

# **ANALYSE PHYTOGÉOGRAPHIQUE DES PTÉRIDOPHYTES D'AFRIQUE CENTRALE: CAS DES ÉTAGES DES MONTAGNES DU PARC NATIONAL DE KAHUZI-BIEGA (RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO)**

***Mangambu Mokoso Jean De Dieu***

Université Officielle de Bukavu, Bukavu, R.D Congo

***Robbrecht Elmar***

Université d'Anvers/Belgique, Universiteitsplein 1-C, Antwerp, Belgium

Jardin Botanique National de Belgique et Domaine de Bouchout,

Meise, Belgique

***Ntahobavuka Habimana Honorine***

Université de Kisangani, Kisangani, R.D.Congo

***Ruurd Van Diggelen***

Université d'Anvers, Universiteitsplein 1-C, Antwerp, Belgium

---

## **Abstract**

This study comprises a phytogeographical analysis of forest ferns and their allies of the Kahuzi Biega National Park (KBNP), located in Democratic Republic of Congo (DRC). The phytogeographical and floristic affinities and dissimilarities were investigated for forested areas of the Albertine Rift, Continental Africa and some mountainous areas outside of Africa. This analysis was based on herbarium material collected in the mountains of KBNP (5987 specimens) and housed in various herbaria in Belgium, the Democratic Republic of Congo (DRC) and the Netherlands. The results showed that the majority of ferns in the mountains of the KBNP are also found in many other African areas (52.1% of the flora). Further, 41.9% of the species have a wide distribution outside of Africa, while endemic and sub-endemic species represent a mere 6% of the fern flora of KBNP. Within the related species, some showed a disjunction between the mountainous areas of Cameroon and the PNKB. The mountains of the Kivu-Ruwenzori area show greatest affinity between each other as well as other mountainous regions in western and southern Africa. The sub-montane zone of the PNKB is considered to be a transitional area between the Kahuzi mountain range and other regional centers of endemism.

---

**Keywords:** Central Africa, DRC, Ferns and their allies, phytogeographical analysis

---

## Résumé

L'analyse phytogéographique des Ptéridophytes du massif montagneux du Parc national de Kahuzi Biega (PNKB), en République Démocratique du Congo (RDC) fait l'objet de cette étude. Dans cet article, nous évaluons des affinités et dissimilarités phytogéographiques et floristiques avec d'autres sites forestiers du rift Albertin, d'Afrique continentale et quelques autres massifs montagneux hors de l'Afrique. Cette analyse est fondée sur le matériel d'herbier de la flore ptéridologique (5987 spécimens) récolté dans ce massif montagneux du PNKB et conservé dans les herbiers de diverses institutions de Belgique, de RDC et des Pays-Bas. Les résultats obtenus montrent que la majorité des Ptéridophytes des montagnes du PNKB se trouve dans plusieurs autres régions ou domaines africains avec une proportion de 51,7% de l'ensemble de la florule. Les espèces à large distribution débordant l'Afrique ont une proportion équivalente à 41,9% tandis que les espèces endémiques et subendémiques du PNKB ne représentent que 6% de la florule ptéridologique du PNKB. Parmi les espèces de liaison, certaines montrent une large disjonction entre les blocs montagneux du Cameroun et celui du PNKB. Les montagnes du système Kivu-Ruwenzori ont plus d'affinités entre elles et aussi avec celles du système montagneux ouest-africain et du sud de l'Afrique. L'étage submontagnard du PNKB est considéré comme la zone de transition entre le massif montagneux du Kahuzi et les autres centres d'endémisme.

---

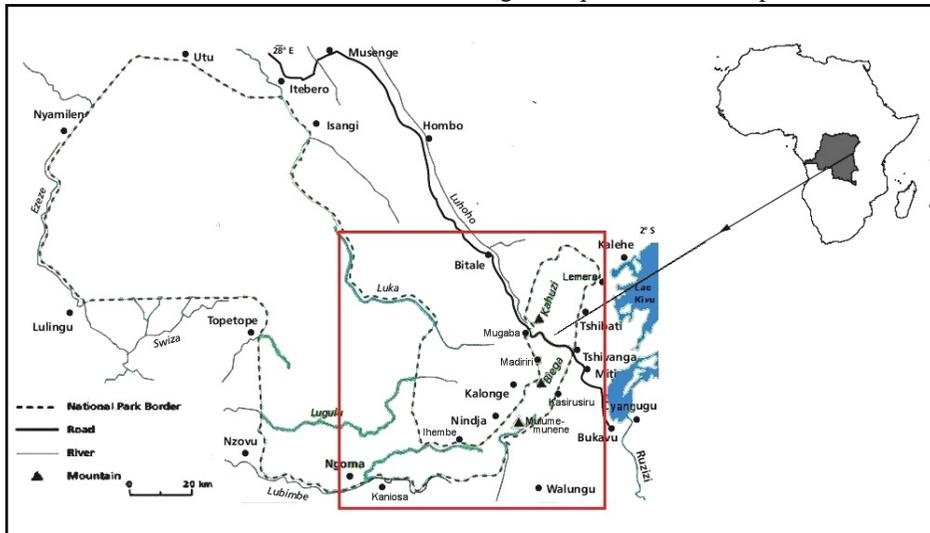
**Mots-clés:** Afrique centrale, RDC, Ptéridophytes, analyse phytogéographique

## Introduction

Les forêts montagnardes d'Afrique en général et du système montagneux de Kivu-Ruwenzori en particulier font partie des écosystèmes les plus complexes et importants du point de vue de la richesse floristique du continent africain (White & Vande Weghe, 2008 ; Borsdorf & Braun, 2008 ; Guillaumet, 2009). Le Parc National de Kahuzi Biega (PNKB), en République Démocratique du Congo (RDC), se trouve dans la partie sud de la chaîne Kivu-Ruwenzori (Province du Sud-Kivu). Le PNKB, d'une superficie de 6000 km<sup>2</sup> (Fig. 1), fut créé en 1970 pour protéger les gorilles des plaines orientales (*Gorilla beringei graueri*) et leur habitat (Mühlenberg *et al.*, 1994). Il comprend 2 sommets principaux qui sont des volcans éteints, le Kahuzi d'une altitude de 3308 m et le Biega d'une altitude de 2790 m, et qu'il se situe dans la zone Sud-Kivu, dans la partie sud de la chaîne de

montagnes Kivu-Ruwenzori, d'axe NNE-SSW, longeant, à l'ouest, le rift Albertin et se localise entre les deux centres d'endémisme guinéo-congolais et afro-montagnard. (Mangambu, 2013)

**Figure 1.** Carte du Parc National du Kahuzi-Biega (MUBALAMA, 2010) et localisation du PNKB dans la carte de la RDC. Le cadre rouge indique la zone de la présente étude.



Le second centre fait partie des écosystèmes forestiers montagnards qui possèdent un grand nombre d'espèces endémiques de la dorsale Congo-Nil (Plumptre *et al.*, 2007; Fischer *et al.*, 2011 ; Cribb *et al.*, 2010) et des chaînes de montagnes qui bordent le rift Albertin (Plumptre *et al.*, 2008, 2009 ; Fischer *et al.*, 2011). Les travaux réalisés par Fischer (1996) démontrent que cette partie montagneuse du Parc est recouverte d'une végétation essentiellement forestière, et, à l'intérieur même de celle-ci, peuvent se trouver d'autres formations liées à des conditions édaphiques particulières : sols hydromorphes, marécageux, inondés, cuirasses latéritiques.

Selon leur physionomie et leur composition floristique, en fonction de l'altitude, les forêts du PNKB se différencient en étages planitiaire (678-1250 m), submontagnard (1250-1700 m), montagnard (1700-2600 m) et afro-subalpin (2600-3326 m) (Mangambu *et al.*, 2013). 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 (Yamagiwa *et al.*, 1995). Au mont Kahuzi, avec les gelées nocturnes, on trouve un climat afro-alpin que caractérise l'expression 'summer every day and winter every night' (Fischer, 1996). 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, (Fischer, 1996). La température varie selon l'altitude, et le sol est superficiel et acide (Mangambu *et al.*, 2013b).

