 1986)

<b>Processus de dégradation : Etage afromontagnard</b>	
<b>L'élimination de grands arbres des strates supérieures</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forêt ombrophile de montagne de horizons inférieur et moyen (forêt ombrophile à <i>Entandrophragma excelsum</i> et <i>Parinari excelsa</i>)</li> </ul> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forêt secondaire à <i>Polyscias fulva</i> et <i>Macaranga neomildbraediana</i>.</li> </ul>
<b>L'appauvrissement considérable de la strate inférieure</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forêt secondaire montagnarde de l'horizon supérieur (forêt secondaire à <i>Syzygium parvifolium</i> et <i>Macaranga kilimandscharica</i>)</li> </ul> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forêt secondaire à <i>Faurea saligna</i></li> <li>• Formation végétale herbacée</li> </ul>
<b>Processus de dégradation : Etage afro-subalpin</b>	
<b>La disparition de la strate arbustive</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fruticée à Ericaceae</li> </ul> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prairie altimontaine</li> </ul> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Substrat et affleurement rocheux</li> </ul>



**Fig. 3: Dégradation de la fruticée laissant place à la prairie altimontaine et des affleurements rocheux sur le mont Heha**

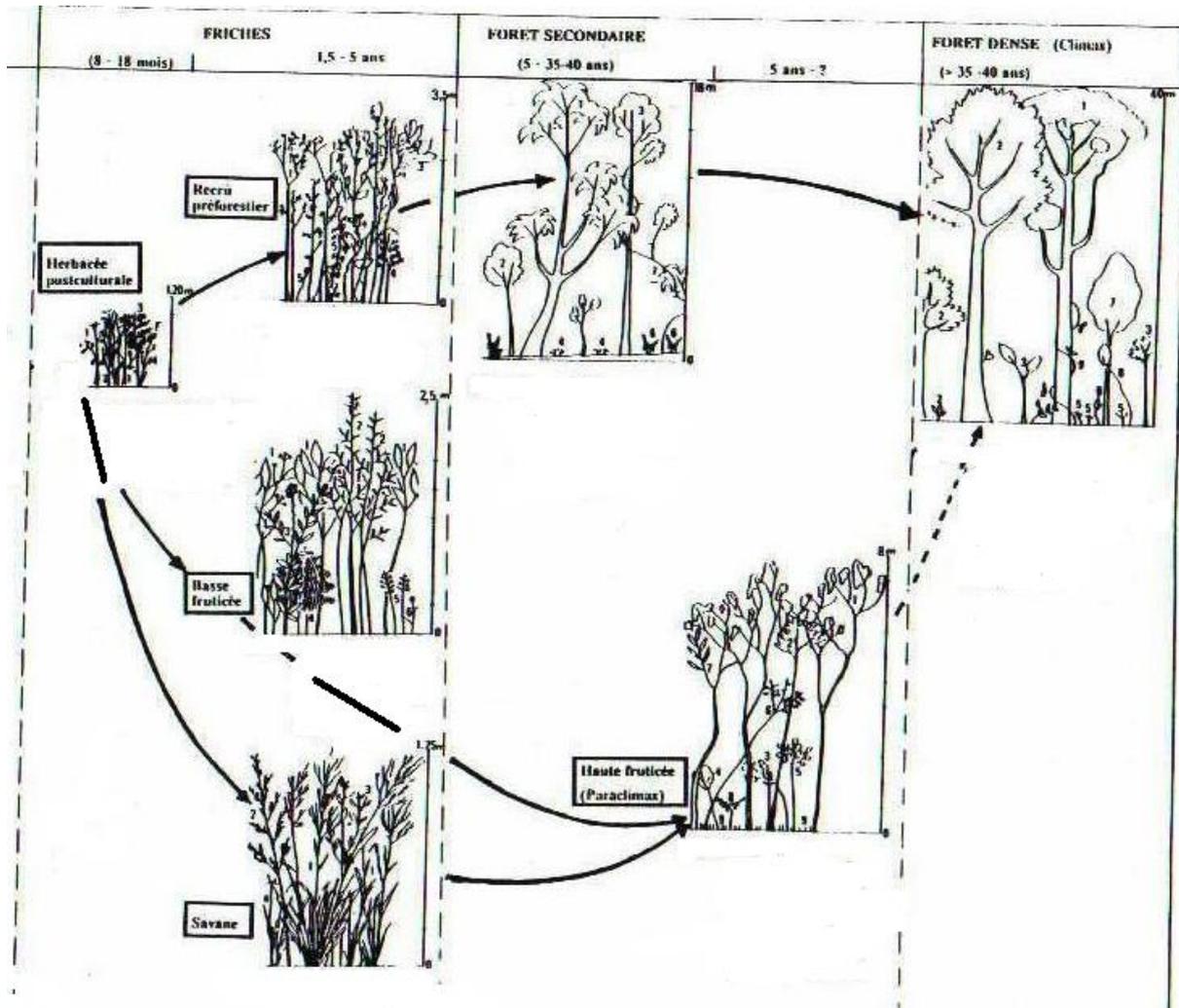


Fig. 4: Stades de régénération des forêts naturelles de la Crête Congo-Nil (Habiyaemye, 1995, figure modifiée)

#### 4. VULNERABILITE DES FORETS DE MONTAGNE AUX CONDITIONS DU CLIMAT

##### 4.1. Considération préliminaire

La question qui nous intéresse est de savoir la tendance évolutive des écosystèmes forestiers de montagne, en nous basant sur les données météorologiques projetées à l'horizon 2050. Ces données nous renseignent sur le climat à caractère cyclique quasi-décennal conservé en l'absence et en présence des changements climatiques, sur une hausse de la pluviométrie variant de 3 à 10% et diminution de 4 à 15% des quantités pluviométriques de Mai à Octobre et sur une augmentation de température de 0,4°C tous les 10 ans, soit un accroissement de 1,9°C en l'an 2050.

Ces éléments climatiques nous poussent déjà à envisager des orientations qui doivent guider les évaluations d'impacts et de la vulnérabilité sur les forêts de montagne. Ces orientations sont les suivantes:

