

Ptérédophytes : Bio indicateurs des changements opérés sur la structure des forêts de zone de montagnes du Parc National de Kahuzi-Biega à l'Est de la R.D. Congo

[Ferns and Fern Allies: Bio indicators of changes occurred in the structure of the mountain forests within the Kahuzi-Biega National Park in eastern D.R. Congo]

Jean De Dieu MANGAMBU MOKOSO¹⁻², François MUHASHY³, Elmar ROBBRECHT²⁻⁴, THOMAS JANSSEN⁵, Honorine NTAHOBAVUKA HABIMANA⁶, and Van DIGGELEN RUURD²

¹Département de Biologie, Université Officielle de Bukavu, Laboratoire de Systématique Végétale et de Biodiversité, B.P. 570 Bukavu, RD Congo

²Department of Biologie, Universiteit Antwerp, Universiteitsplein 1-C, B-2610 Antwerp-Wilrijk, Belgium

³Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique, Rue Vautier 29B, Bruxelles 1000, Belgium

⁴Département des Plantes Vasculaires, Jardin Botanique National de Belgique, Domaine de Bouchout, Nieuwelaan 38, B-1860 Meise, Belgium

⁵Institut für Biologie, Humboldt-Universität zu Berlin, Unter den Linden 6 10099 Berlin, Germany

⁶Département d'Ecologie et Gestion des Ressources Végétales, Université de Kisangani, Laboratoire de Palynologie, Anatomie du bois et la Biodiversité Forestière, B.P 2012 Kisangani, RD Congo

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Though the national Kahuzi-Biega Park be necessarily covered with a forest of well distinguished canopy; it also possesses disturbed areas. This work aims at studying the floristic composition of Ferns and Fern Allies to assess vegetation disturbances in the mountain forests (ranging from 1250 meters to 3000 meters) within the Kahuzi-Biega National Park. Comparisons of vegetation features were made both in disturbed and non-disturbed habitats. Data were collected within 24 plots differently located following the 3 vegetation altitudinal ranges (submontane, montane, afro-alpine) taken into account. In each plot, 4 sampling units of 1ha each were established. Collected data included abundance and dominance features of plant species (both Ferns and their Allies, as well as woody species), tree diameter (DBH), and canopy height, the average of vegetation cover per forest layer (stratum) as well as floristic patterns and species richness. We referred to CANOCO and R (version 2.10.1) softwares to perform our statistical analyses. Results showed that the 3 altitudinal ranges offer differences in their floristic composition. The considered plant features (height, diametric structure) also express variations when disturbed and non-disturbed habitats are taken into consideration. This is for example illustrated by significant differences (results based on a t-test, p-value = 0.007) when one considers the occurrence of Ferns and their Allies. Within stable habitats, Ferns and their Allies particularize themselves by rich and much diversified communities. However, disturbed habitats (following various causes of permanent aggression) face major changes into the floristic composition of their major canopy tree species.

KEYWORDS: Ferns, Fern Allies, Bio-indicators, Forest Structure, Kahuzi-Biega National Park.

RESUME: Bien que le Parc National de Kahuzi-Biega (PNKB) soit essentiellement couvert par une forêt à canopée bien distincte. Il possède aussi des milieux perturbés. Ce papier s'intéresse à la composition floristique des Ptéridophytes pour tester les perturbations sur la structure de végétation qui s'opèrent dans la zone des montagnes du PNKB. Nous avons réalisé des comparaisons entre deux types de milieux (perturbés et non perturbés) rencontrés sur la végétation qui s'échelonne entre 1250 à 3300 mètres d'altitude. Les données utilisées ont été récoltées dans 24 placettes à raison de huit placettes pour chacun des trois étages étudiés parmi lesquelles quatre ont subi une perturbation anthropique ou naturelle et quatre autres sont non perturbées. L'étude a été évaluée grâce à quatre relevés effectués dans chaque placette d'un hectare pour prélever les données d'abondance-dominance des espèces (Ptéridophytes, arbres et arbustes), la classe de diamètre (arbre et arbustes), la hauteur de la canopée, le recouvrement moyen par strate et la richesse floristique des arbres, arbustes et Ptéridophytes. Nous avons analysé et comparé la richesse des cormophytes en utilisant les logiciels CANOCO et R (version 2.10.1). Les résultats obtenus confirment une variation de la composition floristique dans les trois étages. La différence de la hauteur, distribution diamétrique (arbres et arbustes) et la présence des Ptéridophytes entre les milieux non perturbés et perturbés est très significative (test *t*, *p-value* = 0,007). Dans les parcelles stables, c'est-à-dire dans l'écosystème stable et mature, les Ptéridophytes constituent un peuplement très riche, diversifié. Une agression permanente se montre dans des parcelles perturbées et se traduit par une modification de la composition floristique de canopée et parfois l'appropriation du sous-bois.

MOTS-CLEFS: Ptéridophytes, bio-indicateurs, structure des forêts, Parc National de Kahuzi-Biega.

1 INTRODUCTION

Les forêts tropicales présentent des caractéristiques microclimatiques spécifiques propices au développement des végétaux [1,2]. Certains groupes végétaux (Orchidées, Bryophytes et Ptéridophytes) sont très fragiles face aux changements et modification de forêts [3-5]. Si le caractère primaire d'une forêt est prononcé, mieux sont établis les équilibres nécessaires au maintien des espèces de ces groupes de plantes. Pour satisfaire leurs grands besoins hydriques, eu égard à leur mode d'adaptation, ces espèces utilisent l'humidité ambiante et profitent de la pénombre forestière créée par la couverture de la canopée [6-8]. Elles peuvent ainsi servir d'indicateurs de milieux primaires, de la richesse et de la pauvreté spécifiques qui sont liées au degré de dégradation des forêts [1, 4, 9].

Ces espèces sont employées pour évaluer l'état de l'environnement et sont dites bio-indicateurs [10]. Les indicateurs biologiques ou bio-indicateurs sont des groupes ou des catégories d'espèces dont la vie dépend de la structure de leur habitat [2,9]. Certains auteurs [2,10, 11] ont démontré que la valeur, la diversité et le mode d'adaptation des bio-indicateurs sur la structure forestière sont considérés comme des facteurs écologiques permettant de comprendre le maintien de la stabilité d'un écosystème forestier [8,12].

Comme la plus part des forêts tropicales africaines, la forêt du Parc National de Kahuzi-Biega (PNKB, Fig. 1) a connu ces dernières décennies des multiples perturbations suite à la pénétration de la population qui s'y livre à des activités illégales (feux de brousse, le braconnage, l'entraînement des milices armées liées aux guerres à répétition dans la région). Toutes ces activités ont conduit au dégagement de la couverture de la canopée végétale [13, 14-16]. A cela, s'ajoute l'expansion rapide de la liane *Sericostachys scandens* qui détruit la composante arborescente dans l'étage de montagne [14-17]. Des pressions de plus en plus fortes exercées sur ce Parc se sont avérées extrêmes durant les années 90, entraînant sa reconnaissance comme Patrimoine Mondial en Péril par l'UNESCO en 1997 [13, 18].

L'objectif général de cet article est d'effectuer le diagnostic de l'état de cette forêt en considérant les Ptéridophytes comme indicateurs biologiques. Nous nous limiterons à la structuration de la végétation c'est-à-dire la distribution diamétrique et le recouvrement de la canopée des arbres et arbustes qui constituent l'ossature de la forêt. Et nous allons procéder à l'inventaire des Ptéridophytes sur deux milieux distincts (perturbés et stables) le long de trois étages (submontagnard, montagnard et afro-subalpin) qui constituent le gradat altitudinal des montagnes du PNKB.

2 METHODOLOGIE D'ETUDE

2.1 MILIEU D'ETUDE

Le Parc National de Kahuzi-Biega (PNKB), créé en 1970, se trouve dans la partie Sud de la chaîne Kivu-Ruwenzori d'axe NNE-SSW ou y vit l'une des dernières populations de gorilles (*Gorilla beringei graueri*) de montagne à plus de 2 000 m d'altitude [19]. Il a une superficie de 6000 km² (Fig.1) et se trouve entre les deux centres d'endémisme guinéo-congolais et afro-montagnard. Il comprend 2 sommets principaux qui sont des volcans éteints (Kahuzi d'une altitude de 3326 m et le Biega d'une altitude de 2790 m) longeant à l'Ouest du Rift Albertin [20].

Sur base de leur physiologie et de leur composition floristique, en fonction de l'altitude, les forêts du PNKB forment les étages planitiaire (678-1250 m), submontagnard (1250-1700 m), montagnard (1700-2600 m) et afro-subalpin (2600-3326 m), [20].

Dans son ensemble la région bénéficie de climats de montagne (du type Cf de Köppen), avec des pluies abondantes, oscillant entre 1750-2000 mm par an [21] et l'humidité atmosphérique est constamment élevée parallèlement à la variation de la couverture nuageuse. La durée de la saison sèche ne dépasse pas deux mois, [22]. La température varie selon l'altitude, l'humidité atmosphérique est constamment élevée et le sol est superficiel et acide [20-22].

2.2 RECOLTE DES DONNEES

Les données ont été récoltées dans 24 placettes (Fig.1) installées dans trois étages de la végétation (étage submontagnard, montagnard et afro-subalpin) du PNKB. En ciblant deux types de milieux : stables et perturbés. Les milieux stables sont ceux évoluant sans aucune perturbation tant naturelle qu'artificielle et ayant parfois atteint leur stade climax (M.S.). Ce sont des forêts à canopée fermée. Les milieux perturbés (M.P.) sont ceux où l'action anthropique est clairement visible, la canopée ouverte et le recouvrement faible. Les arbres et arbustes à *dbh* « *Diameter at breast height* » ≥ 10 cm, ≥ 30 et ≥ 50 cm ont été inventoriés dans les mêmes parcelles que les Ptéridophytes en se basant sur des mesurages de la circonférence prises à 130 cm au-dessus du sol.

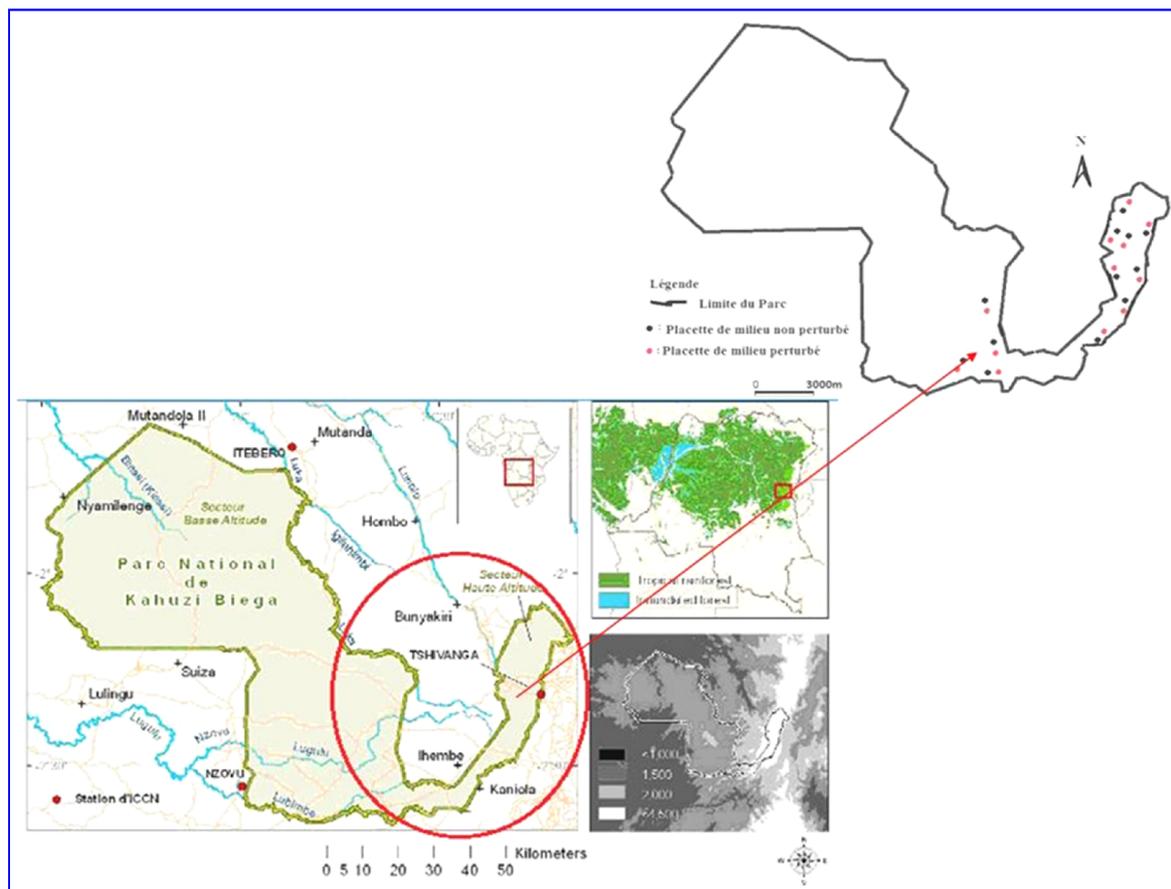


Fig. 1. Carte du Parc National du Kahuzi-Biega (Source : Mangambu [18]) et localisation du PNKB dans la carte de la RDC. Le cadre rouge indique la zone d'investigation de la présente étude et à droite la localisation des placettes dans le site d'étude