Des études phytogéographiques plus fines ont été réalisées à l'échelle du continent africain pour certains pays, par exemple Letouzey (1968, 1985) pour le Cameroun, Caballé (1978) pour le Gabon, Senterre (2001) pour la Guinée équatoriale. Pour la RDC, des études phytogéographiques fondées sur des données et arguments physiologiques et endémiques ont été réalisées. Robyns (1948) a proposé un système basé sur les aspects de la végétation et le bioclimat (hauteur des précipitations, durée de la saison sèche), en subdivisant la RDC, le Rwanda et le Burundi en 11 districts phytogéographiques. Ndjele (1988) a également proposé un nouveau système de classification phytogéographique de la RDC en six régions, sept domaines, 13 secteurs et 24 districts phytogéographiques en perfectionnant le système de Robyns (1948).

D'autres études phytogéographiques y ont été réalisées par Kalanda (1981), Moutsambote (1990), Lubini (1997, 2001), Dhetchuvi (1996) et Koffi (2008). Certains de ces travaux sont basés sur la chorologie (répartition des espèces), d'autres sur des inventaires écologiques ou phytosociologiques. Les travaux de synthèse phytogéographique, à l'échelle locale du PNKB ou ses environs ou sur un groupe cible des espèces du Parc, restent encore à réaliser.

Dans le présent travail, nous utilisons le modèle phytogéographique des phytochories proposé par White (1979, 1986) qui divise l'Afrique et Madagascar en 20 entités régionales dont 5 recouvrent la RDC. Ce chapitre propose d'analyser les données phytogéographiques des Ptéridophytes recensées dans le massif montagneux du PNKB et de préciser ses affinités floristiques avec d'autres massifs forestiers ou d'autres centres d'endémisme de RDC.

## **Matériel et Méthode**

### **Spécimens examinés**

Au total 5987 spécimens ont été examinés et localisés. Ces données d'herbier proviennent, d'une part, des investigations de terrain entreprises à des périodes situées entre 2004 et 2012 et, d'autre part, du matériel historique se trouvant en RDC dans les herbiers d'Epulu (EPU), Lwiro (LWI), Mulungu (MLGU) et Yangambi (YBI). Les doubles se trouvent en Belgique, au Jardin Botanique de Belgique (BR) et dans quelques institutions universitaires, ainsi qu'à l'Université de Wageningen (WAG).

### **Unités chorologiques**

Les unités chorologiques sont issues des travaux de Schelpe (1970), Kornas' (1979, 1993), Kornas' & Kazimierz (1993), Rakotondrainibe (1986a), Lejoly *et al.* (1988), Lisowski (1991), Rakotondrainibe *et al.* (1996a), Lubini (1997), Mabay *et al.* (2003a, 2003b), Aldasoro *et al.* (2004),

Roux (2001, 2009, 2012) et des 14 fascicules des Ptéridophytes d'Afrique centrale. Un gazetteer botanique (Bamps, 1982) a été utilisé pour certains échantillons dont les coordonnées géographiques n'étaient pas signalées sur leurs étiquettes.

Les coordonnées géographiques de l'ensemble des spécimens ont été incorporées dans la base de données (5987 spécimens du PNKB et 1832 autres spécimens). Elles sont à la base de la production des centres de distribution qui montrent l'ensemble des lieux de récoltes des taxons. Les cartes ont été réalisées à l'aide du logiciel ArcView 3.3.

La classification du massif montagneux du PNKB par rapport aux autres sites cités a été réalisée en fonction de l'indice de Bray-Curtis binaire (BC<sub>ij</sub>) en utilisant la bibliothèque Vegan du logiciel R 2.10.1 (Oksanen *et al.*, 2010 ; Rossi, 2011). L'analyse permettra, si possible, d'identifier des sites ptéridologiques proches du PNKB grâce à une classification ascendante hiérarchique utilisant des méthodes agglomératives pour la construction du dendrogramme de ressemblances et dissemblances entre les sites.

### **Classification phytogéographique**

Les différents types d'aires de répartition retenus sont basés sur la classification de White (1979, 1986, 1993). Nous distinguons les catégories suivantes :

**A. Espèces à large distribution.** Espèces à distribution très large débordant l'Afrique ou de l'Afrique et Madagascar, avec les sous-catégories suivantes :

- Cosmopolites : monde entier, aussi bien zones tempérées que tropicales.
- Subcosmopolites : distribution omni ou subrégionales tropicales ou tempérées.
- Pantropicales : Afrique, Amérique et Asie tropicale.
- Afro-américaines : Afrique et d'Amérique tropicale.
- Paléotropicales : Afrique et Asie tropicale.
- Montagnardes paléotropicales : parties montagnardes d'Afrique et Asie tropicale.
- Montagnardes afro-malgaches : parties montagnardes d'Afrique tropicale et à Madagascar.
- Afro-malgaches : espèces communes aux îles de la région malgache et à l'Afrique continentale.

**B. Espèces de liaison ou espèces à aire morcelée (ou disjointe).** Espèces dont l'aire de distribution couvre deux ou plusieurs régions floristiques africaines. Ces éléments sont soit des transgresseurs chorologiques et écologiques, soit simplement des espèces à large

distribution et à écologie assez uniforme. Nous distinguons les sous-catégories suivantes :

- Espèces afro-montagnardes/afro-tropicales : ce sont des espèces guinéo-soudano-zambéziennes se trouvant aussi dans la région montagnarde.

- Espèces afro-montagnardes/guinéo-congolaises : ce sont des espèces montagnardes se rencontrant aussi dans la région guinéo-congolaise.

- Espèces afro-montagnardes/guinéo-congolaises/soudaniennes : ce sont des espèces montagnardes se rencontrant aussi dans les régions guinéo-congolaise et soudanienne.

- Espèces afro-montagnardes/soudaniennes/zambéziennes : ce sont des espèces des régions soudanienne et zambézienne se trouvant aussi dans la région montagnarde.

- Espèces de liaison des régions afro-montagnardes d'Afrique de l'Est : ce sont des espèces répandues uniquement dans les régions afro-montagnardes de l'Afrique de l'Est.

- Espèces de liaison afro-montagnardes africaines : espèces distribuées dans plusieurs systèmes afro-montagnards africains, y compris le système montagnard Ouest africain.

**C. Espèces endémiques et subendémiques.** Espèces qui s'étendent au maximum aux zones de transition adjacentes ou qui débordent légèrement au-delà de ces dernières en tant qu'espèces d'intrusion marginale ou en tant qu'espèces formant des peuplements satellites faiblement éloignés.

- Espèces endémiques : espèces se trouvant uniquement dans le PNKB.

- Espèces subendémiques : Espèces présentes uniquement dans le système Kivu.

## Résultats et discussions

### Richesse et composition globale de la ptéridoflore des montagnes du PNKB

La composition des Ptéridophytes recensés dans la zone de montagnes du PNKB est de 166 taxons différents (161 espèces et taxons infra spécifiques comprenant 4 sous-espèces et 2 variétés) sur lesquels reposent les analyses phytogéographiques mentionnées dans le tableau 3.1. Les familles les plus riches sont les *Aspleniaceae* (29 taxons, soit 17,36% de la flore), *Pteridaceae* (16 espèces, soit 9,58%), *Thelypteridaceae* (12 espèces), *Polypodiaceae* (10 espèces), *Dennstaedtiaceae* (8 espèces), *Lycopodiaceae* (8 espèces) et *Sinopteridaceae* (8 espèces). Au niveau de la diversité générique, les familles dont les espèces sont réparties dans au moins 4 genres différents sont les *Thelypteridaceae* (8 genres), les *Polypodiaceae* (7 genres) et les *Dennstaedtiaceae* (4 genres).

## L'analyse phytogéographique de la ptéridoflore des montagnes du PNKB

L'analyse phytogéographique globale montre que les taxons de liaison africaines sont largement majoritaires dans le fond floristique avec 51,8% des taxons (tableau I). À part un faible pourcentage d'espèces endémiques (6,1%), les autres sont des espèces à large distribution (42,2%).

**Tableau I.** Spectres phytogéographiques des Ptéridophytes des montagnes du PNKB. Les grands groupes phytogéographiques sont précédés des lettres A, B et C. Ils sont classés du type le plus large au plus restreint.