- Le caractère cyclique de 10 ans observé depuis longtemps est tel que les écosystèmes seraient déjà

soumis et vraisemblablement même adaptés à ce rythme et qu'ils ne pourraient pas en être gravement perturbés.

- La hausse de pluviométrie devrait normalement induire une évolution progressive dans toutes les forêts de montagne. Cependant, on peut s'imaginer que même à l'intérieur des changements climatiques envisagés, il existe des événements climatiques très extrêmes se traduisant par des années anormalement humides (très forte pluviosité) ou anormalement sèches (sécheresse très longue) ayant des répercussions significatives sur ces écosystèmes.
- L'augmentation de la température d'environ 2° en 2050 ne se fera pas d'une manière brutale. L'augmentation de 0,4°C tous les 10 ans donne à penser à une adaptation progressive des écosystèmes au fil du temps. Mais, cela ne pourrait évidemment pas limiter des pertes des espèces aussi bien animales que végétales qui se retrouveraient en dehors de leur optimum d'adaptation.

- De plus, cette hausse de température aura également de fortes répercussions sur la disponibilité de l'eau du sol au sein des écosystèmes et des pertes d'eau par évapotranspiration. Cela devra ainsi influencer sur le vivant.
- La situation actuelle montre que depuis 2000, il y a une forte variabilité de régime pluviométrique, avec une tendance prononcée à la baisse. Les saisons sèches sont de plus en plus longues, s'étendant de Mai à Novembre. Cette situation de sécheresse longue pourrait certainement influencer sur les feux des brousses très fréquents dans les écosystèmes forestiers au Burundi.

#### 4.2. Impacts sur les forêts ombrophiles de montagne

Les forêts de montagnes, bien que ne présentant pas la même physionomie suivant les altitudes, sont considérées comme un climax et cette stabilité est constamment entretenue par des pluies abondantes et des températures les plus basses du pays.

- **Impacts par rapport à la situation actuelle**

La forêt ombrophile afromontagnarde qui formait autrefois une vaste forêt de la crête, se présentent actuellement sous forme de lambeaux très distants dont les plus appréciables sont la Kibira, la forêt de Bururi et la forêt de Monge. Cette forêt de montagne a subi des actions anthropiques sévères à tel point que certains horizons notamment l'horizon inférieur ne persiste que dans de rares localités.