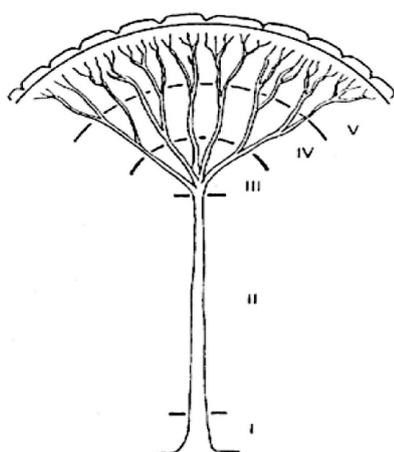
En vue d'éviter l'effet de lisière pendant la récolte des données, nous avons considéré la taille de 25 m x 25 m pour le relevé ; avec un total de 16 relevés dans une placette. L'inventaire fut effectué uniquement sur quatre relevés qui remplissaient les conditions citées ci-haut (stabilité ou de perturbation). Pour chaque relevé, nous avons mentionné l'abondance-dominance des Ptéridophytes (Braun-Blanquet, 1941 fide [20]) de chaque strate et des plantes arborescentes et arbustives suivant l'échelle de Dufrene [23] reprise dans le tableau 1 ci-dessous.

Les espèces observées en dehors des limites strictes du relevé mais toujours au sein de la même station ont été incorporées dans la liste floristique du relevé mais elles ont été présentées dans le tableau final avec une abondance de 0 et un coefficient 0,5 pour permettre de réaliser les analyses [24]. Les autres caractéristiques floristiques relevées étaient la hauteur de la canopée, le *dbh* ainsi que les pourcentages de recouvrement des strates arborescentes et arbustives (pourcentage estimé pour l'ensemble des espèces dans le relevé).

Nous avons catégorisé les épiphytes, conformément à la méthode de stratification de Johansson [25] qui reconnaît les cinq strates ci-après (fig. 2).

Tableau 1. Correspondance des échelles d'abondance-dominance d'une espèce dans le relevé se trouvant dans la placette.

Braun – Blanquet (1947)	Recouvrement moyen (en %)	Dufrêne (2003)	Recouvrement moyen (en %)	van der Maarel (1979)	Recouvrement moyen (en %)
-	-	-	-	0,5	0,5
r	0,1	1	0,1	1	1
+	0,5	2	0,2	2	2
1	3	3	2,5	3	3,5
-	-	-	-	4	7,5
2	15	5	15	5	12,5
-	-	-	-	6	20
3	37,5	7	37,5	7	37,5
4	62,5	8	62,5	8	62,5
5	87,5	9	87,5	9	85



Légende : I : La partie basale du tronc, de 0 à 3 m, occupée par les épiphytes sciaphiles et hygrophiles ;

II : Le tronc au-dessous de 3 m jusqu'aux premières ramifications, strate occupée par des épiphytes capables de s'accrocher au tronc et par les héli-épiphytes ;

III : La partie basale des branches, représentant le premier tiers de leur longueur, occupée par les Ptéridophytes accompagnés de quelques Orchidaceae ;

IV : La partie moyenne des branches, deuxième tiers de leur longueur, strate où prédominent des Orchidaceae épiphytes et

V : Le tiers distal des branches, strate colonisée essentiellement par les lichens.

Fig. 2. Stratification le long d'un individu phorophyte [25].

2.3 LES IDENTIFICATIONS DES ESPÈCES ET ANALYSE DES DONNÉES

Les identifications des espèces récoltées sur le terrain ont été vérifiées au Jardin Botanique National de Belgique (BR) et de l'Université de Wageningen (WAG). Les noms des plantes à fleurs ont été vérifiés à l'aide de travaux de Lebrun et Stork [26] et pour les Fougères et leurs alliées, nous avons utilisé le livre Roux [27] par les systèmes basés sur l'approche phylogénétique tenant compte des données de la botanique systématique moléculaire [28].

L'adaptation de la ptéridoflore au sein des communautés végétales où les placettes ont été établies, en étudiant d'abord la richesse spécifique (RS) qui est le nombre total d'espèces observées. Nous avons mis en évidence les principaux facteurs influençant la répartition des espèces de ptéridophytes (M.S. et M.P) dans l'espace entre les deux types de milieux (M.S. et M.P) a été soumis dans l'ensemble des relevés par une DCA (Detrended Correspondence Analysis, [29]) qui permet de réaliser leur ordination en tenant compte des abondances spécifiques et de la richesse floristique des Ptéridophytes suivant les critères de recouvrement grâce au programme CANOCO, version 4.5 [30].

La comparaison des moyennes des abondances a été réalisée en utilisant le test *t* de Student à partir du logiciel R version 2.9.2 pour la comparaison des traits floristiques quantitatifs de présence-abondance entre les deux types de milieux d'observation sur les trois étages parcourus. La régression linéaire a été appliquée à l'aide du programme STATISTICA afin de rendre compte du degré de dépendance de la richesse en Ptéridophytes par rapport au recouvrement. Les résultats significatifs si $P < 0,001$ [31].

3 RÉSULTATS

3.1 RICHESSE ET COMPOSITION FLORISTIQUE EN PTERIDOPHYTES

Au PNKB, les Ptéridophytes se répartissent suivant deux gradients : l'un, horizontal (plantes terrestre) et l'autre, en relation avec la stratification (épiphytes). Dans les placettes délimitées suivant les deux types de milieux d'observation, nous avons inventorié 145 espèces de Ptéridophytes.

Ces résultats globaux issus de trois étages montrent que la majorité des espèces sont terrestres, sciaphytes (66 espèces, soit 45,51%), enracinées sur le sol ou fixées sur des roches dans le sous-bois. D'autres espèces (51 ; soit 35,17%) sont épiphytes, le plus souvent se trouvant sur la moitié inférieure des troncs (strates I et II) ou alors germant sur la partie basale des branches du phorophyte (strate III) et, le plus souvent, avec un mode de croissance et de développement propre aux épiphytes strictes même si, pour certains, ce mode de vie peut être accidentel. Un taux de 11,72% (soit 17 espèces) sont tantôt terrestres tantôt épiphytes. On note aussi la présence de six espèces (4,14%) terrestres et hygrophytes. La majorité de ces espèces vivent dans les bas-fonds ou sur les pentes à la décente des marais ou des rivières et parfois au bord de ces dernières. Trois espèces aquatiques (*Azolla nilotica*, *A. pinnata* et *Marsilea minuta*) soit 2,08% ont été recensées. Deux espèces (*Antrophyum mannianum* et *Asplenium friesiorum*), soit 1,37% sont à la fois épiphytes-terrestre et hygrophytes (Annexes 1 et 2).

3.2 DIFFERENCE FLORISTIQUE ET ADAPTATION DES PTERIDOPHYTES

Parmi les 106 espèces de Ptéridophytes inventoriées dans les huit placettes de l'étage submontagnard (Fig.3), la plupart sont terrestres (63 espèces, soit 57,14%), et le reste sont soit des épiphytes (41 sur 106 espèces ; soit 41,26%) soit aquatiques (deux espèces ; soit 1,6%) comme *Azolla nilotica* et *A. pinnata* var. *africana*.

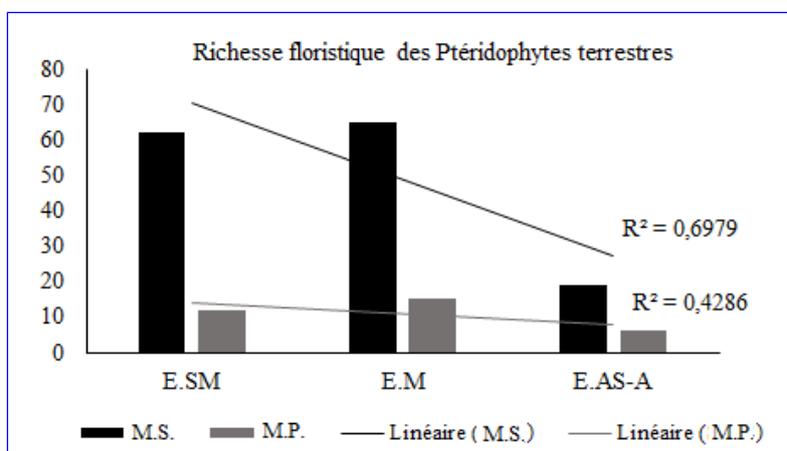


Fig. 3. Richesse floristique des Ptéridophytes terrestres : comparaison entre les milieux stables et perturbés

Dans l'étage montagnard, les espèces terrestres sont plus nombreuses (65 sur 127 espèces ; soit 44,52%) que les espèces épiphytes (61 espèces sur 127 ; soit 54,74%) et une seule espèce hydrophyte a été observée, *Marsilea minuta*. Dans l'étage afro-subalpin, la majorité des Ptéridophytes sont des épilithes (26 espèces sur 45 ; soit 59,25%) alors que le reste (19 espèces sur 45 ; soit 40,74%) est constitué d'espèces épiphytes.

Les mêmes résultats montrent une différence significative dans les milieux stables ($R^2 = 0,69$) des Ptéridophytes terrestres dans les trois étages parcourus tandis que la différence n'est pas significative dans les milieux perturbés ($R^2 = 0,42$).

3.3 ANALYSE DES CARACTERES STRUCTURAUX DE LA VEGETATION

Nous avons relevé la richesse spécifique et le recouvrement moyen de la végétation au niveau des strates arborescente et arbustive ainsi que pour les Ptéridophytes. Les résultats présentés dans le tableau 2 montrent que dans les milieux stables,

le nombre d'espèces recensées dans les trois catégories de plantes (Arbres, arbustes et Ptéridophytes) observées est supérieur au nombre d'espèces rencontrées dans les milieux perturbés (Tableau 2 et Annexes 1,2, et 3).

L'abondance des arbres, la distribution diamétrique des arbres et des arbustes (Fig.4) et le recouvrement du site influencent l'abondance des Ptéridophytes y compris dans l'étage afro-subalpin, où le recouvrement des plantes et la classe de diamètre des arbres et arbustes sont faibles, mais qui présente un taux de Ptéridophytes considérable. Dans toutes les placettes perturbées, le recouvrement et la présence des Ptéridophytes sont plus faibles que dans les milieux non perturbés. Dans l'étage afro-subalpin la distribution diamétrique n'est pas bien représentée, le recouvrement est très faible, la richesse ptéridologique est relative moindre par la réduction considérable des arbres.

Tableau 2. Caractéristiques floristiques des milieux perturbés (M.P.) et stables (M.S.)