Type phytogéographique	Nombre des Taxons	Proportion (%)
<b>A. Espèces à large distribution</b>	<b>70</b>	<b>42,2</b>
Cosmopolites	4	2,41
Subcosmopolites	7	4,2
Pantropicales	10	6,02
Afro-Américaines	8	4,8
Paléotropicales	14	8,4
Afro-malgaches	10	6,1
Paléotropicales montagnardes	2	1,2
Afro-malgaches montagnardes	15	9,03
<b>B. Espèces de liaison</b>	<b>86</b>	<b>51,8</b>
Afromontagnardes/afro-tropicales	48	28,96
Afromontagnardes/guinéo-congolaises	3	1,8
Afromontagnardes/ guinéo-congolaises/ soudaniennes	1	0,6
Afromontagnardes/soudaniennes/zambéziennes	11	7,18
Afromontagnardes Est-africaine	8	4,8
Afromontagnarde	15	9,05
<b>C. Espèces endémiques et subendémiques</b>	<b>10</b>	<b>6,1</b>
Endémiques de RDC	3	1,8
Endémiques du système Kivu-Ruwenzori	7	4,2
<b>Nombre total de Taxons</b>	<b>166</b>	<b>100</b>

### Espèces à large distribution

Au total, 70 taxons, soit 41,92% font partie de cette distribution phytogéographique et sont réparties dans 8 catégories différentes :

#### - Cosmopolites

Quatre espèces (*Adiantum capillus-veneris*, *Osmunda regalis*, *Psilotum nudum*, *Pteridium aquilinum* subsp. *aquilinum*) qui représentent 2,33% de la florule totale des Ptéridophytes de massif du Kahuzi sont distribuées dans tous les continents du monde.

#### - Subcosmopolites

Sept espèces sont présentes dans le massif montagneux du PNKB. *Amauropelta bergiana* var. *bergiana* est réparti en Afrique, Asie (Inde, Pakistan) et Australie. *Equisetum ramosissimum* subsp. *ramosissimum* est

également présent à Madagascar, dans les Mascareignes, en Asie (sauf Malaisie), Europe, Amérique du nord et les caraïbes. Cinq autres taxons (*Dicranopteris linearis* var. *linearis*, *Lycopodium clavatum*, *Ophioglossum costatum*, *Pteris cretica* et *Selaginella kraussiana*) se trouvent aussi en Asie, Amérique et Australie occidentale.

#### **- Pantropicales**

Dix espèces intertropicales sont communes aux trois continents (Afrique, Amérique et Asie) et se retrouvent entre les deux tropiques. Il s'agit de *Adiantum poiretii*, *A. hemitomum*, *Christella gueintziana*, *Cyclosorus interruptus*, *Lycopodiella cernua*, *Marattia fraxinea*, *Nephrolepis undulata*, *Pityrogramma calomelanos*, *P. vittata* et *Thelypteris striata*.

#### **- Afro-Américaines**

Huit taxons se trouvent uniquement en Afrique et aux Amériques. *Adiantum patens* subsp. *oatesii*, *Asplenium praemorsum*, *A. theciferum*, *Huperzia saururus*, *Doryopteris concolor*, *Didymochlaena truncatula*, *Hymenophyllum hirsutum* et *Trichomanes rigidum*.

#### **- Paléotropicales**

Dix-sept espèces de la florule du PNKB débordent du continent africain et se retrouvent dans les montagnes d'Asie tropicale. Parmi elles, huit espèces sont mieux représentées en Asie tropicale qu'en Afrique : *Arthropteris orientalis*, *Cheilanthes farinosa*, *Pleopeltis macrocarpa*, *Lygodium microphyllum*, *Marsilea minuta*, *Microgramma lycopodioides*, *Microsorium punctatum* et *Pteris catoptera*. Les six autres espèces (*Asplenium rutifolium*, *Christella dentata*, *Nephrolepis biserrata*, *Phymatosorus scolopendria*, *Pteris dentata*, *P. tripartita* et *P. linearis*) sont en majorité africaines mais présentes aussi en Asie. Deux espèces (*Actiniopteris semiflabellata* et *Adiantum incisum*) se localisent uniquement dans les zones montagneuses de deux continents (Afrique et Asie) ; elles sont paléotropicales montagnardes.

#### **-Afro-malgaches**

Deux catégories d'espèces se retrouvent à Madagascar et sur les îles voisines. Dix taxons (*Asplenium protensum*, *Arthropteris monocarpa*, *Blechnum tabulare*, *Blotiella glabra*, *Dryopteris manniana*, *Elaphoglossum aubertii*, *Davallia chaerophylloides*, *Oleandra distenta*, *Pellaea viridis* var. *canonica* et *Platycterium elephantotis*) sont afro-malgaches et réparties dans plusieurs types de régions et domaines d'Afrique continentale. Les 14 autres espèces (*Asplenium gemmiferum*, *A. mannii*, *Athyrium scandicinum*, *Blechnum attenuatum*, *Elaphoglossum acrostichoides*, *E. deckenii*, *E. hybridum*, *Loxogramme abyssinica*, *Pellaea angulosa*, *P. pectiniformis*, *Pityrogramma argentea*, *Pneumatopteris unita*, *Sticherus flagellaris* et *Tectaria gemmifera*) se rencontrent uniquement dans les systèmes montagneux de Madagascar et du reste de l'Afrique.

### Les espèces de liaison africaines

Les espèces de liaison africaines ont été regroupées en 6 catégories et sont représentées en proportion de 52,1% de la florule générale. Elles sont distribuées de la manière suivante :

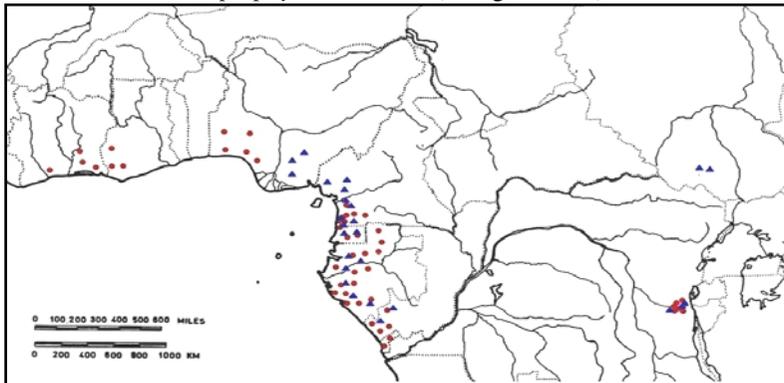
#### -Espèces de liaison des régions afro-montagnarde/guinéo-congolaise

Quatre espèces se trouvent dans cette zone de transition. Parmi elles, une d'entre elles, *Triplophyllum varians* montre une large disjonction (**Figure 2**). Elle est signalée dans les sous-centres haut et bas-guinéens du centre guinéo-congolais et se retrouve dans les montagnes du Kivu (extrémité est du sous-centre congolais), séparée par plus de 2500 km des populations végétales de basse et haute guinéennes. Une autre (*Selaginella kivuensis*) est présente sur les massifs de Bioko et Annobon en Guinée équatoriale, respectivement à 925 et 1653 m altitude. Elle se rencontre dans le centre de la RDC sur les collines (536 m d'altitude) au nord de la rivière Lopoli, proche du Parc national de Salonga (PNS) et ses environs, dans la cuvette centrale et sur le massif montagneux du PNKB jusqu'à 3223 m. La troisième espèce (*Selaginella auquieri*), uniquement présente en RDC, se trouve dans le massif du PNKB et ses environs et dans le sous-centre congolais sur les collines surplombant le Parc National de Salonga (PNS), dans la cuvette centrale en RDC. *Salvinia nymphellula* se rencontre, par contre, dans tous les domaines du centre guinéo-congolais et dans l'étage submontagnard du PNKB.

#### -Espèces de liaison des régions afro-montagnarde/guinéo-congolaise/soudanienne.

Une seule espèce, *Pteris repens*, présente une large disjonction d'aire et se rencontre dans le sous-centre bas-guinéen et dans quelques endroits isolés des montagnes du PNKB. Ainsi que sur plus de 3200 km du domaine soudanais par rapport au sous-centre bas-guinéen (**Figure 2**).