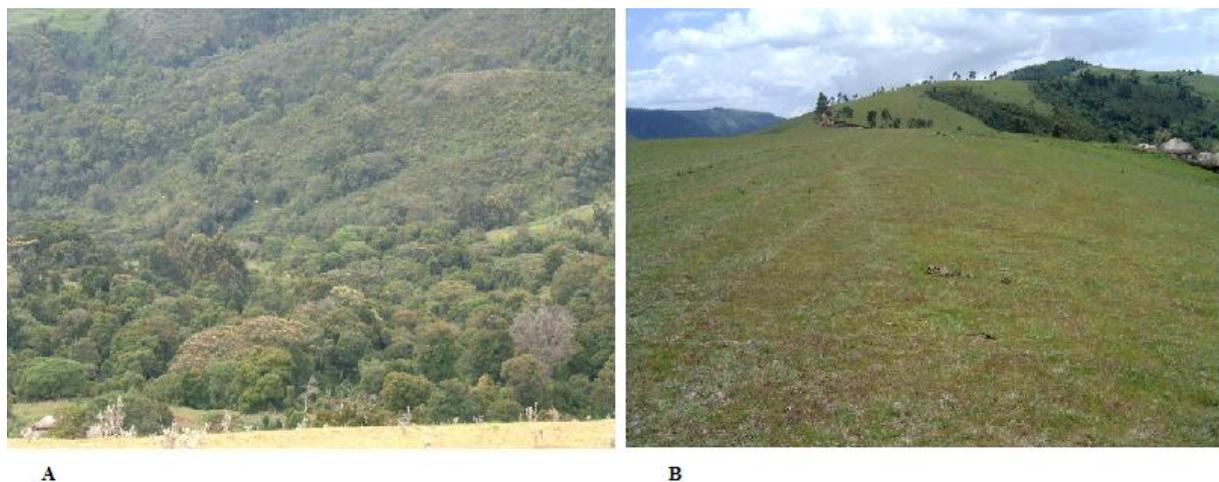
Elle a été surtout détruite par les agriculteurs et les éleveurs à la recherche des terres fertiles agricoles et des pâturages pour le gros bétail.

Contenant des arbres à bois d'œuvre très recherché, la forêt de montagne a été longtemps soumise à l'exploitation intense. Cette exploitation a concerné surtout des arbres de la strate arborescente supérieure, au départ abondants dans les forêts primaires notamment *Entandrophragma excelsum*, *Symphonia globulifera*, *Prunus africana*, *Hagenia abyssinica*, *Podocarpus latifolius* et *Podocarpus falcatus*. La destruction de ces essences de valeur aboutit dans tous les cas à l'installation des forêts très secondarisées. Outre le sciage, le défrichage cultural et la carbonisation amincissent remarquablement les forêts de montagne.

Dans l'ensemble, la végétation de forêt de montagne garde la caractéristique forestière mais avec une évidente marque d'anthropisation se manifestant par des trouées souvent vastes à plusieurs endroits (Fig. 5A).

Dans la zone sub-alpine, la dégradation des fruticés est le résultat du passage répété du bétail et du surpâturage. Dès que les vaches traversent ces fragiles formations, elles créent de petits fossés dénudés qui s'agrandissent rapidement par l'eau courante de ruissellement. Ce processus de dégradation par destruction et départ de la couche humifère s'amplifie et s'accélère par le retour des troupeaux à chaque saison sèche sur le terrain.

Finalement, la fruticée laisse la place à une pauvre steppe de montagne, discontinue et entrecoupée de blocs quartzitiques dénudés dans le creux desquels s'abritent les derniers vestiges rabougris de l'ancienne végétation ligneuse. Le surpâturage sur des surfaces peu vastes détériore irrémédiablement cette steppe, qui devient de plus en plus rase et caillouteuse (Fig. 5B).



**Fig. 5: A :** Trouées d'origine anthropique dans la forêt de Montagne de Monge, **B:** Installation des pelouses rases par suite du surpâturage à Heha.