Caractère floristique	Etage submontagnard		Etage montagnard		Etage afro-subalpin	
	M.S.	M.P.	M.S.	M.P.	M.S.	M.P.
Richesse en Ptéridophytes	101	46	114	51	52	12
Richesse d'arbres	29	12	36	9	5	0
Richesse des arbustes	59	9	62	16	5	2
Recouvrement moyen (%)	69±49,6	12,8±8,3	68,2 ±50,4	9±6,1	8±16.6	0,9±1,9
Hauteur moyenne de la canopée (m)	33,5±16,5	10,5±8,5	22,5±13,5	8,3±6,5	8,3±5,5	0
Recouvrement moyen des Ptéridophytes (%)	0,1	1,85%	2,5	1,5	0	0

Une comparaison faite à l'aide du test *t* de Student montre que, dans tous les étages, la hauteur moyenne de la strate arborescente des milieux stables est significativement plus élevée que celle de la strate arborescente des milieux perturbés (*p-value* = 0,007). Ceci se justifierait par le fait que les milieux perturbés sont pauvres en espèces (Arbres, Arbustes et Ptéridophytes) et la canopée est ouverte, le *dbh* des arbres et arbustes réduites tandis que les milieux non perturbés sont plus diversifiés et toutes les classes de diamètres sont bien représentées et la canopée est fermée.

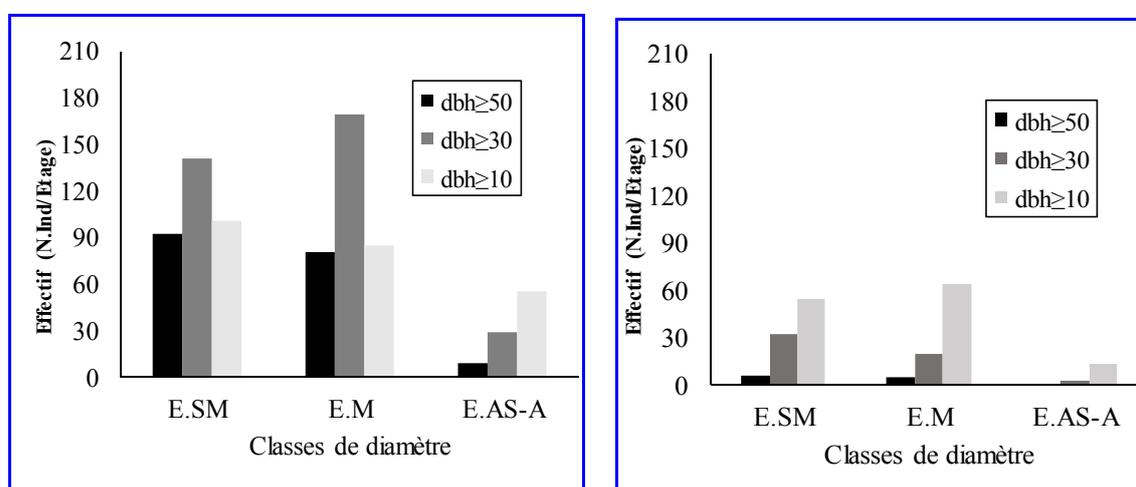


Fig. 4. Distribution diamétrique des arbres et arbustes en milieux non perturbés (gauche) et distribution diamétrique des arbres et arbustes en milieux perturbés (droite).

Légende : E.SM= étage submontagnard ; E.M= étage montagnard et EAS-A= étage afro-subalpin

Les caractères structuraux de la végétation au niveau des étages se présentent de la manière suivante :

Au niveau de l'étage submontagnard : Dans les milieux perturbés de cet étage, la majorité des arbres et arbustes ont de $dbh \geq 10$ cm et ≥ 30 cm, la canopée à recouvrement faible avec quelque pied d'arbres à classe diamétrique ≥ 50 cm (Fig. 4 et tableau 3). Dans les milieux stable, nous avons constaté une dominance des grands arbres avec un recouvrement considérable (tableau 2) et toutes les classes de diamètre sont bien représentées (fig. 4) avec une présence remarquable des Fougères et leurs alliées dans le sous-bois. L'analyse de Student calculée est significative entre la diversité observée en canopée ouverte et en canopée fermée (p -value = 0,00514).

Tableau 3. Espèces caractéristiques de l'étage submontagnard en rapport avec les classes diamétriques

M.P	Classe diamétrique et Arbres caractérisés		
	≥ 10 cm	≥ 30 cm	≥ 50 cm
	<i>Rytiginia</i> spp, <i>Vernonia</i> spp., <i>Kotschyia africana</i> <i>Rubus</i> spp. , <i>Mikania</i> spp. et <i>Microglossa</i> spp.	<i>Albizia adianthifolia</i> , <i>Dombeya rotundifolia</i> , <i>Macaranga schweinfurthii</i> , <i>Markhamia lutea</i> et <i>Spathodea campanulata</i>	<i>Polyscias fulva</i>
M.S	<i>Memecylon walikalense</i> et les diverses <i>Rubiaceae</i> .	<i>Garcinia</i> spp, <i>Lebrunia bushaie</i> , <i>Newtonia buchanani</i> , <i>Carapa grandiflora</i> , <i>Chrysophyllum rwandense</i> , <i>Pentadesma lebrunii</i> , <i>Ocotea</i> spp et <i>Parinari curatellifolia</i>	<i>Carapa grandiflora</i> et <i>Pentadesma lebrunii</i> , <i>Strombosia scheffleri</i> et <i>Symphonia globulifera</i>

Au niveau de l'étage montagnard : on remarque les effets de la perturbation, la majorité des arbres et arbustes ont un $dbh \geq 10$ cm ou ≥ 30 cm et une canopée ouverte (Fig. 4, tableau 4). Signalons aussi la présence remarquable de clairières à *Sericostachys scandens*. On note la présence de formations sclérophylles résultant de l'abattage du manteau forestier primitif et formant une strate supérieure de 6-10 m de hauteur, au-dessus d'une strate herbacée où se retrouvent *Pteridium aquilinum*, *Asplenium friesiorum* et *Melinis minutiflora* (Angiosperme). Mais, dans les milieux stables des horizons moyen et supérieur en sol hydromorphe sont dominés par de grandes essences à $dbh \geq 30$ cm ou ≥ 50 cm (Fig. 4). Le sous-bois est riche en héli-épiphytes, généralement des Ptéridophytes et diverses autres épiphytes. Les résultats ici de l'analyse de Student calculée est significative entre la diversité des Ptéridophytes observée dans les deux canopées (ouverte et fermée), p -value = 0,0084).

Tableau 4. Espèces caractéristiques de l'étage montagnard en rapport avec les classes diamétriques

M.P	Classe diamétrique et Arbres caractérisés		
	≥ 10 cm	≥ 30 cm	≥ 50 cm
	<i>Hypericum lanceolatum</i> et <i>Vernonia</i> spp.,	<i>Macaranga neomildbreadiana</i> , <i>Croton</i> spp., <i>Dombeya goetzenii</i> , <i>Hagenia abyssinica</i> , <i>Sapium ellepticum</i> , <i>Maesa lenceolata</i> , <i>Agauria salicifolia</i> et <i>Myrica salicifolia</i>	<i>Polyscias fulva</i> et <i>Agauria salicifolia</i>
M.S	<i>Cyathea</i> spp. <i>Alchornea hirtella</i> , <i>Rapanea melanophloeos</i> , <i>Xymalos monospora</i> , <i>Nuxia floribunda</i> <i>Chassalia</i> spp., <i>Oxyanthus</i> ssp et <i>Pauridiantha paucinervis</i>	<i>Bersama abyssinica</i> , <i>Carapa grandiflora</i> , <i>Chrysophyllum gorungosamum</i> , <i>Ekebergia rueppeliana</i> , <i>Entandophragma</i> spp., <i>Ficalhoa laurifolia</i> , <i>Parinaria exelsa</i> , <i>Podocarpus</i> spp., <i>Strombosia scheffleri</i> , <i>Symphonia globulifera</i> et <i>Syzygium</i> spp.,	<i>Carapa grandiflora</i> , <i>Chrysophyllum gorungosamum</i> , <i>Entandophragma</i> spp., <i>Ficalhoa laurifolia</i> , <i>Podocarpus</i> spp., <i>Strombosia scheffleri</i> et <i>Symphonia globulifera</i>

Au niveau de l'étage afro-subalpin : les espèces caractéristiques de la strate sous-arbustive des milieux perturbés sont presque absentes, mais on remarque quelques pieds d'arbustes et sous -arbustes à $dbh \geq 10$ cm (Fig. 4 et tableau 5). Tandis que dans les milieux stables, de nombreux pieds sont observés à $dbh \geq 10$ cm. On constate parfois la présence sporadique de *Podocarpus* spp., *Syzygium* spp. et des lianes du genre *Schefflera* à $dbh \geq 30$ cm et/ou parfois à $dbh \geq 50$ cm (Fig. 4). Les résultats ici d'analyse de Student t calculée est significative entre la diversité des Ptéridophytes observée dans les deux canopées (ouverte et fermée), p -value = 0,0067).

Tableau 5. Espèces caractéristiques de l'étage afro-subalpin en rapport avec des classes diamétriques

M.P	classe diamétrique et Arbres caractérisés		
	≥10 cm	≥30 cm	≥50 cm
	<i>Hypericum revolutum</i> , <i>Lobelia gibberoa</i> et <i>Vaccinium stanleyi</i> ,	<i>Erica</i> spp., <i>Galinierea coffeoides</i> et <i>Syzygium</i>	
M.S	<i>Erica</i> ssp., <i>Galinierea coffeoides</i> et <i>Rytigynia bridsonii</i>	<i>Erica arborea</i> , <i>Podocarpus</i> spp., <i>Syzygium</i> spp. <i>Schefflera</i> spp.	<i>Podocarpus falcatus</i> , <i>Syzygium</i> spp.

3.4 RICHESSE DE LA PTERIDOFLORE SUIVANT LA DISTRIBUTION VERTICALE ET L'ÉPIPHYTISME

Le nombre d'espèces épiphytes inventorié dans les milieux perturbés est inférieur à celui des espèces rencontrées dans les milieux stables caractérisés par un recouvrement élevé et présence de toutes les classes de diamètre (Fig.5 et tableau 2). La Fig. 6 montre que dans les deux milieux, ce sont des héli-épiphytes qui dominent et sont suivies des héli-épiphytes semi-strictes. Les épiphytes proprement dites sont quasi absentes dans les milieux perturbés suite à un couvert végétal faible impliquant un manque d'ombrage.

En ce qui concerne la distribution verticale des épiphytes suivant l'échelle de Johansson [25], on observe que les Ptéridophytes épiphytes ne sont pas distribuées de la même manière sur les phorophytes suivant les placettes étudiées (Fig.7). Dans les parcelles stables, les Ptéridophytes épiphytes atteignent le niveau V, sauf au sein de l'étage afro-subalpin. Le nombre d'épiphytes décroît de la base vers le sommet du phorophyte. Dans les milieux perturbés où la canopée des arbres est généralement ouverte, aucune espèce de Ptéridophyte épiphyte n'a été identifiée aux niveaux IV et V. Dans ces milieux, quelques espèces épiphytes ont été uniquement identifiées au niveau I, à la base de l'hôte. Comme dans l'étage afro-subalpin, le nombre d'espèces inventoriées dans les milieux perturbés diminue progressivement de la base vers le sommet des phorophytes (tableau 2).