**Figure 2.** Exemples d'aires à large disjonction : *Pteris repens* (ronds rouges) et *Triplophyllum varians* (triangles bleus)



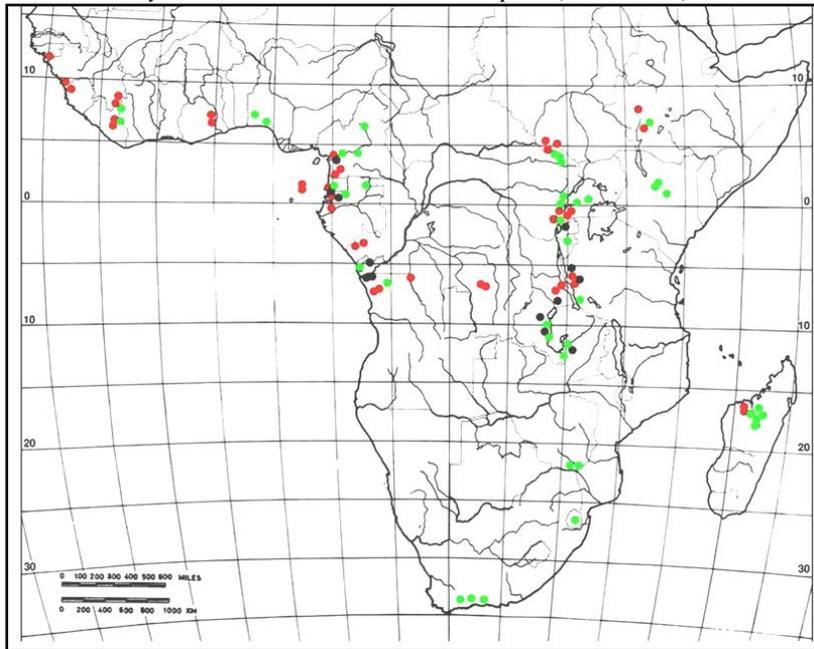
**- Espèces de liaison des régions afro-montagnarde/soudanienne/zambézienne**

Douze espèces se retrouvent à la fois dans le massif montagneux du PNKB et dans la région soudano-zambézienne. La majorité des espèces (*Asplenium linckii*, *A. monanthes*, *A. preussii*, *A. smedsii*, *A. stuhlmannii*, *Thelypteris confluens* et *Pyrrosia schimperiana*) sont répandues dans les systèmes montagneux africains et pénètrent dans les deux régions voisines de forêts de Miombo au sud et au nord de la région soudano-zambézienne. Quatre autres espèces (*Dryopteris antarctica*, *D. inaequalis*, *D. kilemensis* et *Polystichum transvaalense*), plus répandues dans la région soudano-zambézienne, sont, par contre, sporadiquement représentées dans le système Kivu-Ruwenzori.

**- Les espèces de liaison des régions afro-montagnarde/afro-tropicale**

Elles sont très répandues par rapport aux autres systèmes de distribution .Elles sont représentées par 48 taxons (*Amauropelta oppositifomis*, *Antrophyum mannianum*, *Asplenium africanum*, *A. aethiopicum* subsp *aethiopicum*, *A. aethiopicum* subsp *tripinnatum*, *A. dregeanum*, *A. elliotii*, *A. erectum* var. *usambarensis*, *A. emarginatum*, *A. friesiorum* subsp. *friesiorum*, *A. hypomelas*, *A. macrophlebium*, *A. megalura*, *A. sandersonii*, *A. variable* var. *paucijugum*, *Azolla nilotica*, *A. pinnata* var. *africana*, *Blotiella currorii*, *Coniogramme africana*, *Crepidomanes mannii*, *Cyathea camerooniana* var. *aethiopica*, *Cyathea dregei*, *C. manniana*, *Diplazium proliferum*, *D. zanzibaricum*, *Drynaria laurentii*, *Elaphoglossum barteri*, *Huperzia dacrydioides*, *Histiopteris incisa*, *Hymenophyllum kuhnii*, *Gleichenia elongata*, *Isoetes welwitschii*, *Lomariopsis congoensis*, *L. hederacea*, *Lygodium smithianum*, *Ophioglossum vulgatum* subsp. *kilimandscharicum*, *Pellaea doniana*, *P. dura* var. *schweinfurthii*, *Platynerium stemaria*, *Pteris burtonii*, *P. friesii*, *P. intricata*, *P. pteridioides*, *Pseudocyclosorus camerounensis*, *Pseudocyclosorus pulcher*, *Selaginella molliceps*, *S. myosurus* et *S. versicolor*) distribuées dans toute la région guinéo-congolaise et pénètrent dans la région soudano-zambézienne. Elles sont présentes sur la mosaïque régionale du lac Victoria et dans la région afro-tropicale (**Figure 3**). Certaines autres se retrouvent même dans la mosaïque côtière ouest-africaine et en Angola, sur la zone côtière à l'ouest des forêts des Dembos ou au sud du Cabinda. Parfois, elles sont présentes sur le littoral dans les régions côtières basses, ainsi que le long des estuaires, sur un substrat vaseux dans cette zone côtière.

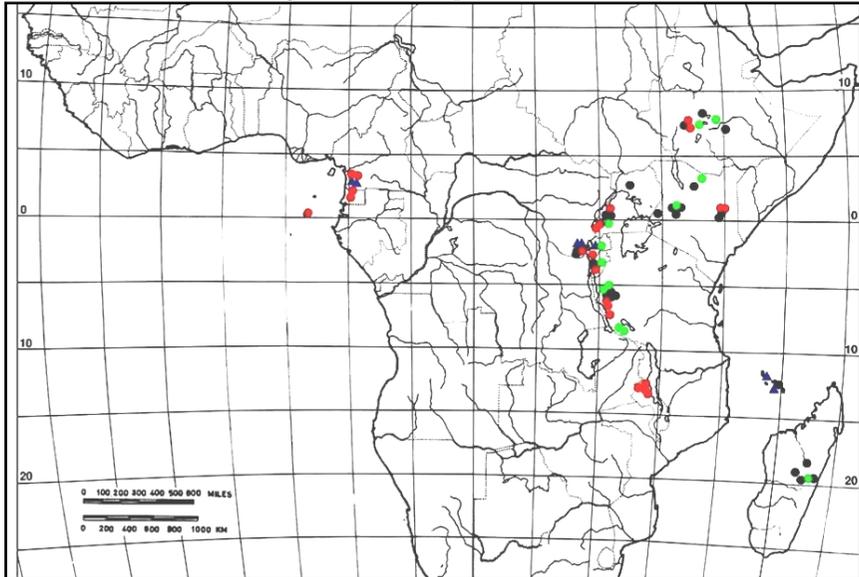
**Figure 3.** Exemple des trois espèces de liaison des régions afro-montagnarde/afro-tropicale : *Amauropelta oppositifomis* (ronds verts), *Antrophyum mannianum* (ronds rouges) et *Cyathea camerooniana* var. *aethiopica* (ronds noirs).



#### - Espèces de liaison afro-montagnardes

Quinze espèces, soit 9,05%, se distribuent depuis le sud-ouest de la dorsale camerounaise jusqu'aux systèmes montagneux d'Afrique orientale et australe, ainsi que sur les montagnes de Madagascar. Parmi ces espèces, sept se retrouvent dans tous les systèmes montagneux d'Afrique et de Madagascar (*Hypolepis sparsisora*, *Huperzia gnidioides*, *Dryopteris lewalleana*, *Hymenophyllum capillare*, *H. triangulare*, *Lepisorus excavatus* et *Melpomene flabelliformis*). Cinq autres taxons sont présentes dans le système du mont Cameroun et dans les cinq systèmes au nord-est et sud-est du rift Albertin (*Asplenium abyssinicum*, *A. ceii*, *Drynaria volkensii*, *Vittaria guineensis* var. *orientalis* et *V. volkensii*). Deux espèces (*Metathelypteris vandervekenii* et *Sphaerostephanos arbuscula* subsp. *africanus*) se trouvent entre les massifs montagneux du mont Cameroun, du Kivu-Ruwenzori et de Madagascar et une espèce (*Blotiella crenata*) est présente dans le massif du mont Cameroun et dans les cinq massifs situés à l'est du rift Albertin (Figure 4).