## • Impacts en cas de changements climatiques

Nous allons développer des scénarios sur ce que pourra être la forêt de montagne dans 50 ans en prenant comme base les différents changements qui ont existé au cours des temps reculés et sur des périodes multiséculaires. On pourrait donc s'interroger si une période de 50 ans suffit pour démontrer un changement qui se passait durant une période multiséculaire ou un millénaire. Ce que nous devons comprendre d'avance est que la végétation de montagne notamment celle de la Kibira, soudée en un seul bloc, se localise sur des horizons différents non seulement au point de vue climatique mais également au point de vue floristique. Une augmentation de la température sur toute la forêt affecte conséquemment tous les horizons.

La forte pluviosité et l'augmentation de température auront comme conséquence la modification de la végétation d'une manière différente suivant les différents horizons. Cela étant lié à l'effet altitudinal qui fait toujours que les températures restent différentes suivant les horizons et les étages.

Au niveau de l'étage sub-alpin à partir de 2500 m d'altitude, l'augmentation de la température de 2°C implique l'atténuation de la rigueur du climat. La végétation sub-alpine composée essentiellement des Ericaceae devrait ainsi reculer voire même disparaître sur plusieurs étendues sous les températures moyennes qui atteindraient 14°. Dans les conditions normales, ce recul devrait normalement permettre l'expansion ascendante de la forêt directement inférieure (l'horizon supérieur: 2250 à 2500 m d'altitude) qui ne pourra plus résister sous la température de 15°-16°C. Mais, en considérant les conditions édaphiques de la zone sub-alpine composée essentiellement de sol peu épais et des affleurements rocheux très fréquents, il est évident qu'aucune formation forestière ne pourra s'épanouir à cet endroit. Cependant, certaines localités non hostiles malheureusement rares, pourraient être envahies par des espèces particulières qui marquent la parenté, voire même la continuité entre la fruticée afro-subalpine et l'horizon supérieur. Il s'agit effectivement des espèces forestières notamment *Monanthotaxis orophila*, *Salacia erecta*, *Maytenus acuminatus*, *Asplenium friesiorum*, qui manifestent une grande faculté d'adaptation à des milieux forestiers divers et se mêlent à la fruticée éricoïde.

L'horizon supérieur de l'étage afro-montagnard devra épouser la structure de l'horizon moyen actuel avec développement de la forêt de montagne typique constituée des arbres géants. Cette évolution ne devrait pas prendre beaucoup de temps du fait qu'il s'agit en fait de l'épanouissement des espèces qui sont toujours là et qui attendent de bonnes conditions pour leur développement maximal.

Au niveau de l'horizon moyen compris entre 1900 et 2250 m d'altitude, la forêt ombrophile de montagne devrait connaître une très grande expansion ascendante jusqu'au niveau de l'horizon supérieur suite aux conditions écologiques favorables. Dans sa partie inférieure, il est très difficile d'envisager une nette modification. En effet, l'horizon moyen qui représente l'état climacique d'une forêt humide de haute montagne comporte des espèces qui ne diffèrent à rien de celles de l'horizon inférieur (1600 à 1900 m). Mais, avec les changements climatiques, les conditions climatiques ne seront pas réunies pour garder des espèces atteignant les tailles actuelles (à 17-18°C). Cela implique évidemment l'expansion ascendante de l'horizon inférieur pour occuper au moins une partie de l'horizon moyen.

Le réchauffement dû à l'augmentation de la température et la forte pluviosité, affecteront beaucoup l'horizon inférieur actuel occupé par la forêt ombrophile de montagne de transition. En effet, avec une température de plus de 20°, cette zone sera exclue de l'étage montagnard qui se développe à une température inférieure à 18°C. L'horizon inférieur (1600-1900 m) cédera alors la place à l'étage de transition. Ce dernier, selon Lewalle (1972), nécessite un climat intermédiaire entre celui de la plaine et celui de la montagne. La température moyenne est relativement élevée de l'ordre de 20°C et on n'y ressent jamais les coups de froid qui peuvent survenir sur la crête, les précipitations restent plus abondantes (1200 mm environ) et plus régulières que dans la plaine.