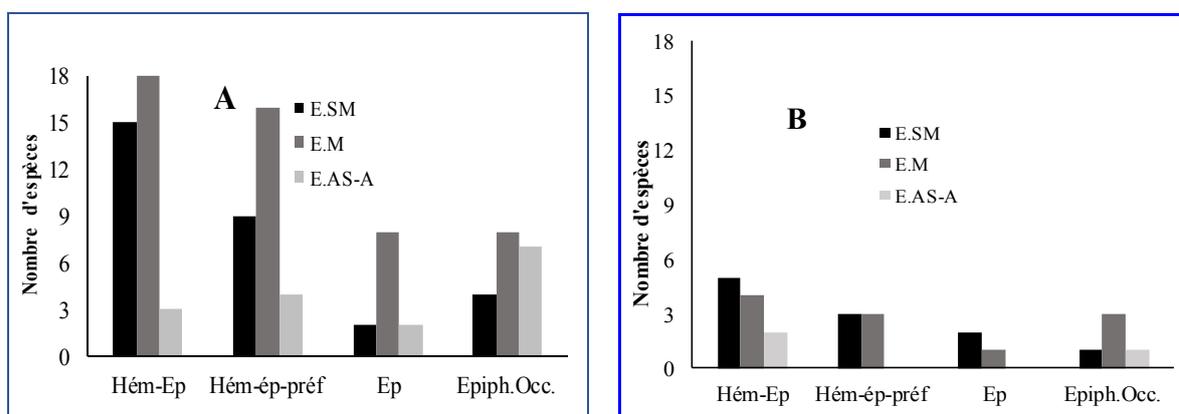


Fig.6. Richesse des Ptéridophytes épiphytes sur les sporophytes en milieux stables (A) et perturbés (B).

Légende : Hém-Ep : Héli-épiphytes, Hém-ép-préf : Héli-épiphytes préférentielles, Ep : épiphytes et Ehip occ : épiphytes occasionnelles

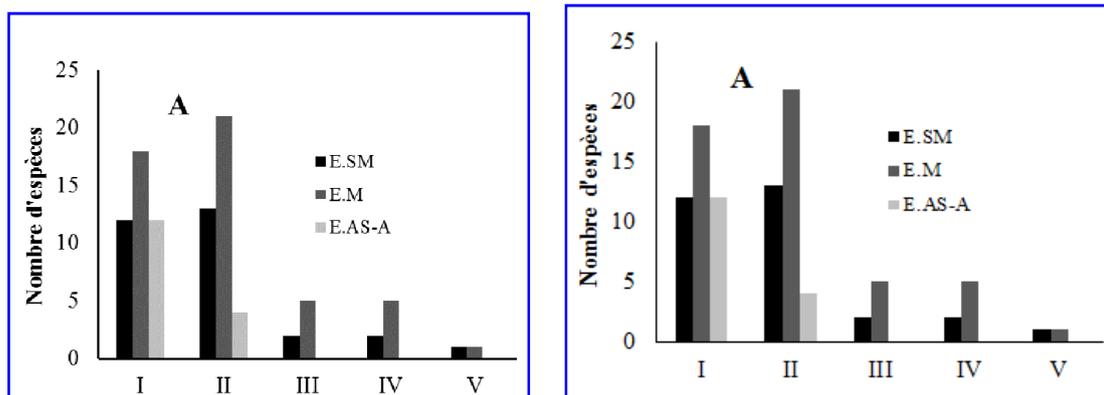


Fig. 7. Distribution verticale des épiphytes dans les placettes non perturbées (A) et perturbées (B).

3.5 NATURE MULTI-VARIEE DES PLACETTES SUIVANT LA RICHESSE EN PTERIDOPHYTES

L'analyse de la composition floristique des placettes des milieux perturbés (M.P.) et stables (M.S.), toutes strates confondues, a permis d'individualiser 24 placettes (Fig. 8). En général, dans les placettes des milieux non perturbés, les compositions floristiques sont presque les mêmes dans les deux premiers étages (submontagnard et montagnard, avec un test *t* de Student, *p-value* = 0.0072).

Les mêmes observations ont été faites dans les deux premiers étages au niveau des placettes de milieux perturbés (test *t* de Student, *p-value* = 0,0064). Pourtant, nous avons aussi constaté que les résultats obtenus dans milieux stables de l'étage afro-subalpin sont proches de ceux des milieux perturbés de deux étages précédents (test *t* de Student, *p-value* = 0,0056, Fig.8). C'est dû à un recouvrement et à la distribution diamétrique faible des arbres *dbh* ≥ 50 cm (Fig. 4) qui rapprochent les deux premiers milieux perturbés par leur richesse floristique en ptéridoflore et qui sont habituellement doté d'un faible taux de phorophytes potentielles.

Cependant, le résultat de l'analyse multi-variée des milieux, suivant la composition floristique des Ptéridophytes dans les 24 placettes (Fig.8), catégorise nettement les placettes de milieux perturbés et non perturbés et montre une corrélation entre la richesse des Ptéridophytes et la diversité et le *dbh* dans les strates arborescentes et sous arborescentes.

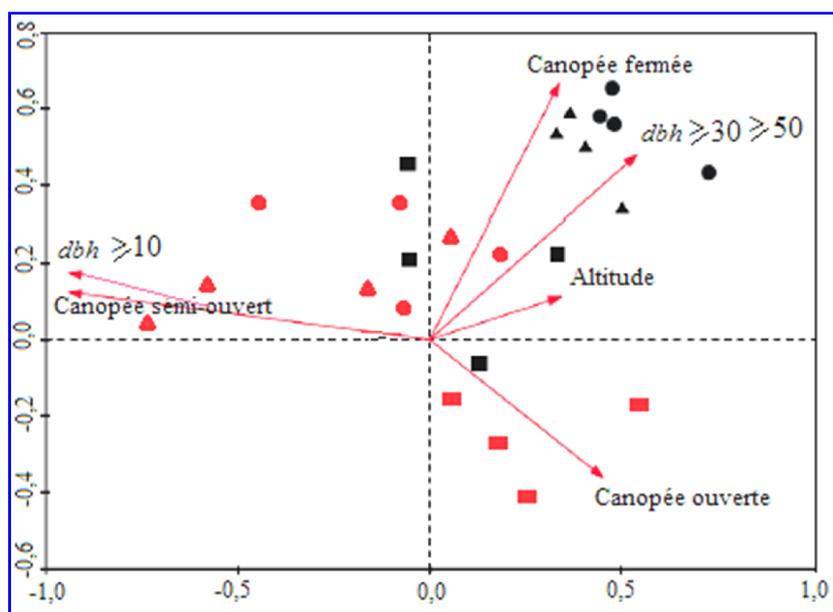


Fig. 8. Analyse multi-variée des milieux suivant la composition floristique des Ptéridophytes et des arbres dans les 24 placettes (12 en milieu perturbé et 12 en milieu stable mais dans chaque étage 4 [M.P] et 4 [M.S]). Les paramètres structuraux analysés sont l'abondance-dominance des espèces suivant l'échelle de van der Maarel, le pourcentage de recouvrement de la canopée et la présence ou l'absence des Ptéridophytes dans ces milieux.

Légende : - carre rouge : M.P. de l'étage afro-subalpin, - carre noir : M.S. de l'étage afro-subalpin, - triangle rouge : M.P. de l'étage montagnard, - triangle noir : M.S. de l'étage montagnard, - rond rouge : M.P. de l'étage submontagnard et - rond noir : M.P. de l'étage submontagnard

4 DISCUSSION

4.1 RICHESSE FLORISTIQUE DES PTERIDOPHYTES SUR LES DIFFERENTS TYPES DE FORETS

Les changements d'occupations des sols sont la première cause de déclin de la biodiversité [32]. Ces changements, liés aux pratiques agricoles et forestières au braconnage, modifient le contour des forêts et augmentent la proportion de clairières et lisières dans les paysages agroforestiers [13,33]. Pour autant, ces effets sur la biodiversité sont encore méconnus au PNKB. Les travaux de Masumbuko et al. [16] amorcent le développement d'une théorie sur les discontinuités écologiques dans différents systèmes et à diverses échelles. Ces auteurs soulignent la nécessité de comparer les structures et les modifications causales, à des échelles et des sites spécifiques, pour alimenter les synthèses sur l'influence de ces entités particulières du paysage. Dans ce contexte, la présente étude contribue à une meilleure compréhension des effets de la stabilité et dégradation sur la biodiversité végétale, par l'étude des patrons de distribution des Ptéridophytes, en réponse à la diversité de ces discontinuités dans la structure des plantes ligneuse.

Les résultats globaux obtenus montrent que les Ptéridophytes sont plus représentés et diversifiés dans les milieux stables (78% de la flore totale) que dans les milieux perturbés (22%), y compris dans l'étage afro-subalpin où la distribution diamétrique des arbres et arbustes, la richesse floristique et le recouvrement sont plus faibles. C'est dû à l'interaction de divers facteurs écologiques qui agissent simultanément sur les différences floristiques, notamment le degré d'anthropisation des forêts, facteur essentiel dans la région et la perturbation de la structure de la végétation suite à une action prononcée de certaines plantes envahissantes [33,34].

En ce fait, la richesse floristique des Ptéridophytes varie beaucoup selon les changements des conditions abiotiques des milieux, expliquant pourquoi certaines espèces de Ptéridophytes sont considérées comme bio-indicatrices [33,35, 36]. Et, nous confirmons donc l'hypothèse de Maizi *et al.* [37], selon laquelle les espèces considérées comme bio-indicatrices fournissent des informations quantitatives et qualitatives qui rendent possible la caractérisation de l'environnement ou l'un des principaux composants de la structure floristique [35], de la diversité spécifique, de l'architecture de la forêt et de l'habitat [25,34,36].

4.2 ADAPTATION DES PTERIDOPHYTES AUX MODIFICATIONS DE LA STRUCTURE DE LA VEGETATION ADAPTATION DES PTERIDOPHYTES TERRESTRES

La richesse spécifique élevée des arbres est fortement liée à la grande complexité des forêts tropicales humides [1, 36,38]: elle en est à la fois la cause et la conséquence, par l'intermédiaire de très nombreuses interactions entre le peuplement arborescent et toutes les autres composantes de l'écosystème (sol, champignons, flore, faune, microorganismes et atmosphère, [1, 36,39]. C'est ainsi que nous avons remarqué que les modifications du microclimat et de l'habitat propice, qui ont été provoquées par l'ouverture de la canopée, ont permis à certaines espèces de Ptéridophytes, considérées comme envahissantes, d'occuper de larges étendues et de former des lisières. C'est le cas par exemple des espèces *Asplenium friesiorum*, *Nephrolepis undulata*, *Odontosoria africana*, *Pteridium aquilinum* qui ne permettent pas le développement d'autres espèces végétales. La majorité de ces espèces de lumière est déjà présente dans la forêt primaire où elles sont encore rares ou simplement localisées au niveau des ouvertures naturelles et elles peuvent aussi former de larges peuplements dans le sous-bois, stoppant parfois la dynamique de la végétation pour une longue période.

D'après Habiyaremye [40] et Fontaine et Lavergne [41], *Pteridium aquilinum* et *Pseudocyclosorus pulcher* secrètent des substances toxiques, avec des rhizomes encombrant qui diminuent la biodiversité et ne favorisent pas le dynamisme floristique. Mais, les espèces du genre *Cyathea* participe e dans la dynamique de reconstitution des forêts ombrophiles de terre ferme. Mangambu et al., [20] ont admis aussi hypothèse sur leurs recherches dans la zone des montagnes au PNKB.

ADAPTATION DES PTERIDOPHYTES EPIPHYTES

Les résultats obtenus montrent que les épiphytes s'adaptent mieux dans les milieux stables que dans les milieux instables en général [1, 4,42]. Donc nous confirmons que l'ouverture de la canopée permet la pénétration de la lumière et augmente l'hétérogénéité dans le milieu forestier comme évoqué par certains auteurs : Sonké et al. (2001), [32, 37].

Par ailleurs, Masumbuko et al. [16] et Noiha et al. [43] eux ont rapporté que lorsque la forêt dense est sauvée perturbée par un ouragan, des lianes susceptibles d'étouffer. De cette manière, les autres plantes se sont installées et qu'il ne s'agit pas seulement des suites aux effets des vents, mais aussi par l'action des activités humaines. Nous pensons que c'est cela qui a aussi déstabilisé ces milieux perturbés de manière à affecter la distribution de la population des Ptéridophytes épiphytes qui est devenue pauvre.