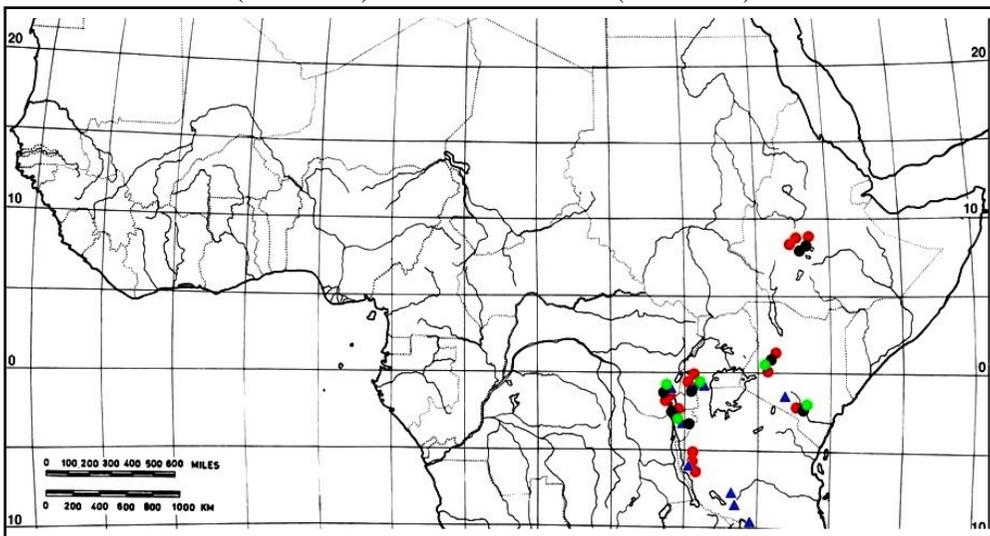
**Figure 4.** Exemple des quatre espèces de liaison des systèmes montagnards africains : *Asplenium abyssinicum* (verte), *Blotiella crenata* (ronds rouges), *Metathelypteris vandervekenii* (triangle) bleus) et *Lepisorus excavatus* (ronds noirs).



**- Les Espèces de liaison des systèmes montagnards d'Afrique de l'Est.**

Huit espèces (*Asplenium bugoiense*, *A. loxoscaphoides*, *Cheilanthes similis*, *Huperzia afromontana*, *Blotiella hieronymi*, *B. stipitata*, *Pleopeltis lanceolata* et *Vittaria reckmansii*) se trouvent dans les autres montagnes d'Afrique de l'Est. Ces espèces sont distribuées dans presque tout le rift Albertin et d'autres systèmes montagnards est-africains (**Figure 5**).

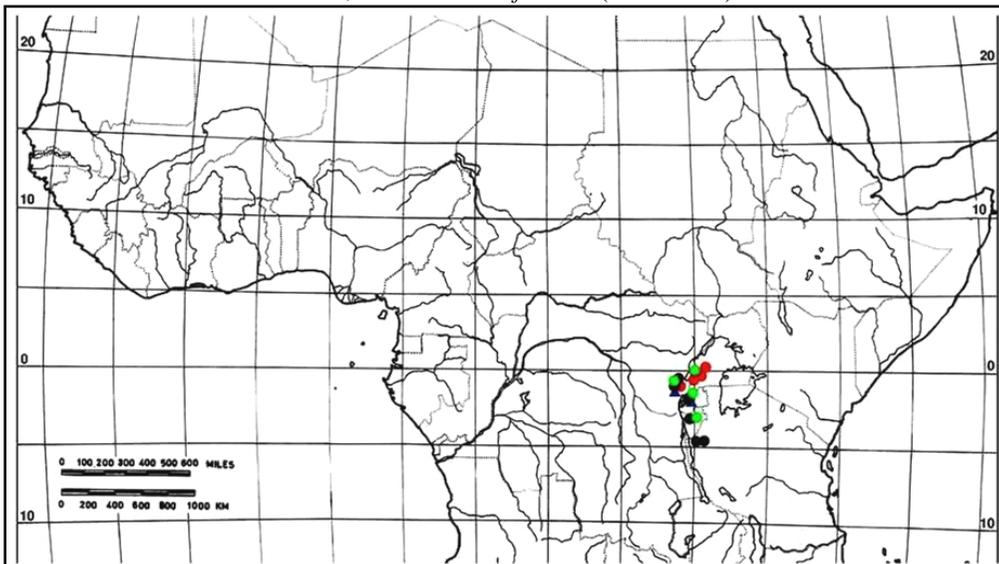
**Figure 5.** Exemple des espèces des systèmes montagnards d'Afrique de l'Est : *Asplenium bugoiense* (ronds rouges), *Huperzia afromontana* (triangles bleus), *Blotiella hieronymi* (ronds verts) et *Vittaria reckmansii* (ronds noirs).



### Espèces endémiques.

Dix espèces sont considérées comme endémiques et subendémiques de notre zone d'étude. Parmi ces espèces, deux sont endémiques du PNKB (*Asplenium friesiorum* subsp *kivuensis* et *Lycopodium carolinum*) et une autre, *Selaginella auquieri*, de RDC. Sept autres taxons (*Cyathea camerooniana* var. *ugandensis*, *Elaphoglossum kivuense*, *Huperzia bampsiana*, *Odontosoria africana*, *Pityrogramma humbertii* var. *elongata*, *Pteris auquieri* et *P. kivuensis*) sont endémiques de la chaîne de montagnes du Kivu-Ruwenzori (**Figure 6**).

**Figure 6.** Exemple des espèces du système Kivu-Ruwenzori : *Cyathea camerooniana* var. *ugandensis* (ronds rouges), *Elaphoglossum kivuense* (triangles bleus), *Huperzia bampsiana* « noire », *Odontosoria africana* (ronds verts).



### Affinité et dissimilarité floristiques et phytogéographie

Parmi les espèces des Ptéridophytes recensées au PNKB dans le centre régional afro-montagnard, la majorité sont des espèces de liaison et de large distribution spatiale. Ces résultats sont proches de ceux de Kornas´ & Kazimierz (1993) et Kornas´ (1993), respectivement au Rwanda et en Zambie, et Hemp (2001, 2002) sur les montagnes du Kilimandjaro, ainsi que Figueiredo *et al.* (2009) à São Tomé et Príncipe, et Ronald (1986) dans le sud-ouest de la dorsale camerounaise avec une proportion élevée d'espèces de liaison africaines en comparaison. D'après ces auteurs, les Ptéridophytes sont des plantes dont l'aire de distribution est très largement étendue et éminemment variable. Elles produisent un grand nombre de spores transportées par le vent, à l'instar des orchidacées et de plusieurs épiphytes (Tryon, 1986a ; Figueiredo, 2001). Hems (2001, 2002) et Crouch *et al.*, (2011) pensent que certaines espèces n'ont pu suivre des changements

climatiques aussi rapides, ce qui pourrait expliquer leur présence dans des centres d'endémisme restreints.

Les travaux de Kornas´ & Kazimierz (1993), Kornas´ (1993, 1994), Aldasoro *et al.* (2004) et Figueiredo *et al.* (2009) nous ont aidés à établir les affinités et dissimilarités (**figure 7**) de la flore du PNKB avec d'autres montagnes d'Afrique, de ses îles périphériques et d'une partie de l'Asie du Sud-Est et nous avons pu réaliser le dendrogramme (Bray-Curtis binaire) de ces différents sites suite aux données du (tableau II).

**Tableau II.** Tableau comparatif de la richesse floristique et de taux d'endémisme d'espèces par site (Aldasoro *et al.*, 2004 ).

	Altitude (m)	Taxons	Genres	Familles	% d'espèces endémiques
Mt Kinabalu (Malaisie)	4095	613	139	29	33,6
Madagascar et îles voisines	2876	627	102	28	41,7
Mt Kipengere (Tanzanie)	2829	375	86	27	2,4
Mt Aberdare (Malawi)	5895	313	28	28	4,9
MtDrakensberg (Afrique du Sud)	3375	206	71	28	4,9
Mt Rukiya (Kenya)	4507	242	75	26	2,5
Mt Bioko (Guinée équatoriale)	3007	204	68	23	1,6
Massif de Kahuzi	3326	166	69	36	1,8
Mt Cameroun	2700	184	59	19	0,5
Angola	1829	163	66	26	1,8
Tristan da Cunha (IOAS)	2058	36	16	12	16,5
Mt Saint Helens I (E.U)	823	31	15	12	38,7
Ascension I (France)	860	10	9	8	38,7
Mt Marion-Dufresne (France)	1050	9	7	6	38,7