Dans de telles conditions, la zone actuelle de forêt ombrophile de transition devrait être occupée par des espèces de la forêt mésophile submontagnarde de Lebrun (1956) et Lewalle (1972). Il s'agit d'une formation végétale en disparition dans la région de Mumirwa qui comprend des espèces dont l'optimum se trouve entre 1100 à 1500 m d'altitude notamment *Ficus vallis-choudae*, *Cordia africana*, *Spathodea campanulata*, *Newtonia buchananii*, etc. De plus, des savanes secondaires avec *Entada abyssinica* et *Protea madiensis* pourraient aussi occuper certaines terres peu épaisses. Il ne sera pas aussi étonnant de constater le maintien de certaines espèces de la forêt secondaire de montagne comme *Polyscias fulva*, *Myrianthus holstii* qui sont actuellement repérables jusqu'à 1500, voire 1400 m d'altitude. Au niveau des ravins des pentes abruptes bien conservés, se développeront des forêts-galeries submontagnardes qui sont des équivalents édaphiques de la forêt mésophile submontagnarde.

## 5. DISCUSSION

Nous venons de montrer les changements au niveau de l'écosystème forêt de montagne qui pourront se passer avec l'augmentation de la température sous une pluviosité intense. La question est donc de savoir dans quelles conditions ces changements seraient perceptibles.

Les scénarios ci-haut développés montrent déjà que les différents changements qui peuvent surgir ne sont pas à mesure d'éradiquer la forêt de montagne surtout au niveau de l'étagement afromontagnard. A ce niveau, il pourrait se passer une sorte de modification interne à l'écosystème difficile à percevoir, sans qu'il y ait des pertes notables des espèces. Cela est lié au fait que la végétation de cet étage porte des potentialités naturelles avec des caractères de territorialité et d'homogénéité strictes (Habiyaemye, 1995).

Cependant, nous devons aussi comprendre que la forêt de montagne a subi des actions anthropiques sévères à tel point que certains horizons notamment l'horizon inférieur ne persiste que dans de rares localités. Des trouées sur des étendues très considérables sont occupées par la végétation de reconstitution de divers stades ou des cultures. C'est alors le caractère fugace des communautés de substitution qui trouvera barrière à l'évolution vers le climax suite aux changements climatiques.

En effet, l'évolution des friches culturales à une forêt secondaire en passant par les recrus préforestiers trouvera beaucoup d'entraves liées à l'augmentation de la température, et les conditions idéales d'ombrage et d'humidité, etc. ne seront pas réunies pour déclencher la croissance des plantes du noyau spécifique de forêt dense. C'est dans cette optique même que nous envisageons l'occupation des espèces de l'étage de transition et des savanes de Mumirwa dans l'horizon inférieur et leur pénétration dans divers trouées des horizons moyen et supérieur de l'étage afromontagnard. Il en découlera ainsi un réseau de divers types de végétations d'aptitudes dynamiques variées qui rendraient de plus en plus malaisées la perception des limites altitudinales des étages et des horizons. Et la prédominance de haute température amplifiera l'implantation des essences savanicoles et la forêt de montagne finira par céder.

Au niveau de l'étage sub-alpin, des modifications pourraient être significatives. La végétation très clairsemée et entrecoupée par des sols dénudés et des affleurements rocheux sera de plus en plus réduite. Des pertes des espèces uniques constituées par des herbacées dans ces contrées pourraient être enregistrées. En effet, avec la diminution de l'humidité sous l'effet de la température, les espèces des sols mouillés comme *Xyris fugaciflora*, *Xyris scabridula* *Ascolepis eriocauloides*, *Drosera madagascariensis*, *Juncus oxycarpus* et *Utricularia troupinii* (une Lantibulariaceae endémique du Burundi) pourraient disparaître complètement. Les marais de haute altitude qui devraient servir de zones de refuge pour la plupart de ces espèces sont actuellement en disparition suite à leur drainage pour l'agriculture.

Bonnefille et al. (1990) relatent des espèces des genres *Restio* et *Cliffortia* qui ont disparu suite aux anciens changements climatiques.

Nous pouvons donc prévoir un désert rocheux sur plusieurs endroits des hauts sommets de la crête Congo-Nil. Cette dénudation au niveau de l'étage sub-alpin impliquera évidemment l'intensification de l'érosion des pluies sur les hauts sommets. La situation d'érosion pourrait s'aggraver si la forêt de l'étage directement inférieur (l'étage afromontagnard) est défrichée.