Suivant la stratification, le constat est que la répartition des épiphytes est inégale dans les différentes strates des arbres porteurs (Fig. 7). Les milieux stables enregistrent un grand nombre d'espèces de la ptéridoflore épiphyte. Elles représentent 100% dans l'ensemble avec la séquence suivante : I > II > III > IV > V (Fig. 7) alors que dans les milieux perturbés, elles couvrent seulement 34,9% avec seulement trois séquence (I > II > III). C'est conforme aux résultats de Noiha et al. [44], selon lesquels la pauvreté en flore épiphytique peut être justifiée par le fait que des épiphytes sont rares dans les endroits les plus exposés, par le fait qu'ils sont soumis à de fortes variations de température et à une forte évapotranspiration. Zapfack [4] et Sonké et al. [45] stipulent qu'il existe une relation étroite entre les Ptéridophytes et les phorophytes sous des conditions particulières du climat, la nature de l'écorce de l'hôte, la capacité de rétention d'eau et l'adaptabilité de la spore dans son milieu.

4.3 ANALYSE CRITIQUE DU CONCEPT DE BIO-INDICATION DES PTERIDOPHYTES DU PNKB

L'utilisation de la bio-indication a pour but de fournir des conclusions sur les conditions environnementales à partir des caractéristiques de la végétation mais ne considère pas la totalité de la complexité des systèmes étudiés. Les démarches et résultats obtenus sont limités par le manque de connaissances sur le comportement des Ptéridophytes vis-à-vis des conditions de la structure de la végétation et l'écologie générale des espèces étudiées. Il convient de signaler que seules quelques variables environnementales étaient prises en compte, à savoir l'altitude, la classe de diamètre des arbres et arbustes et la couverture de la canopée.

Les résultats obtenus montrent qu'il y a peu d'information sur la diversité, l'abondance et l'adaptation des Ptéridophytes dans des conditions des perturbations ou de l'ouverture de la canopée. Normalement, pour affirmer cette hypothèse de la bio-indication nous pourrions tenir compte d'autres facteurs environnementaux comme le climat, [1, 38, 46] l'influence du sol et de la géologie [47]. Mais la structure générale des arbres ont des fortes influences sur la distribution des Ptéridophytes sur les arbres ([2,9, 33, 43, 47, 48]. Mais Heink [9] et Gradstein [49] explicitent que quelques soit le nombre de facteurs environnementaux utilisés, la perturbation de l'habit naturel a des effets négatifs sur la richesse floristique des Ptéridophytes et d'autres groupes comme les orchidées et les Bryophyte [38, 50, 51,52]. Les études menées dans les forêts des Philippines, en Bolivie, au Costa Rica, en Colombie, au Pérou et en Guyane française ont confirmé l'emploi des Ptéridophytes comme l'une des principales indicatrices biologiques en forêt tropicale [2,47].

Ainsi, il a été mis en évidence que les patrons de composition des espèces de Ptéridophytes sont fortement corrélés avec ceux des espèces arborescentes à différentes échelles spatiales [1,47, 53]. Aux Philippines, la distribution des Ptéridophytes est dépendante de la composition floristique ainsi que de la structure de la végétation ligneuse le long de la pente, [46]. Au Costa Rica, la distribution des Ptéridophytes montre un pic de diversité aux altitudes moyennes, fortement corrélée avec les variables climatiques telles l'humidité et la température [52].

Les Ptéridophytes ont également été utilisées pour dresser une classification de la végétation au Pérou. Ainsi, quatre types forestiers y ont été identifiés entre les forêts inondées et les forêts de terre ferme [32]. En utilisant les Ptéridophytes sur une base phytosociologique, des milieux ont été décrits sur les Monts Atachi-Bacca et ces études ont confirmé les Ptéridophytes comme des indicateurs de la biodiversité de cet écosystème [6]. Par ailleurs, Delettre et Butet [54] ont démontré que la proportion relative des Ptéridophytes, tout comme celle des Monocotylédones, augmente proportionnellement avec le caractère hostile de l'environnement (sécheresse et hydromorphie).

5 CONCLUSION

Le PNKB joue depuis longtemps un rôle crucial au niveau des stratégies internationales de conservation de la nature malgré son statut de site en péril depuis 1997 (Anonyme 2010a). Cette étude permet de dégager des résultats originaux concernant la dynamique du peuplement des Ptéridophytes dans un écosystème déstabilisé à la suite des activités illégales. Dans les parcelles stables, c'est-à-dire dans l'écosystème stable et mature du PNKB, les Ptéridophytes constituent un peuplement très riche, diversifié et stable. Une agression permanente se montre dans des parcelles perturbées et se traduit par une modification de la composition floristique de canopée et parfois l'appropriation du sous-bois. Les espèces sciaphiles et moins tolérantes disparaissent, tandis que le milieu s'enrichit en espèces envahissantes.

Les résultats obtenus confirment l'intérêt des Ptéridophytes comme indicateurs biologiques des montagnes du PNKB, et mettent également en évidence le rôle majeur joué par l'ensemble des arbres dominants, aussi bien au niveau de la structure que de la diversité des strates arborescentes. Ce compartiment charnière reflète le niveau de diversité des strates arborescentes. Il peut donc valablement servir comme indicateur lors de l'élaboration des plans d'aménagement du PNKB. Par ailleurs, des inventaires supplémentaires sont nécessaires pour notre étude dans la partie de basse altitude afin de compléter les données pour le site entier. Aussi une meilleure prospection dans notre zone d'étude en général permettra de confirmer et d'augmenter parfois les données de nos résultats et de proposer des mesures de conservation et gestion adéquates de cette aire protégée. Ainsi, il serait aussi intéressant d'envisager les études sur la dynamique de certaines espèces de Ptéridophytes qui sont menacées par la population locale et ou formant des larges groupements dans le PNKB.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier la Direction Générale de la Coopération au Développement Belge (DGCD), à travers la Coopération Technique Belge (BTC/CTB) et l'Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique (IRScNB) pour l'appui financier. Nous exprimons nos vives reconnaissances aussi aux responsables du PNKB pour leurs appuis logistiques.

REFERENCES

- [1] M. Paciencia et Prado J., 'Effects of Forest Fragmentation on Pteridophyte Diversity in a Tropical Rain Forest in Brazil,' *Plant Ecology*, vol., pp. 180:87-104, 2005.
- [2] G. Mace and J. Baillie "The Biodiversity Indicators: Challenges for Science and Policy," *Conservation Biology*, vol.21, pp. 1406-1413, 2007.
- [3] J.C. Rolland et F. Vian,"Atlas de Biologie végétale : Les plantes sans fleurs," Ed. Masson, 1994.
- [4] L. Zapfack, B. Nkongmeneck, J. Villiers J. and M. Lowman, "The importance of Pteridophytes in the epiphytic flora of some phorophytes of the Cameroonian semi-deciduous rain forest," *Selbyana*, Vol. 17, pp. 76-81, 1996.
- [5] Stévant T., Ngok Banak L. et Sosef. M, Synthèse des inventaires réalisés sur les Orchidaceae dans le cadre du Projet d'Evaluation des Aires Protégées du Gabon. In Ghazanfar S.A. et Beentje H.J. (eds.) : *Taxonomy and ecology of African Plants : their conservation and sustainable use*, Proceedings du XVIIème Congrès de l'AETFAT, Royal Botanic Gardens Kew. pp 651-665, 2006.
- [6] N. Biedinger et E. Fischer, "Epiphytic vegetation and ecology in Central forests (Rwanda, Zaïre)," *Ecotropica*, vol.2, pp. 121-142, 1996.
- [7] D. Christie and J. Arnesto J., " Regeneration microsites and tree species coexistence in temperate rain forests of Chiloe Island, Chile," *Journal of Ecology*, Vol. 91, pp. 776-784, 2003.
- [8] J. Fischer and D. Lindenmayer, "Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis," *Global Ecology and Biogeography*, vol.16, pp. 265-280, 2008
- [9] U. Heink and I. Kowarik, "What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning," *Ecological Indicators*, vol. 10, ppp. 584-593, 2010
- [10] S. Wright, "Tropical forests in a changing environment," *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 20, N° 10, pp. 553-560, 2005.
- [11] G. Aydin and C. Kazak, "Selecting indicator species habitat description and sustainable land utilization: a case study in a mediterranean delta," *International Journal of Agriculture and Biology*, vol. 12, pp. 931-934, 2010.
- [12] Picton-Phillipps G and Seimon A. , "Potential climate change impacts in conservation landscapes of the Albertine Rift," *White Paper for Mac Arthur Foundation*, 2009.
- [13] Mubalama, "Monitoring law enforcement effort and illegal activity in selected protected areas: implication for management and conservation, Democratique Republic of Congo", *Thèse de doctorat, Université de Ghan, Belgique*, 2010.
- [14] N. Masumbuko, B. Herpigny, N. Barbier, M.F. Habiyaemye, J. Lejoly J. and P. Meerts, "Life strategy traits of the liana *Sericostachys scandens* spreading in the montane forests in the Kahuzi-Biega National Park (DR Congo)," *Journal of Mountain Science*, vol.9, N°5, pp. 665-675, 2012a
- [15] N. Masumbuko, M.F. Habiyaemye, J. Lejoly,"Woody climbing plants influence the structure of the mountain forest in the Kahuzi-Biega National Park, DR Congo", *Regional Environnemental Change*, vol.12, pp. 951-959, 2012b.
- [16] Masumbuko C., Habiyaemye F. et Lejoly J. (2013). Impact of *Sericostachys scandens* on forest regeneration in the Kahuzi-Biega National Parc. In : Beau N, Dessein S. et Robbrecht E. (Eds.). African Plant diversity, Scripta Botanica Belgica. pp. 130-137. Proceedings XIXth AETFAT Congress 26 - 30 April 2010, Antananarivo, Madagascar.