**Légende :** Mt : Montagne ; IOAS : Ile d'océan Atlantique Sud et EU : Etats-Unis

### Affinités entre le massif montagneux du PNKB et les autres sites

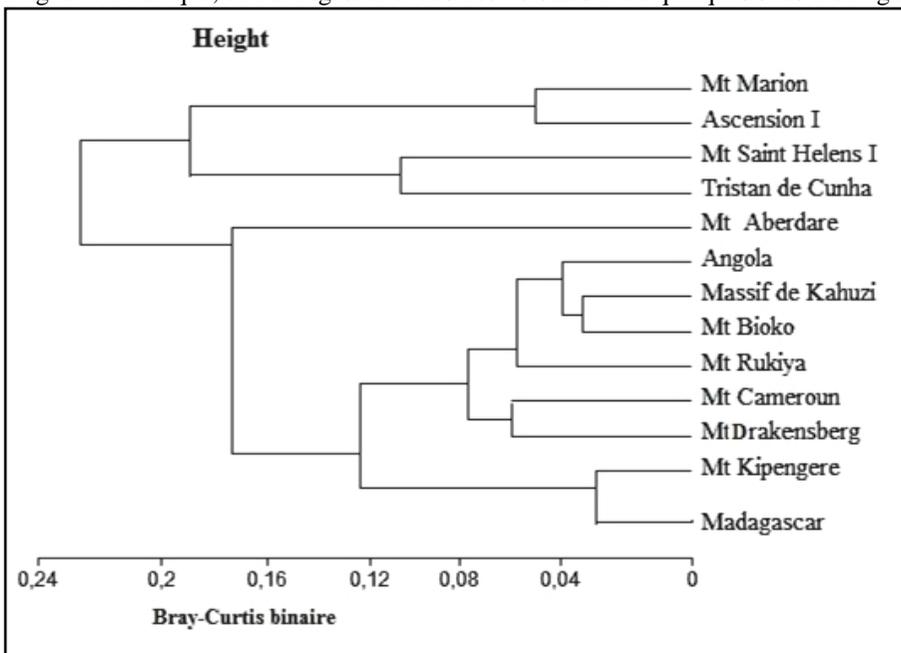
Les systèmes montagneux africains ont presque le même taux de richesse floristique et une faible proportion d'endémisme, ce qui n'est pas le cas pour les montagnes de Madagascar par exemple. L'écosystème montagneux du PNKB et l'ensemble des blocs montagneux de l'Afrique de l'Est constituent une zone de transition entre les espèces afro-tropicales et les espèces afro-montagnardes, d'une part, et entre les espèces de liaison des régions afro-montagnardes africaines et afro-malgaches, d'autre part. La flore du massif montagneux de Kahuzi se rapproche de celle des forêts soudano-zambéziennes des monts d'Angola (monts Saint Guibert, de Cristal, Elonga) et de celle de l'île de Bioko et de celle du mont Cameroun (Tableau II). Nous pensons que cela peut être dû à l'influence des alternances de périodes froides et chaudes qui ont contribué aux variations climatiques cycliques et explique son influence à grande échelle sur la biodiversité des

plantes ainsi que sur l'évolution du couvert végétal à l'est de la RDC et dans d'autres pays d'Afrique. Ceci a été aussi confirmé par Aldasoro *et al.* (2004).

### Dissimilarités entre massif montagneux du PNKB et les autres sites

La dissimilarité entre la distribution des Ptéridophytes du massif du PKNB avec les autres sites se manifeste dans les régions malgaches, l'Amérique et l'Asie. La richesse en endémiques et subendémiques de la flore ptéridologique du PNKB est de 6,6% (figure 7). Ces résultats sont faibles par rapport à ceux trouvés pour la flore des Ptéridophytes de Madagascar, d'Asie, d'Europe et des îles de l'océan Pacifique.

**Figure 7.** Richesse floristique et proportion d'endémisme ptéridologique des massifs montagneux d'Afrique, de Madagascar et des îles voisines et de quelques sites montagneux



La présence importante des Ptéridophytes à Madagascar s'explique par le fait que l'île a été un refuge pour les plantes (Kornas, 1993 ; Schelpe, 1983 ; Pausas & Austin, 2001 ; Pausas & Sáez, 2000 ; Pausas *et al.*, 2003). À Madagascar, d'après Rakotondrainibe *et al.* (1996) et Myers *et al.* (2000), les plantes à fleurs ont toutefois subi un plus grand isolement conduisant à un endémisme plus élevé (80,6%) que celui des Ptéridophytes (41,7%).

Ces auteurs ont enregistré les données pour les oiseaux, les mammifères, les reptiles et les amphibiens, qui ont montré des degrés d'endémisme de l'ordre de 80-90%. L'endémisme des oiseaux (55,4%) qui est semblable à celui des fougères, pourrait s'expliquer par les capacités de dispersion de ces deux groupes (fougères et oiseaux). Le rôle important de Madagascar comme refuge des groupes taxonomiques est confirmé. Le

nombre élevé d'espèces endémiques à Madagascar n'est pas explicable seulement par l'isolement, la stabilité climatique ou la concurrence faible. Mais la combinaison de tous ces facteurs peut expliquer cette situation de manière satisfaisante. Cette île semble être un «Musée de la diversité endémique» pour de nombreux groupes taxonomiques (Mayaux *et al.*, 2004).

### **Hypothèse sur la large disjonction des espèces trouvées au PNKB**

La large disjonction observée (*Pteris repens* et *Triplophyllum varians*, fig.2), ainsi que d'autres observations de disjonctions similaires sont souvent expliquées par la théorie des refuges glaciaires. Cette hypothèse admet que, durant les périodes glaciaires du Quaternaire, la forêt d'Afrique centrale a fortement régressé pour occuper de petites poches appelées refuges forestiers (Maley & Brenac, 1987 ; Sosef, 1996 ; Robbrecht, 1996 ; Maley *et al.*, 2003 ; Küper *et al.*, 2004 ; Tassin *et al.*, 2009). Par leur écologie et leur aire de distribution, ces espèces peuvent être considérées comme des marqueurs pour les refuges de montagne. Certaines phanérogames peuvent être citées comme exemples : *Impatiens burtonii* Hook.f et *Impatiens mannii* Hook.f sont très répandues dans les massifs montagneux de l'Afrique de l'ouest (montagnes du Cameroun, de Bioko et du Gabon) et se retrouvent dans le Kivu-Ruwenzori (Grey, 1980). L'aire de la seconde espèce se prolonge jusqu' au système montagnard d'Uluguru-Mlanje (Kornas' & Kazimierz, 1993 ; Crouch *et al.*, 2011). Lachenaud & Jongkind (2010) démontrent que la Rubiaceae *Chassalia pteropetala* (K.Schum.) Cheek est très répandue dans le Kivu-Ruwenzori, ponctuellement présente dans la zone de transition soudano-congolaise et dans les montagnes ouest-africaines. *Elaphoglossum kivuense*, considérée jadis comme endémique du Kivu-Ruwenzori, est maintenant connue dans les systèmes montagneux éthiopiens et des Imatong-Usambara (sud du Soudan, Ouganda et nord-est de la Tanzanie) ainsi que dans la zone de transition guinéo-congolaise/soudanienne.

### **Degré d'exploration des Ptéridophytes**

Dans les pays tropicaux, les données permettant d'établir la distribution d'une espèce sont souvent incomplètes (Rakotondrainibe *et al.*, 1996a ; Linder, 2001), soit par suite d'une absence de prospection de certains secteurs, soit en raison d'indications trop concises fournies par les observateurs ou collecteurs (Linder, 2001). Les grandes explorations botaniques en RDC datent de l'époque coloniale, mais les récoltes n'ont pas été effectuées de façon homogène pour toutes les régions. Certaines régions proches de certaines villes comme Boma, Kinshasa, Lubumbashi, Bukavu, Goma, Bunia, Kisangani Rwanda-Burundi (Koffi *et al.*, 2008) ont été bien explorées, alors que d'autres l'ont été partiellement. Les régions les mieux

connues floristiquement sont celles situées aux environs des centres d'activités, des institutions de recherche et des universités. En plus, ce sont des lieux qui sont à proximité de réserves naturelles, de domaines de chasse, ou de Parcs Nationaux.

En dehors de ces zones, plusieurs hectares très diversifiés de végétation naturelle ne sont pas explorés ou ne le sont que très partiellement (Bergonizi & Lanly, 2000 ;Küper *et al.*, 2006). En RDC, on peut considérer que les zones de transition régionale guinéo-congolaise/zambézienne et guinéo-congolaise/soudanienne sont moins densément explorées. Cela peut aussi justifier l'absence remarquable des Ptéridophytes dans ces zones de transition et la présence d'une végétation en savane qui domine parfois. Mais, d'une manière générale, il y a des insuffisances pour identifier des secteurs mal échantillonnés, car les lieux avec beaucoup d'échantillons auront une gamme plus large par rapport à ceux avec peu d'échantillons. De même, les événements historiques qui ont abouti aux zones de refuges ne sont pas incorporés (Robbrecht, 2006 ; Küper *et al.*, 2006). Bien que les aires de distribution potentielles des différentes espèces soient basées sur une extrapolation des conditions climatiques dans lesquelles les espèces ont été récoltées, elles ne s'écartent pas beaucoup des cartes de distribution réelle. Cette bonne concordance est liée, d'une part, à la quantité et à la qualité des données et, d'autre part, aux caractéristiques écologiques ainsi qu'à l'importance du nombre d'échantillons par espèce (Mayaux *et al.*, 2004). Nous avons remarqué que les Ptéridophytes qui se trouvent dans les zones des montagnes PNKB se distribuent aussi bien dans les biotopes de très basses altitudes que ceux des hautes altitudes, allant de la plaine côtière de l'océan Atlantique jusqu'à des altitudes culminant au-dessus de 1250 m au début de l'étage submontagnard (Linder *et al.*, 2005).