L'extension de la durée des saisons sèches de Mai à Novembre est très fatale sur la forêt de montagne qui subit annuellement des feux de brousse. L'exposition de cette forêt à ces feux durant 5 mois occasionnera sans doute des pertes des espèces aussi bien animales que végétales. Dans les conditions normales, ce sont les pluies de Septembre qui constituaient une barrière à la propagation des feux de brousses.

Dans l'ensemble, les problèmes attendus suite aux effets néfastes des changements climatiques sont donc la dégradation des formations végétales de montagne. Cette dégradation aura comme conséquences la disparition des espèces typiques des forêts de montagne en faveur des espèces des savanes. De plus, en tant que régulateurs hydrologiques et climatologiques importants, la perte de ces écosystèmes afromontagnards provoquerait également des sécheresses très prolongées aboutissant à la désertification d'une grande partie du pays.

La perturbation de ces services des écosystèmes de montagne devront se répercuter sur la vie socio-économique du pays. En effet, il est connu que la production d'électricité est fortement liée aux forêts de montagne qui alimentent et maintiennent le débit des barrages. Le barrage de Rwegura sur la Gitenge fournit actuellement 50% des besoins du pays en électricité. La précarité des conditions climatiques actuelles ont déjà provoqué une diminution manifeste du lac de retenu pour ce barrage. Ces conditions pourront s'aggraver avec les changements climatiques. De plus, avec les 3 usines installées dans ou à la proximité de la Kibira, il est très fort évident que les futures conditions climatiques pourront en modifier la production. Les changements climatiques amplifiés par l'action de l'homme modifieront également les conditions des forêts de montagne pourtant indispensables à la perpétuation d'une grande diversité d'espèces biologiques dont beaucoup endémiques.

## **6. RENFORCEMENT DU POUVOIR D'ADAPTATION DES FORETS DE MONTAGNE**

L'analyse que nous venons de faire sur les impacts et la vulnérabilité des forêts ombrophiles de montagne aux changements climatiques montre finalement que les conditions climatiques des prochaines décennies pourraient être défavorables au développement de la végétation.

En effet, l'augmentation de la température sera à l'origine de la disparition de la végétation de l'étage subalpin et des pertes des espèces. Il a été également constaté que les défrichements culturels, le surpâturage et la déforestation constitueront une impasse majeure au processus évolutif des forêts et ouvriront ainsi la voie à la savanisation de l'étage afromontagnard suite aux changements climatiques. La sécheresse rigoureuse et prolongée sur plusieurs mois aggravera l'ampleur des feux de brousse, facteurs incontestables de dégradation des écosystèmes de montagne.

Cet état de fait invite à envisager un renforcement de mécanismes d'adaptation des formations végétales de montagne pour qu'elles puissent vaincre les stressés issues des changements climatiques. Le constat actuel est que les forêts de montagne sont, par endroits, dans un état de perturbation suite à la déforestation et des trouées parfois assez importantes existent dans la forêt de la Kibira. Les feux de brousse ont déjà mis en nu plusieurs zones de l'étage subalpin.

Le renforcement de mécanismes d'adaptation des forêts de montagne peut se faire à travers deux voies à savoir la restauration active par plantation et la restauration passive liée aux capacités naturelles de l'écosystème à retourner à des conditions initiales. Plusieurs études récemment faites (Wibereho, 2010, Bararunyeretse, 2012), ont montré que les écosystèmes forestiers de montagne gardent toujours le pouvoir de revenir à un état antérieur (stade forestier et climax). Cela est encore influencé par les conditions pédoclimatiques qui restent encore écologiquement viables. Wibereho (2010) est partie de l'état de dégradation de la forêt de la Kibira à Bugarama et a montré le processus d'évolution progressive du stade de jachère vers le stade préforestier dans un espace de 10 ans. Dans cette même forêt à Rwegura, Bararunyeretse (2012) a montré que les espèces arbustives et les espèces pionnières qui s'installent dans les zones prairiales et les lisières créent des conditions favorables à l'installation et au développement d'espèces forestières. Toutes ces études visualisent les potentialités actuelles des forêts de montagne de se restaurer par le phénomène de régénération naturelle. Cela signifie qu'actuellement l'arrêt des actions anthropiques dégradantes en forêts de montagne peut faciliter l'établissement d'un état forestier capable de résister aux effets néfastes des changements.