- [17] Liengola B.I. (2008). Impact of the Invasive Liana *Sericostachys scandens* on Forest Composition: Implications for the Recovery of Grauer's Gorilla in the Kahuzi-Biega National Park, Democratic Republic of Congo. *Bulletin of the Yale Tropical Resources Institute*, 27: 43-50.
- [18] Mangambu, M., 2013, *Taxonomie, biogéographie et écologie des Ptéridophytes de l'écosystème forestier des montagnes du Parc National de Kahuzi-Biega à l'Est de la R.D. Congo*. Thèse de doctorat, Université d'Anvers/Belgique.
- [19] Mangambu, M., Muhashy, H., Janssen, T., Diggelen, R., Robbrecht, E. et Ntahobavuka, H. 2013, Diversité des Fougères et leurs alliées le long du gradient altitudinal au sein de l'écosystème forestier des montagnes du Parc National de Kahuzi-Biega (R.D. Congo). *International Journal of Environmental Studies* 70 (2) : 259-283
- [20] Mangambu, M., Habiyaemye, F.M., Lina, A and Ntahobavuka, H. 2010. L'importance du groupement à *Cyathea manniana* Hook. dans la biodiversité du Parc National de Kahuzi - Biega, R. D. Congo. *Geo-Eco-Trop* 34 (1/2): 45-63
- [21] Yamagiwa J., Basabose K., Kaleme K. et Yumoto T. (2005). Diet of Grauer's Gorilla in the Montane Forest of Kahuzi, DR Congo. *International Journal of Primatology*, 26 (6): 1345-1373.
- [22] Fischer E. (1996). Die Vegetation des Parcs National de Kahuzi-Biega, Sud-Kivu, Zaire. *Franz Steiner Verlag*. Stuttgart, 239 p.
- [23] M. Dufrière). Méthodes d'analyse des données écologiques et biogéographiques. *Cours de Phytoécologie et cartographie appliquée à l'aménagement des territoires*, ULB, 2003
- [24] E. van der Maarel, "Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effects on community similarity," *Vegetation*, vol. 39, N°2, pp. 97–114/1979
- [25] Johansson R. (1974). Ecology of vascular epiphytes in West African rain forest. *Acta phytogeographica suecica*, 59, 131 p.
- [26] Lebrun J.-P. & Stork A. L. (1991-2012). Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale et Tropical African Flowering Plants. *Ecology and Distribution*, vol. 1-7. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève.
- [27] Roux, J.P., 2009, *Synopsis of the Lycopodiophyta and Pteridophyta of Africa, Madagascar and Neighbouring Islands*. Strelitzia N°23 (Pretoria: South African National Biodiversity Institute).
- [28] APG III (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105-121.
- [29] Bouxin G. (2008). Analyse statistique des données de végétation, 577 p. <http://users.skynet.be/Bouxin.Guy/ASDV.htm>.
- [30] ter Braak C.J.F. et Šmilauer P. (2002). CANOCO Reference Manual and CanoDraw for Windows User's Guide : Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca, NY, USA (www.canoco.com) : Microcomputer Power
- [31] Larmarange J. (2004). Initiation à l'utilisation du logiciel STATISTICA, 53 p. www.uclouvain.be/cps/ucl/doc/demo/.org
- [32] Salovaara K., Ca'rdenas G, et Tuomisto H. (2004). Forest classification in an Amazonian rainforest landscape using pteridophytes as indicator species. *Ecography*, 27, 689- 700.
- [33] Kiew R. & Anthonysamy S. (1987). A comparative study of vascular epiphytes in three epiphyte-rich habitats at Ulu Endau, Johore, Malaysia. *Malaysian Nature Journal*, 41: 303-315.
- [34] Grytnes J. et Vetaas O. (2002). Species richness and altitude: a comparison between simulation modes and interpolated plant species richness along Himalayan altitudinal gradient, Nepal. *American Naturalist* ,159: 294-304.
- [35] Dukes J.S. & Mooney H.A. (1999). Does global change increase the success of biological invaders?. *Trends Ecology and Evolution*, 14: 135-139.
- [36] Pausas J., Carreras J., Ferré A. et Font X. (2003). Coarse-scale plant species richness in relation to environmental heterogeneity. *Journal of Vegetation Science*, 14: 661-668
- [37] Maizi N., Alioua A, Tahar A, Semadi F et Fadel D. (2010). Utilisation des végétaux inférieurs comme bio indicateurs de la pollution plombique d'origine automobile dans la région d'Annaba (Algérie). *Journal of Materials and Environmental Science*, 1 (4) : 251-266
- [38] Niemi G. et McDonald M. (2004). Application of ecological indicators (2004). *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35: 89-111.
- [39] Duveiller G., Defourny P., Desclée B. & Mayaux P. (2008). Deforestation in Central Africa: Estimates at regional, national and landscape levels by advanced processing of systematically-distributed Landsat extracts. *Remote Sensing of Environment*, 112: 1969- 1981.
- [40] Habiyaemye M. Etude phytocoenologique de la dorsale orientale de lac Kivu (Rwanda). *Annale des Sciences Economique*. Vol. 24, Musée Royal de l'Afrique centrale, 1997
- [41] Fontaine C. et Lavergne C. (2010). *Pseudocyclosorus pulcher* (Bory ex Willd.) Holttum, Plan d'Urgence - Fiche d'identité. Outils d'aide à la reconnaissance des espèces végétales présumées éteintes à la Réunion. Conservatoire Botanique National de Mascarin, Saint-Leu (Réunion), 10
- [42] Jennings S. (2005). Indicators to support an ecosystem approach to fisheries. *Fish and Fisheries*, 6: 212-232.

- [43] Noiha N., Zapfack L., Kengne S., Mangambu M., Ngueguim, Tchadji C et Sonke B. (2011). Eco-biogéographie du genre *Peperomia* en Afrique : cas de la région Guinéo-Congolaise. *International Journal of Environmental Studies*, 68 (1) : 43-60
- [44] Noiha N.V, Zapfack L., Achoundong G. Kengne O. et Sonke B. (2010). Distribution et richesse taxonomiques des épiphytes de quelques phorophytes au Parc national de Korup (Cameroun). *International Journal of Environmental Studies*, 67(1) : 51-61.
- [45] Sonké B., Zapfack L. et Folefack C. (2001). Distribution des épiphytes vasculaires sur les haies vives dans la région de Bafou (Cameroun). In: Robbrecht E. Degreef J. et Friis I (Eds.). *Systematics and Geography of Plants*, pp, 71(1): 209-222. For the understanding of African diversity. Proceedings XVIth AETFAT Conference, held in 2000 at the National Botanic Garden of Belgium
- [46] Banaticla M. et Buot J.R. (2005). Altitudinal zonation of Pteridophytes on Mt. Banahaw de Lucban, Luzon Island, Philippines. *Plants Ecology*, 180: 135-151
- [47] Vormisto J., Phillips O., Ruokolainen K., Tuomisto H. & Vásquez R. (2000). A comparison of fine-scale distribution patterns of four plant groups in an Amazonian rainforest. *Ecography*, 23: 349-359.
- [48] Delnatte C. (2010). Le gradient altitudinal sur les sommets tabulaires de Guyane Basé sur l'étude des Arecaceae, des Melastomataceae et des Ptéridophytes. Thèse de doctorat, Université des Antilles et de Guyane, France.
- [49] Gradstein S.R. (2008). Epiphytes of tropical Montana forest-impact of deforestation and climate change. In : Biodiversity and Ecology Series 2. Gradstein, S.R., Homeier, J. et Gransert, D. (Eds.) : The Tropical Mountain Forest-Patterns and Process in a Biodiversity Delettre, Y. et Butet A. (2005). Paysages agricoles et biodiversité : Structure des communautés et facteurs environnementaux. UMR CNRS : ECOBIO, Rennes, 76 p.
- [50] Hemp A. (2001). Ecology of the Pteridophytes on the southern slopes of Mt. Kilimanjaro. Part II : Habitat selection. *Journal of Plant Ecology*, 3(5) : 493-523.
- [51] Hemp A. (2002). Ecology of the pteridophytes on the southern slopes of Mt. Kilimanjaro. Part I : Altitudinal distribution. *Journal of Plant Biology*, 159: 211-239.
- [52] Dale V.H. et Beyeler S.C. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1: 3-10.
- [53] Tuomisto H., Ruokolainen K., Kalliola R., Linna A., Danjoy W. & Rodriguez Z. (1995). Dissecting Amazonian biodiversity. *Science*, 269: 63-66.
- [54] Delettre, Y. & Butet A. (2005). Paysages agricoles et biodiversité : Structure des communautés et facteurs environnementaux. UMR CNRS : ECOBIO, Rennes, 76 p.

ANNEXES

ANNEXE 1. ADAPTATION DES PTERIDOPHYTES A STRUCTURE DES FORETS DE MONTAGNE DU PNKB (PTERIDOFLORE AQUATIQUE ET TERRESTRE [TERRESTRE STRICTE, ESPECES TERRESTRES-EPIPHYTES, ESPECES TERRESTRES-EPIPHYTES-HYDROPHYTES ET TERRESTRES-HYDROPHYTES])

Espèces	E.SM		E.M		E.AS-S	
	M.S	MP	M.S	MP	M.S	MP
Espèces aquatiques						
<i>Azolla nilotica</i> Decne. ex Mett	+	0	0	0	0	0
<i>A. pinnata</i> R.Br. var. <i>africana</i> Desv. Bak	+	0	0	0	0	0
<i>Marsilea minuta</i> L.	0	0	+	0	0	0
Espèces terrestres						
<i>Adiantum incisum</i> Forsk.	+	+	+	0	0	+
<i>A. patens</i> Willd. subsp. <i>oatesii</i> (Bak.) Schelpe	+	+	0	0	0	+
<i>A. poiretii</i> Wikstr	+	+	0	0	0	0
<i>Amauropelta bergiane</i> (Schltdl.) Holttum var. <i>bergiana</i>	+	0	+	0	0	0
<i>A. oppositifomis</i> (C. Chr) Holttum	+	0	+	+	0	0
<i>Asplenium abyssinicum</i> Fée	0	0	+	0	0	0
<i>A. monanthes</i> L.	0	0	+	0	0	0
<i>Athyrium scandicinum</i> Willd. C. Presl	0	0	+	+	0	0
<i>Blechnum tabulare</i> (Thunb.) Kuhn	+	+	+	0	0	0
<i>Blotiella crenata</i> Alston et Schelpe	+	0	+	0	+	0
<i>B. currorii</i> (Hook.) A.F. Tryon	+	0	0	0	0	0
<i>B. glabra</i> (Bory) A. F. Tryon	+	0	+	0	0	0
<i>B. hieronymi</i> (Kümmmerle) Pic. Serm.	+	0	0	0	0	0
<i>B. stipitata</i> (Alston) Faden	0	0	+	0	0	0
<i>Cheilanthes similis</i> F.Ballard	+	+	0	0	0	+
<i>Christella dentata</i> (Forssk.) Brownsey et Jermy	+	+	+	+	0	0
<i>Cyathea camerooniana</i> (Hook.) R.M. Tryon	+	0	+	0	0	0
<i>C. dregei</i> Kunze	+	0	+	0	0	0
<i>C. manniana</i> Hook.	+	0	+	0	0	+
<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm. f.) Underw. var. <i>linearis</i>	+	+	+	0	+	0
<i>Diplazium proliferum</i> (Lam.) Kaulf	0	0	+	0	0	0
<i>D. zanzibaricum</i> (Bak.) C. Chr.	+	0	+	0	0	0
<i>Doryopteris concolor</i> (Langsd. et Fisch.) Kuhn	+	0	+	0	0	0
<i>Dryopteris antarctica</i> (Baker) C.Chr.	0	0	+	+	0	0
<i>D. inaequalis</i> (Schltdl.) Kuntze	0	0	+	+	0	0
<i>D. kilemensis</i> (Hook) Kuntze	+	0	+	0	+	0
<i>D. manniana</i> (Hook.) C.Chr.	+	0	+	0	0	+
<i>Equisetum ramossissimum</i> Desf.	+	0	0	0	0	0
<i>Histiopteris incisa</i> (Thunb.) J. Sm.	+	0	+	0	+	0
<i>Huperzia saururus</i> (Lam.) Trevisan	0	0	0	0	0	0
<i>Hypolepis sparsiora</i> (Schrad.) Kuhn	0	0	+	+	0	0
<i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic.Serm.	+	+	+	0	+	0
<i>Lycopodium carolinum</i> (Lawalrée) J.P Roux	0	0	+	0	0	0
<i>L. clavatum</i> L.	+	0	0	0	+	0
<i>Lygodium microphyllum</i> (Cav.) R.Br.	+	0	0	0	0	0
<i>L. smithianum</i> Presl ex Kuhn	+	0	0	0	0	0
<i>Odontosoria africana</i> Ballard	+	0	+	+	0	+
<i>Pellaea angulosa</i> (Willd.) Bak.	+	0	+	0	+	0
<i>P. doniana</i> Hook.	+	0	0	0	+	0
<i>P. dura</i> Hook. var. <i>schweinfurthii</i> (Hieron.) Verdc.	+	0	+	0	0	0
<i>P. viridis</i> var. <i>canonica</i> (Kunze) Verdc	+	0	0	0	0	0
<i>Pityrogramma argentea</i> (Willd.) Domin	0	0	0	0	0	0
<i>P. calomelanos</i> (L.) Link.	+	0	0	0	+	0
<i>Pneumopteris unita</i> (Kunze) Holttum	0	0	0	0	0	0