### **Conservation des Ptéridophytes des montagnes du PNKB.**

Quelle que soit leur distribution en RDC, les espèces de la région afro-montagnarde ne débordent pas cette entité territoriale. Ces espèces montagnardes, qu'on peut considérer comme « indicatrices », doivent être conservées afin de mieux les utiliser comme témoins de la dégradation des forêts des montagnes.

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. Ceci 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 (Kiew & Anthonysamy 1987 ; Gentry, 1992 ; Grytnes & Vetaas, 2002). De ce fait, la richesse floristique des Ptéridophytes varie beaucoup selon les changements des conditions abiotiques des milieux, expliquant pourquoi certaines espèces sont considérées comme bio-indicatrices (Kiew & Anthonysamy, 1987 ; Mangambu *et al.*, 2013b).

Il en est de même pour celles qui ne sont représentées que par quelques spécimens (moins de dix, par exemple), méritant une étude plus approfondie afin de voir si elles sont en voie d'extinction. Cette zone doit être prise en compte par les décideurs en la matière. Enfin, il sera nécessaire de compléter les inventaires sur le site présenté au PNKB, ainsi que sur d'autres sites (parties de la plaine du PNKB). Ils permettront de mieux connaître la variabilité des forêts du PNKB en général. Ces données apporteront également plus de précisions sur la phytogéographie et l'histoire de ces forêts et fourniront des informations nécessaires aux politiques et aux gestionnaires pour la mise en place des stratégies de conservation et de gestion des ressources forestières efficaces à l'échelle nationale, voire sous-régionale.

## Conclusion

L'ensemble des résultats de cette étude montrent que les Ptéridophytes du PNKB se trouvent dans plusieurs autres régions ou domaines africains. Il nous a permis de constituer une check-list de **166 7 taxons**, appartiennent à 70 genres et 37 familles. Tout ceci-ci souligne l'importance des travaux de terrain effectués mais aussi de la visite des **herbiers herbariers** abritant des collections historiques. Il a mis en évidence aussi l'intensité des récoltes utilisées dans ce travail à travers les étages des montagnes du PNKB. Ces forêts du massif PNKB présentent une composition floristique caractéristique des montagnes africaines avec un taux de la flore ptéridologique élevé des espèces de liaison africaines et une proportion d'endémisme faible. Cet écosystème montagneux du PNKB constitue une zone de transition entre les régions afro-tropicales et afro-montagnardes jusqu'à Madagascar.

Les mêmes analyses effectuées ont confirmé d'avantage la richesse floristique des montagnes du rift Albertin. Les Ptéridophytes trouvées sont à la fois des plantes à large distribution (cosmopolites, pantropicales, afro-malgaches) et des espèces plurirégionales africaines qui montrent aussi de larges disjonctions. La majorité de ces espèces sont diversifiées dans les centres d'endémisme de la RDC. L'étage submontagnard du PNKB est considéré comme la zone de transition entre le massif montagneux du Kahuzi et les autres centres et zones régionaux d'endémisme. Ceci affirme d'avantage le caractère orophile de zone des montagnes du PNKB. Il semble

que les paramètres climatiques actuels ont un rôle prépondérant pour expliquer la distribution des plantes, non seulement à l'échelle des systèmes montagneux d'Afrique mais aussi dans toute la région guinéo-congolaise. En fait, nos résultats démontrent le rôle des massifs montagneux et donc de l'hétérogénéité environnementale, pour expliquer l'origine des espèces dans les systèmes montagneux africains

### **Remerciements**

Le présent travail a pu être réalisé grâce à l'appui matériel et financier accordé par la Direction Générale de la Coopération au Développement (DGCD) à travers la Coopération Technique Belge (CTB), et l'UNESCO dans leurs programmes de renforcement des capacités des chercheurs congolais. Les auteurs remercient sincèrement ces organisations.

### **Références:**

- Aldasoro, J., Cabezas, F. & Aedo, C. (2004). Diversity and distribution of ferns in sub-Saharan Africa, Madagascar and some islands of the South Atlantic. *J. Biogeog.*, 31: 1579-1604.
- Anonyme (2010). Plan général de gestion du Parc National de Kahuzi- Biega « 2009-2019 ». Elaboré par la collaboration du projet PBF/ GTZ et WWP/PCKB, Ministère d'environnement et Tourisme/RDC (Kinshasa).
- Bamps, P. (1982). Flore d'Afrique Centrale (Zaire-Rwanda-Burundi) : Répertoire des lieux de récolte. Jardin Botanique National de Belgique, Meise (Belgique).
- Borsdorf, A. & Braun, V. (2008). Panorama de la recherche sur la montagne en Europe et dans le monde. *Rev. Géo. Alpine*, 96(4) : 101-116.
- Caballe, G. (1978). Essai Phytogéographique sur la Forêt dense du Gabon. *Ann. Sci. Univ. Nat. du Gabon*, 2:87-101.
- Cribb, P., Fischer, E. & Killmann, D. (2010). A revision of *Gastrodia* (Orchidaceae: *Epidendroideae*, *Gastrodieae*) in tropical Africa. *Kew Bull.*, 65: 315-321.
- Crouch, N., Klopper, R., Burrows, J. & Burrows, S. (2011). Ferns of Southern Africa, a comprehensive guide. *Struik Nature*, 1-532.
- Figueiredo, E. (2001). New findings of pteridophytes from the mountain rainforests of São Tomé and Príncipe. *Fern Gaz.*, 16: 191-193.
- Figueiredo, E., Gascoigne, A. & Roux, J-P. (2009). New record of Pteridophytes from Annobón Island. *Bothalia*, 39 (2) : 213-216.
- Fischer, E. (1996). Die Vegetation des Parcs National de Kahuzi-Biega, Sud-Kivu, Zaire. *Franz Steiner Verlag*. Stuttgart.
- Fischer, E., Venter, H., Killmann, D., Meve, U. & Venter, A. (2011). *Epistemma neuerburgii* (Apocynaceae, Periplocoideae): A new epiphytic

- species from Nyungwe National Park, Rwanda, Africa. *South African J. Bot.*, 77 (3): 680-684.
- Gentry, A. (1992). Tropical forest biodiversity: distributional patterns and their conservational significance. *Oikos*, 63: 19-28.
- Guillaumet, J-L. (2009). La végétation des montagnes du Rift. In : Hirsch B. (dir.), Roussel Bernard (dir.), Verdeaux François (collab.), Fauvelle-Aymar F.X. (collab.), Coppens Y. (préf.) Le Rift est-africain : une singularité plurielle. Marseille (FRA) ; Paris : IRD ; MNHN, 2009, p. 195-204.
- Grey, W. (1980). Impatiens of Africa: Balkema/Rotterdam.
- Grytnes, J. & Vetaas O. (2002). Species richness and altitude: a comparison between simulation modes and interpolated plant species richness along Himalayan altitudinal gradient, Nepal. *American Natur.*, 159: 294-304
- Hemp, A. (2001). Ecology of the pteridophytes on the southern slopes of Mt. Kilimanjaro. Part II: Habitat selection. *J. Plant. Ecol.*, 3: 493-523.
- Hemp, A. (2002). Ecology of the pteridophytes on the southern slopes of Mt. Kilimanjaro. Part I : Altitudinal distribution. *J. Plant. Ecol*, 159: 211-239.
- Kalanda, K. (1981). Etude taxonomique et phytogéographique du genre. *Vernonia* Schreb. (Asteraceae) au Zaïre. Thèse de Doctorat, Kisangani (RDC).
- 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.
- Koffi, K.J. (2008). Analyse des structures spatiales des données de distribution phytogéographique des Acanthaceae en Afrique centrale, thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Belgique.
- Kornas', J., & Kazimierz, A. (1993). Atlas de la distribution des Ptéridophytes au Rwanda (Afrique centrale). *Prace Botaniczne*, Allemangne.
- Kornas', J. (1979). Distribution and ecology of the Pteridophytes in Zambia. *Państwowe Wydawnictwo Naukowe in Warszawa*.
- Kornas', J. (1993). The significance of historical factors and ecological preference in the distribution of African Pteridophytes. *J. Biogeo.*, 20: 281-286.
- Küper, W., Sommer J., Lovett, J., Mutke, J., Linder, H., Beentje, H., van Rompaey, R., Chatelain, C., Sosef, M. & Barthlott, W. (2004). Africa's hotspots of biodiversity redefined. *An. Miss. Bot. Garden*, 91: 525-536.
- Lachenaud, O. & Jongkind, C. (2010). Three new or little-known *Chassalia* (Rubiaceae) species from West and Central Africa. *Nord. J. Bot.*, 28: 13-20.
- Lejoly, J., Lisowski, S. & Ndjele, M. (1988). Catalogue des plantes vasculaires des sous-régions de Kisangani et de la Tshopo (Haut-Zaïre). Université Libre de Bruxelles, 3<sup>ème</sup> édition.
- Letouzey, R. (1968). Etude phytogéographique du Cameroun. Paris, Paul Lechevallier, 511 p.