Dans cette action de restauration, il peut être aussi envisageable d'entreprendre la restauration active sous l'action de l'homme à travers la plantation des plantes exotiques et/ou autochtones. La plantation avec des essences exotiques a l'avantage que la restauration se fasse vite. Cependant, il est connu que la plantation dans une forêt naturelle avec des essences exotiques est très loin de préserver la biodiversité originelle. Wibereho (2010) a démonté l'effet de la plantation d'*Eucalyptus* dans la régression de la forêt de la Kibira. Cet auteur a même

recommandé l'élimination de cette essence pour faciliter la régénération progressive qui, dans moins de 10 ans, peut établir un stade forestier.

La plantation des espèces autochtones pourrait être également envisagée comme moyen adéquat dans la restauration des forêts de montagne. Ce fait peut être encore meilleur s'il s'agit des espèces à planter dans leurs zones de prédilection, c'est-à-dire là où on les a éliminées. Cette action pourrait avoir l'avantage de raccourcir les différents stades d'évolution de la végétation notamment en plantant des espèces marquant les stades évolués ou le climax comme *Prunus africana*, *Parinari excelsa*, *Entandrophragma excelsum*, *Hagenia abyssinica*, etc. Il serait encore meilleur si ces espèces sont plantées dans une combinaison naturelle en évitant de créer des plantations monospécifiques par localité. Cependant, une telle restauration reste inenvisageable dans les forêts de montagne où la régénération est toujours possible. En effet, les espèces marquant les stades d'évolution beaucoup plus avancés gardent un rythme de croissance très lent. En cas de régénération naturelle, ces espèces apparaissent déjà dans le sous bois du recru préforestier dans une à cinq ans et commenceront à dominer environ après 20 ans dans une forêt secondaire et, après 35 ans, marquent le climax (Habiyaemye, 1994, Wibereho, 2010). De plus, la plantation signifie le suivi des espèces plantées. C'est pour cette raison même qu'avant la plantation, on procède au nettoyage du terrain pour éviter les concurrences éventuelles. Cela traduit déjà l'élimination du couvert végétal ayant déjà entamé le rythme d'évolution. Il faut comprendre que lors de la régénération naturelle, les espèces qui marqueront les différents stades d'évolution sont sur place mais chacune attendant son moment pour agir. Dans ce cas, la plantation peut donc consister à remplacer les individus d'une espèce par d'autres individus de la même espèce sur le même site. De plus, la plantation éclipse toute une succession très intéressante au point de vue biodiversité et arrête le système dynamique d'une végétation. Il est en effet connu que la zone préforestière est plus riche que le climax (Habiyaemye, 1995, Wibereho, 2010, Bararunyeretse, 2012).

Au Burundi, les zones les plus nécessiteuses de la restauration sont dans l'étage sub-alpin. Cependant, ces localités gardent plusieurs contraintes climatologiques et pédologiques qui ne facilitent pas l'introduction de n'importe quel type d'essence autochtone. De plus, il s'agit des zones des bruyères très vulnérables aux feux de brousse. Ce sont d'ailleurs ces feux qui sont à l'origine de leur dégradation et mettant en nu plusieurs zones.

Il est également connu qu'il est facile d'avoir rapidement un couvert végétal assez important dans ces endroits par une simple prévention des feux sur moins de 5 ans. Rappelons également que l'étage subalpin n'est pas à vocation forestière comme les étages inférieurs.

Compte tenu de tous ces constats, il serait ainsi utopique d'envisager une restauration par plantation dans une forêt à grande potentialité de régénération. Par ailleurs, la restauration active coûte plus cher que celle passive.

On en conclue ainsi que les options visant à aider les écosystèmes à s'adapter aux effets néfastes des changements climatiques sont celles permettant le maintien du processus évolutif positif mais également le changement du comportement de l'homme. Il est connu que les causes de dégradation des forêts de montagne du Burundi ne se trouvent pas à l'intérieur de ces forêts mais plutôt à l'extérieur. Même en cas de restauration par voie active, si les causes ne sont arrêtées, la plantation ne peut pas survivre.