<i>Polystichum transvaalense</i> N.C. Anthony	0	0	+	0	0	0
<i>Pseudocyclosorus camerounensis</i> Holttum	+	0	0	0	0	0
<i>P. pulcher</i> (Bory ex Willd.) Holttum	+	0	+	0	0	0
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn subsp. <i>aquilinum</i>	+	0	+	+	0	0
<i>Pteris burtonii</i> Bak.	0	0	+	0	0	0
<i>P. catoptera</i> Kunze	+	0	+	0	+	0
<i>P. cretica</i> L.	+	0	+	0	0	0
<i>P. dentata</i> Forsk.	+	0	+	0	0	0
<i>P. friesii</i> (Hieron) Verdc.	0	0	+	0	0	0
<i>P. intricata</i> C.H. Wright	+	0	+	0	0	0
<i>P. kivuensis</i> C. Chr.	0	0	+	0	0	0
<i>P. linearis</i> Poir.	+	0	+	0	0	0
<i>P. pteridioides</i> L.	0	0	+	0	0	0
<i>P. tripartita</i> Sw.	0	0	0	0	0	0
<i>Selaginella auquieri</i> Bizzarri	+	0	0	0	+	0
<i>S. kivuensis</i> Bizzarri	+	0	0	0	+	0
<i>S. kraussiana</i> (Kunze) A.Br.	+	0	+	0	+	0
<i>S. molliceps</i> Spring	+	0	0	0	0	0
<i>S. myosurus</i> (Sw.) Alston	+	0	0	0	0	0
<i>S. versicolor</i> Spring	+	0	0	0	0	0
<i>Tectaria gemmifera</i> (Fée) Alston	0	0	+	0	0	0
<i>Thelypteris confluens</i> (Thunb.) Morton	+	0	+	0	0	0
Espèces terrestres-épiphytes						
<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	+	0	+	+	0	0
<i>Arthropteris monocarpa</i> (Cordem) C.Chr.	+	0	+	0	0	0
<i>A. orientalis</i> (Gmel) Posth	+	0	+	+	0	0
<i>Asplenium aethiopicum</i> (Brum. F.) Becherer	+	0	+	+	+	0
<i>A. elliotii</i> C.H.Wright.	0	0	+	0	0	0
<i>A. erectum</i> Bory ex Willd.	0	0	+	0	0	0
<i>A. gemmiferum</i> Schrad.	+	0	+	0	0	0
<i>A. linckii</i> Kuhn	+	0	+	0	0	0
<i>Asplenium macrophlebium</i> Baker.	0	0	+	0	0	0
<i>Cheilanthes farinosa</i> (Forssk.) Kaulf	+	0	+	+	+	0
<i>Nephrolepis undulata</i> (Afz ex Sw) J.Smith	+	+	+	+	0	0
<i>Ophioglossum castatum</i> R.Br.	0	0	0	0	+	0
<i>O. vulgatum</i> L.	+	0	0	0	+	0
<i>Phymatosorus scolopendria</i> (L) Pic. Serm.	+	+	0	0	0	0
<i>Pteris vittata</i> L.	+	0	+	0	0	0
<i>Pyrrasia schimperiana</i> (Mett. ex Kuhn) Alston	0	+	+	0	0	0
<i>Xiphopteris flabelliformis</i> (Poir.) A.R.Sm. et R.C.Moran	0	0	+	0	0	0
Espèces terrestres-épiphytes-hydrophytes						
<i>Antrophyum mannianum</i> Hook.	+	0	+	0	+	0
<i>Asplenium friesiorum</i> C.Chr.	0	+	+	+	+	0
Espèces terrestres-hydrophytes						
<i>Christella gueintziana</i> (Mett.) Holttum	0	0	+	0	0	0
<i>Coniogramme africana</i> Hieron	+	0	+	0	0	0
<i>Didymochlaena truncatula</i> (SW.) J. Sm.	0	0	+	0	0	0
<i>Marattia fraxinea</i> Sm.	0	0	+	0	0	0
<i>Osmunda regalis</i> L.	0	0	+	0	+	0
<i>Sphaerostephanos arbuscula</i> (Willd.) Holttum	0	0	+	0	0	0
Sous total	61	12	65	15	19	6
Total	63		65		26	

ANNEXE 2. PTERIDOFLORE EPIPHYTIQUE (EPIPHYTES, TERRESTRES-EPIPHYTES, ESPECES TERRESTRES-EPIPHYTES-HYDROPHYTES).

Légende : - MP : milieu perturbé, - MS : Milieu non perturbé, - P : présence et - A : absence

Espèces	E.SM			E.M			E.AS-S		
	P/A	MS	MP	P/A	MS	MP	P/A	MS	MP
Espèces épiphytes									
<i>Asplenium africanum</i> Desv.	+	I	0	0	0	0	0	0	0
<i>A. bugoiense</i> Hieron	+	0	II	+	I	I	0	0	0
<i>A. dregeanum</i> Kunze	0	II	0	+	II	0	0	0	0
<i>A. hemitomum</i> Hieron.	0	0	0	+	III	0	0	0	0
<i>A. hypomelas</i> Kuhn	+	0	0	+	I	I	0	0	0
<i>A. loxoscaphoides</i> Baker	0	0	0	+	II	0	0	0	0
<i>A. mannii</i> Hook.	0	0	0	+	II	0	0	0	0
<i>A. megalura</i> Hieron	+	0	II	+	II	0	+	II	0
<i>A. protensum</i> Schrad.	+	II	0	+	I	I	0	0	0
<i>A. pseudoauriculatum</i>	0	II	0	+	II	0	0	0	0
<i>A. rutifolium</i> (Berg.) Kunze	0	-	0	+	0	II	0	0	0
<i>A. sandersonii</i> Hook.	+	I	0	+	I	0	+	II	0
<i>A. smedsii</i> Pic.Serm.	0	0	0	+	I	0	0	0	0
<i>A. stuhlmannii</i> Hieron.	+	II	0	+	II	0	0	0	0
<i>A. theciferum</i> (Kunth.) Mett.	+	II	0	+	I	0	0	0	0
<i>A. variable</i> Hook var. <i>paucijugum</i> (Ballard) Alston	+	II	0	0	0	0	0	0	0
<i>Blechnum attenuatum</i> Sw. Mell.	+	I	0	+	I	0	0	0	0
<i>Ctenopteris villosissima</i> <i>Ctenopteris villosissima</i> (Hook.) Harley	+		I	+	0	III	+	0	I
<i>D. laurentii</i> (Christ) Hieron	+	V	0	+	V	0	0	0	0
<i>Drynaria volkensii</i> Hieron	0	0	0	+	IV	0	0	0	0
<i>Elaphoglossum acrostichoides</i> (Hook. et Grev.) Schelpe	0	I	0	+	I	0	+	II	0
<i>E. aubertii</i> Desv. Moore	+	II	0	+	II	0	0	0	0
<i>E. barteri</i> (Baker.) C.Chr	+	II	0	+	II	0	0	0	0
<i>E. deckenii</i> (Kuhn) C.Chr	0	I	0	+	II	0	+	II	II
<i>E. kivuense</i> Schelpe	+	I	I	+	II	0	+	I	0
<i>Huperzia afromontana</i> Pic.Serm.	+	II	0	+	IV	0	0	0	0
<i>H. bampsiana</i> Pic.Serm.	0	0	0	+	IV	0	0	0	0
<i>H. dacrydioides</i> (Baker) Pic.Serm.	+	I	0	+	0	III	+	I	0
<i>H. gnidioides</i> (L.f.) Trevisan	+	II	0	+	I	0	0	0	0
<i>Hymenophyllum capillare</i> Desv.	0	0	0	+	II	0	0	0	0
<i>H. hirsutum</i> (L.) Sw.	0	0	0	+	II	0	0	0	0
<i>H. kuhni</i> C.Chr.	+	I	0	+	II	0	+	I	0
<i>H. triangulare</i> Baker	+	I	0	+	III	0	+	I	0
<i>Isoetes welwitschii</i> A. Braun)	I	0	+	I	0	+	I	0
<i>Lepisorus excavatus</i> Willd.) Ching.	+	III	0	+	I	0	0	0	0
<i>Lomariopsis congoensis</i> Holttum	+	I	I	0	0	0	0	0	0
<i>L. hederacea</i> Alston	+	I	I	0	0	0	0	0	0
<i>Loxogramma abyssinica</i> (Baker.) M.G. Price	+	II	0	+	II	0	0	0	0
<i>Microgramma lycopodioides</i> (L.) Copel.	+	0	I	+	II	0	0	0	0
<i>Microsorium punctatum</i> (L.) Copel	+	I	I	0	0	0	0	0	0
<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott.	+	0	III	+	II	0	0	0	0
<i>Oleandra distenta</i> Kunze	+	III	0	+	II	0	+	-	+
<i>Platynerium elephantotis</i> Schweinf.	+	IV	0	+	IV	0	0	0	0
<i>P. stemaria</i> (Beauv.) Desv.	+	IV	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pleopeltis lanceolata lanceolata</i> Kaulf	0	0	0	+	IV	0	+	-	+
<i>P. macrocarpa</i> (Bory ex Willd.) Kaulf.	+	0	I	+	II	0	0	0	0
<i>Psilotum nudum</i> (L.) P. Beauv.	+	II	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichomanes rigidum</i> Sw.	0	0	0	+	0	III	0	0	0
<i>Vittaria guineensis</i> Desv. var. <i>orientalis</i> Hieron	+	0	I	+	0	0	0	0	0
<i>V. reekmansii</i> Pic.Serm.	0	0	0	+	II	II	0	0	0

Ptéridophytes : Bio indicateurs des changements opérés sur la structure des forêts de zone de montagnes du Parc National de Kahuzi-Biega à l'Est de la R.D. Congo

<i>V. volkensis</i> Hieron.	0	II	0	+	II	0	+	I	0
Espèces Terrestres-épiphytes									
<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	0	0	0	+	I	0	+	I	0
<i>Arthropteris monocarpa monocarpa</i> (Cordem) C.Chr.	+	0	I	+	III	0	0	0	0
<i>A. orientalis</i> (Gmel) Posth	0	0	0	+	I	0	0	0	0
<i>Asplenium aethiopicum</i> (Brum. F.) Becherer	+	0	II	+	III	0	+	I	I
<i>A. elliotii</i> C.H.Wright.	0	0	0	+	I	0	0	0	0
<i>A. erectum</i> Bory ex Willd.	0	0	0	+	I	0	0	0	0
<i>A. gemmiferum</i> Schrad.	0	0	0	+	I	0	0	0	0
<i>A. linckii</i> Kuhn	0	0	0	+	I	0	0	0	0
<i>A. macrophlebium</i> Baker.	0	0	0	+	II	0	0	0	0
<i>Cheilanthes f farinosa</i> (Forssk.) Kaulf	0	0	0	+	0	II	0	0	0
<i>Nephrolepis undulata</i> (Afz ex Sw) J.Smith	0	0	0	+	0	I	+	I	0
<i>Ophioglossum costatum</i> R.Br.	0	0	0	0	0	0	+	I	0
<i>Ophioglossum vulgatum</i> L	0	0	0	0	0	0	+	I	0
<i>Phymatosorus scolopendria</i> (L.) Pic.Serm.	0	0	0	+	0	I	0	0	0
<i>Pteris vittata</i> L.	0	0	0	+	0	I	0	0	0
<i>Pyrrosia schimperiana</i> (Mett. ex Kuhn) Alston	0	0	0	+	III	0	0	0	0
<i>Xiphopteris flabelliformis</i> (Poir.) A.R.Sm. et R.C.Moran	0	0	0	+	0	I	0	0	0
Espèces terrestres-épiphytes-hydrophytes									
<i>Antrophyum manianum</i> Hook.	0	0	0	+	I	0	0	0	0
<i>Asplenium friesiorum</i> C.Chr.	+	0	I	+		I	+	I	I
Sous total	41	30	14	61	50	14		18	8
	41			61			19		

ANNEXE 3. LES PORTEURS OU PHOROPHYTES RETROUVES DANS LES PLACEAUX. LEGENDE : -A : ARBRE, -A : ARBUSTE, L : LIANE ET T.B : TYPE BIOLOGIQUE)

Espèces	T. B	Etages			Placeaux		Hôte
		1	2	3	MS	MP	
<i>Acacia montigena</i> Brenan & Exell.	L	+	+	+	0	+	+
<i>Afrocrania volkensis</i> (Harms) Hutch.	a	+	+	0	+	0	0
<i>Agauria salicifolia</i> Hook.f. ex Oliver	A	0	+	0	+	0	+
<i>Alafia lucida</i> Stapf	L	+	+	0	+	0	0
<i>Alangium chinense</i> (Lour.) Harms	A	0	+	+	+	0	0
<i>Albizia adianthifolia</i> (Schumach.) W.Wight	A	+	+	0	+	+	+
<i>Albizia gummifera</i> (J.F.Gmel.) C.A.Sm.	A	+	+	+	+	+	+
<i>Alchornea floribunda</i> Müll. Arg.	a	+	0	0	+	+	+
<i>A. hirtella</i> Benth.	a	0	+	+	+	0	+
<i>Allophylus abyssinicus</i> (Hochst.) Radlk.	A	0	+	+	+	0	0
<i>A. africanus</i> P. Beauv.	a	+	+	0	+	0	+
<i>A. kiwuensis</i> Gilg.	a	0	+	+	+	+	+
<i>Anthocleista grandiflora</i> L	A	+	+	+	+	0	+
<i>Balthasaria schliebenii</i> (Melch.) Verdc.	A	0	+	0	+	0	+
<i>Beilschmiedia</i> sp	A	+	0	0	+	0	+
<i>Bequaertiodendron congolense</i> De Wild.	A	+	0	0	+	0	+
<i>Bersama abyssinica</i> Fresen.var. abyssinica	A	+	+	+	+	+	+
<i>B. abyssinica</i> var. <i>ugandensis</i> (Sprague) Verdc.	A	0	+	0	+	0	0
<i>Bridelia brideliifolia</i> (Pax) Fedde	A	0	+	0	+	+	+
<i>B. micrantha</i> (Hochst.) Baill.	a	+	+	0	+	0	+
<i>Canarium schweinfurthii</i> Engl	A	+	+	0	+	0	+
<i>Canthium gueinzii</i> Sond.	a	+	+	+	+	0	+
<i>Carapa grandiflora</i> Sprague	A	+	+	0	+	0	+
<i>Cassipourea ruwensorensis</i> Alston	A	0	+	0	+	0	0
<i>Chassalia subochreatea</i> Engl	a	0	+	+	+	0	+
<i>Chrysophyllum gorungosanum</i> Engl	A	+	+	0	+	0	+
<i>Cleistanthus pierlotii</i> J.Léonard	A	+	0	0	+	0	0
<i>Coelocaryon</i> sp	A	+	+	+	+	0	+

<i>Cola pierlotii</i> Germain	a	+	+	0	+	0	0
<i>Combretum collinum</i> Fresen	L	+	0	0	+	0	+
<i>Croton macrostachyus</i> Hochst. ex Delile	A	0	+	0	+	0	+
<i>C. megalocarpus</i> Hutch.	A	+	+	0	+	0	0
<i>Cussonia arborea</i> Hochst. ex A. Rich.	a	0	0	+	+	0	+
<i>Cyathea cameronensis</i> Hook.	a	0	0	0	+	0	+
<i>C. manniana</i> Hook.	a	+	+	0	+	0	+
<i>Dichaetanthera corymbosa</i> (Cogn.) Jacques-Félix.	a	+	+	+	+	0	+
<i>Diospyros abyssinica</i> (Hiern) F.White	A	0	0	0	+	0	0
<i>Dombeya torrida</i> (J. F. Gmel.) Bamps	A	0	+	+	+	0	+
<i>D. rotundifolia</i> (Hochst.) Planch.	A	+	0	0	+	0	+
<i>Dovyalis macrocalyx</i> Trusted.	a	0	+	+	+	0	0
<i>Drypetes occidentalis</i> (Müll.Arg.) Hutch.	a	+	+	0	+	0	+
<i>Ekebergia benguelensis</i> C. DC.	A	0	+	+	0	0	+
<i>Entandrophragma cylindricum</i> (Sprague) Sprague	A	+	+	0	+	0	+
<i>E. excelsum</i> (Dawe & Sprague) Sprague	A	+	+	0	0	0	+
<i>Erica arborea</i> L	a	0	+	+	+	0	+
<i>E. johnstonii</i> (Schweinf. ex Engl.) Dorr	a	0	+	+	+	0	0
<i>E.kingaensis</i> A. Engler	a	0	+	+	+	0	+
<i>E. rugegensis</i> Engl.	a	0	+	+	+	0	+
<i>Erythrina abyssinica</i> Lam. ex DC.	a	+	+	0	0	0	+
<i>Ficalhoa laurifolia</i> Hiern	A	0	+	0	+	0	+
<i>Ficus</i> spp. I	a	0	+	0	+	0	0
<i>Ficus</i> spp. II	a	0	+	0	+	0	0
<i>F. thonningii</i> Blume	a	+	+	0	+	0	+
<i>Galiniera coffeoides</i> Delile	a	+	+	+	+	0	+
<i>Galium simense</i> Fresen.	a	0	+	+	+	0	+
<i>Garcinia buchananii</i> Bark	A	+	+	0	+	0	+
<i>G. punctata</i> Oliv.	A	+	+	0	+	0	+
<i>G. volkensii</i> Engl.	A	+	+	0	+	0	+
<i>Gouania longispicata</i> Engl.	L	0	+	0	+	0	0
<i>Hagenia abyssinica</i> (Bruce) J.F. Gmel.	A	0	+	+	+	0	+
<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	A	+	+	0	+	0	0
<i>H. montana</i> Spirlet	a	0	+	0	+	0	0
<i>Hypericum revolutum</i> Vahl.	a	0	+	+	+	0	+
<i>Ilex mitis</i> (Linn.) Radlk.	A	0	+	0	+	0	+
<i>Jaundea pinnata</i> (P.Beauv.) G.Schellenb.	L	+	+	+	+	0	+
<i>Julbernardia seretii</i> (De Wild.) Troupin	A	+	0	0	+	0	+
<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	A	+	0	0	+	0	+
<i>Landolphia owariensis</i> P. Beauv. Trusted.	a	+	0	0	+	0	+
<i>Lebrunia bushaie</i> Staner.	A	+	+	+	+	0	+
<i>Lindackeria kivuensis</i> Bamps	a	0	+	+	+	0	+
<i>Lisianthus</i> spp.	a	+	+	+	+	0	0
<i>Lobelia gibberoa</i> Hemsl.	a	0	+	+	+	0	0
<i>Macaranga neomildbraediana</i> Lebrun	A	+	+	+	+	0	+
<i>M. schweinfurthii</i> Pax	A	0	+	+	0	0	0
<i>Maesa lanceolata</i> Forssk. subsp. lanceolata.	a	+	+	+	+	0	+
<i>Maytenus arguta</i> (Loes.) N.Robson	a	0	+	0	+	0	0
<i>Michelsonia microphylla</i> Hauman.	A	+	0	0	+	0	+
<i>Milletia dura</i> Dunn	A	0	+	0	+	0	+
<i>M. psilopetala</i> Harms.	L	+	+	0	+	0	0
<i>Mimulopsis arborescens</i> C. B. Clarke	a	0	+	0	0	0	+
<i>Mitragyna rubrostipulata</i> (K.Schum.) Hiern.	A	+	+	0	+	0	+
<i>Musanga leo-errerae</i> Hauman & Léonard	A	+	+	0	+	0	+
<i>Myrianthus holstii</i> Engl.	A	0	+	+	+	0	+
<i>Myrica mildibreadii</i> Engl.	A	0	+	0	+	0	0
<i>Neoboutonia macrocalyx</i> Pax	A	0	+	+	+	0	+
<i>Newtonia buchananii</i> (Baker) G.C.C. Gilbert & Boutique	A	0	+	0	+	+	+

<i>Nuxia floribunda</i> Benth.	A	+	+	+	+	0	+
<i>Ocotea kenyensis</i> (Chiov.) Robyns & R. Wilczek.	A	+	+	0	+	0	+
<i>O. usambarensis</i> Engl.	A	+	+	+	+	0	+
<i>Oxyanthus lepidus</i> (S.Moore) Bridson	a	+	0	0	0	0	+
<i>O. speciosus</i> DC.	a	0	+	0	+	0	0
<i>O. troupinii</i> Bridson	a	+	+	0	+	0	0
<i>Parinari curatellifolia</i> Planch. ex Benth.	A	+	0	0	0	+	+
<i>P. excelsa</i> Sabine	A	0	+	+	+	0	+
<i>Pauridiantha kahuziensis</i> Ntore	a	0	0	0	0	0	+
<i>P. paucinervis</i> (Hiern) Bremek.	a	0	+	+	+	0	0
<i>Pauridiantha</i> spp.	a	0	+	+	+	0	0
<i>Pavetta gardeniifolia</i> K.Schum.	a	+	+	0	+	0	+
<i>P. oliverana</i> Heirn.	a	0	+	0	+	0	+
<i>Pentadesma lebrunii</i> Staner	A	+	+	0	+	0	+
<i>Pentadesma reyndersii</i> Spirlet	A	+	0	0	+	0	0
<i>Pleiocarpa pycnantha</i> K. Schum. Stapf	A	+	0	0	+	0	+
<i>Podocarpus falcatus</i> (Thunb.) R.Br.ex Mirb.	A	0	+	+	+	0	+
<i>P. latifolius</i> (Thunb.) R. Br. ex Mirb.	A	0	+	+	+	0	0
<i>Polyscias fulva</i> (Hiern) Harms	A	0	+	+	+	0	+
<i>P. kivuensis</i> Bamps	a	+	0	0	0	0	0
<i>Prunus africana</i> (Hook f.) Kalkman.	A	+	+	0	+	0	+
<i>Pseudospondias microcarpa</i> (A. Rich.) Engl.	A	+	0	0	+	0	0
<i>Psychotria mahonii</i> C.H. Wright.	a	0	+	+	+	0	+
<i>Psychotria kirkii</i> Hiern Trusted	a	0	+	+	+	0	0
<i>Psychotria</i> spp.I	a	+	+	0	0	0	0
<i>Psychotria</i> spp.II	a	+	+	+	0	+	0
<i>Rapanea melanophloeus</i> (L.) Mez	A	+	+	+	+	+	0
<i>Rauvolfia mannii</i> Stapf	a	+	+	0	+	0	+
<i>Ricinodendron heudelotii</i> (Baill.) Heckel	a	+	0	0	+	0	0
<i>Rytyginia lebrunii</i> Robyns	a	+	0	0	0	0	+
<i>Sapium ellipticum</i> (Hochst.) Pax.	A	+	+	+	+	0	0
<i>Schefflera goetzenii</i> Harms Trusted.	L	+	+	+	+	0	+
<i>S. myriantha</i> (Baker) Drake	L	0	+	+	+	+	+
<i>Sericostachys scandens</i> Gilg & Lopr.	L	0	+	0	+	0	0
<i>Sinarundinaria alpina</i> (K.Schum.) C.S.Chao & Renvoize	a	+	+	0	+	0	+
<i>Sorindeia gillettii</i> De Wild.	a	+	+	0	+	0	0
<i>Strombosia scheffleri</i> Engl.	A	+	+	0	+	0	+
<i>Symphonia globulifera</i> L.f	A	+	+	0	+	0	+
<i>Syzygium cordatum</i> Hochst. ex C.Krauss	A	0	+	0	+	0	+
<i>S. guinneense</i> D.C.	A	+	+	+	+	+	+
<i>S. parvifolium</i> (Engl.) Mildbr.	A	0	+	0	+	0	+
<i>S.rowlandii</i> Sprague	A	0	+	0	+	0	+
<i>Tabernaemontana johnstonii</i> (Stapf) Pichon	A	+	+	0	+	+	+
<i>Teclea nobilis</i> Delile	a	+	+	0	0	0	0
<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume.	a	+	+	0	+	0	0
<i>Tricalysia anomala</i> var. <i>montana</i> Robbrecht	a	0	+	0	+	+	+
<i>Tricalisia kivuensis</i> Robbrecht	a	0	+	0	+	0	0
<i>Trichilia volkensis</i> Gürke	a	0	+	0	+	+	0
<i>Uapaca</i> spp. I.	A	+	0	0	+	0	+
<i>Uapaca</i> spp. II	A	+	0	0	+	0	+
<i>Vepris louisii</i> G.C.C. Gilber	a	0	+	0	+	0	0
<i>Xylopia aethiopica</i> Dunal	A	+	0	0	+	0	0
<i>Xymalos monospora</i> (Harv.) Baill	a	+	+	+	+	+	+
<i>Zanthoxylum mildbraedii</i> (Engler) Waterm.	A	+	+	0	+	0	0