Ainsi, à l'état actuel des forêts de montagne particulièrement celles de la Kibira, nous admettons qu'elles ne nécessitent pas une réhabilitation. Cette dernière, au sens d'Aronson et al. (1993), vise la création d'un écosystème alternatif écologiquement viable, éventuellement différent en terme de structure, composition et fonctionnement de l'écosystème originel, et présentant une certaine valeur d'usage. Il doit s'agir plutôt de faire une restauration écologique en remettant dans un état initial les sites ayant subi une perturbation. Ainsi, les principales options retenues sont celles visant à faciliter la régénération naturelles et sont les suivantes:

- Arrêter tout défrichage ou autre système de fragmentation des forêts de montagne;
- Lutter contre les feux de brousse dans toutes les formations forestières;
- Arrêter la création des plantations dans les forêts de montagne;
- Eviter l'introduction des espèces envahissantes en forêts de montagne.

Si ces options sont entreprises rapidement, elles permettront aux forêts de montagne de se garnir très tôt et de plus en plus des potentialités naturelles avec des caractères de territorialité et d'homogénéité strictes tout en ne cédant pas place aux espèces savaniques gouvernées par les hautes températures.

## BIBLIOGRAPHIE

Aronson J., C. Floret, E. Le Floch, C. Ovalle & R. Pontanier, (1993) . Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the south. *Restoration ecology* 1: 8-17.

Bararunyeretse, (2012) . Analyse de la dynamique forestière sous l'effet de lisière au Parc National de la Kibira, au Burundi. Mémoire. Université du Burundi. Faculté des sciences.

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.

Bonnefille, R., Hamilton, A. C., Linder, H. P., Riollet, G. (1990) . 30,000 Year-Old fossil Restionaceae Pollen from central Equatorial Africa and its Biogeographical significance. *Journal of Biogéography*, Vol. 17, N° 3 : 307-314

Dominique, J., Taylor, D., Marchant, R., Hamilton, A. Bonnefille, R. Buchet, G., Riollet, G. (1997) . Vegetation dynamics in Central Africa since 18,000 yr BP : Pollen records from the Interlacustrine Highlands of Burundi, Rwanda and Western Uganda. *Journal of Biogéography*, Vol. 24, N° 3: 495-512

Gourlet, S., (1986) . Le parc National de la Kibira au Burundi : Quelles potentialités pour quel avenir ?. Ecole Normale du Génie Rural, des eaux et des forêts (GREF).

Habiyaremye, F.X ., (1995) . Etude phytocénologique de la dorsale orientale du lac Kivu (Rwanda). Université Libre de Bruxelles, Thèse de Doctorat

Lebrum, F. (1956) . La végétation et les territoires botaniques du Rwanda-Urundi. *Nat. Belges*, 230 à 256.

Lewalle, J. (1972) . Les étages de végétation du Burundi occidental. *Bull. Jard. Bot. Nat. de Belgique*, 42 (1/2): 247 p.

Kabonyi, C. (2007) . Etude palynologique de la séquence sédimentaire de Musisi-karashomaII, Sud Kivu (RDC) : Synthèse de l'évolution environnementale du Sud Kivu au cours des deux derniers millénaires. *Geo-Eco-Trop.* 31: 147-170

Nzigidahera, B. (2000)- Analyse de la biodiversité végétale nationale et identification des priorités pour leur conservation. PNUD-INECN, 127 p

MINATTE, (2006) . Plan d'Action National d'Adaptation aux Changements Climatiques. PNUD/FEM.

Sinarinzi, E., (2006) . Etude de vulnérabilité et d'adaptation aux changements climatique au Burundi: climat et l'eau. Projet Préparation du Plan d'Action National d'Adaptation aux changements climatiques (PANA) PNUD-FEM/MINATTE, 57P

Wibereho W., (2010). Contribution à l'étude de la dynamique de la végétation du Parc National de la Kibira en zone de Bugarama; Mémoire d'Ingénieur Agronome; UB, 105p.