- Letouzey, R. (1985). Notice de la carte phytogéographique du Cameroun au 1: 500 000. 5 Vols. Toulouse, Institut de la carte Internationale de la Végétation.
- Linder, H. (2001). Plant diversity and endemism in sub-Saharan tropical Africa. *J. Biog.*, 28: 169-182.
- Linder, H., Lovett, J., Mutke J., Barthlott, W., Jürgens, N., Rebelo, T. & Küper, W. (2005). A numerical re-evaluation of the sub-Saharan phytochoria of mainland Africa. *Biolog. Skrif.*, 55: 229-252.
- Lubini, A. (2001). Analyse phytogéographique de la flore forestière du secteur du Kasai au Congo-Kinshasa. *Syst. Geogr. Pl.*, 71 : 859–872.
- Maley, J. & Brenac, P. (1987). Analyses polliniques préliminaires du Quaternaire récent de l'Ouest du Cameroun : mise en évidence de refuges forestiers et discussion des problèmes paléoclimatiques. *Mém. Trav. Ec. Pr. Hautes Et., Institut de Montpellier* 17: 129-142
- Maley, J. (2001). La destruction catastrophique des forêts d'Afrique centrale survenue il y a environ 2500 ans exerce encore une influence majeure sur la répartition actuelle des formations végétales. *Syst. geogr. Pl.*, 71(2) : 777-796.
- Maley, J. (2003). Synthèse sur l'histoire de la végétation et du climat en Afrique centrale au cours du Quaternaire récent ; peuplements anciens et actuels des forêts tropicales. IRD : Paris, p. 53-75 (Coll. Colloque et séminaires).
- Mangambu, M-J., Muhashy, H. F., Janssen, T., Diggelen, R., Robbrecht, E. & Ntahobavuka, H.H. (2013a). 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). *Int. J. environ. Stud.* 70 (2) : 259-283
- Mangambu, M., Van Diggelen R., Mwangamwanga, J-C, Ntahobavuka, H. & Robbrecht, E. (2013b). Espèces nouvellement signalées pour la flore ptéridologique de la République Démocratique du Congo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7(1) : 107-124
- 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, 463 p.
- Moran, R.C. & Smith, A.R. (2001). Phytogeographic relationships between neotropical and African-Madagascan pteridophytes. *Brittonia* 53 (2): 304-351.
- Moutsamboté J-M. (1990). *Vernonia titanophylla* Brenan (Asteraceae), espèce nouvelle pour la flore du Congo. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, 60: 275-278.

- Mühlenberg, M., Slowik J. & Steinhauer-Burkart B. (1994). *Parc National de Kahuzi-Biega*. Brochure publiée par le projet Zaïro-allemand IZCN/GTZ, Bukavu. Conservation de la Nature Intégrée.
- Myers, N., Mittermeier, R., Mitterneier, C., da Fonseca, G. & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.
- Ndjele, M. (1988). Les éléments phytogéographiques endémiques dans la flore vasculaire du Zaïre. Thèse, Faculté des Sciences, Université Libre de Bruxelles, Belgique.
- Oksanen, J., Blanchet, G., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, R.B., Simpson, G., Solymos, P., Stevens, M., Wagner, H. (2010). Vegan: community. *Ecology Package*, 1: 17-3.
- Pausas, J. & Sáez, L. (2000). Pteridophyte richness in the NE Iberian Peninsula: biogeographic patterns. *J. Plant. Ecol*, 148, 195-205.
- Plumptre, A., Eilu, G., Ewango, C., Ssegawa, P., Nkuutu, D., Gereau, R., Beentje, H., Poulsen, A. D., Fischer, E., Goyder, D., Pearce, T. & Hafashimana, D. (2007a). The Biodiversity of the Albertine Rift. *Biol. Conser.*, 134: 178-194
- Plumptre, A., Kujirakwinja, D., Matanguru, J., Kahundo, C., Kaleme, P., Marks, B. & Huhndorf, M. (2008). Inventaires biologiques des régions de Misotshi-Kabogo (Mont et Marungu à l'est de la en RDC. Albertine Rift Technical Reports. Unpublished report, Wildlife Conservation Society, USA
- Plumptre, A., Kujirakwinja, D. & Nampindo, S. (2009). Conservation of landscapes in the Albertine Rift. Pages 27-34 in Redford, K.H. and C. Grippio. eds. Protected areas, governance and scale. Working Paper, USA
- Rakotondrainibe, F., Badra, F. & Stefanovic, S. (1996a). Etude floristique et phytogéographique des ptéridophytes des îles du sud-ouest de l'Océan Indien. In: Lourenço W.R. (ed.) *J. Biogeo. Madag.*. Paris: ORSTOM, 1996, p. 109-120. (Colloques et Séminaires). Biogéographie de Madagascar: Colloque International, Paris.
- Robbrecht, E. (1996). Geography of African Rubiaceae with reference to glacial rain forest refuges. In: Van der Maesen, L.J.G., Van der Burgt, X.M. et Van Medenbach De Rooy, J.M. (eds.). The Biodiversity of African Plants. pp. 564-581. Proceedings XIV<sup>th</sup> AETFAT Congress 22 - 27 August 1994, Wageningen, Netherlands.
- Robyns, W. (1948b). Les territoires phytogéographiques du Congo Belge et du Ruanda-Urundi. Bruxelles, Atlas général du Congo Belge, Académie Royale des Sciences Coloniales, 10 p.
- Ronald, L. (1986). Pteridophytes from the Cameroon Highlands I. New Records. *Willdenowia*, 16: 247-251.
- Rossi, J-P. (2011). Rich: An R Package to Analyse Species Richness. *Diversity*, 3: 112-120

- Roux, J.P. (2001). An enumeration of the Pteridophyta of Angola, Botswana, Lesotho, Malawi, Mozambique, Namibia, South Africa (including the Marion Island group), Swaziland, Zambia and Zimbabwe. Compton Herbarium, National Botanical Institute, Southern African Botanical Diversity. *Network Report*, South Africa.
- Roux, J.P. (2009). Synopsis of the Lycodiopyta and Pteridophyta of Africa, Madagascar and neighbouring islands. *Strelitzia* 23. South African National Biodiversity Institute, Pretoria, South Africa.
- Roux, J.P. (2012). A revision of the fern genus *Dryopteris* (Dryopteridaceae) in sub-Saharan Africa. *Phytotaxa* 70: 1-118.
- Schelpe, E. (1970). Pteridophyta: Flora Zambesiaca (ed. by A.W. Exell and E. Launert). The Crown Agents for Overseas Governments and Administrations, London 1-254.
- Schelpe E. (1983). Aspects of the phytogeography of African Pteridophyta. *Bothalia*, 14, 417-419.
- Senterre, B. & Lejoly, J. (2001). Trees diversity in the Nsork rain forest (Rio Muni, Equatorial Guinea). *Acta Bot. Gal.* 148:227–235.
- Sosef, M.S.M. (1996). Refuge begonias: Taxonomy, phylogeny and historical biogeography of *Begonia* sect. *Loasibegonia* and sect. *Scutobegonia* in relation to glacial rain forest refuges in Africa. *Wageningen Agricultural University Papers*, 94(1): 1-306.
- Tassin, J. & Cotignola, M. (2009). The altitudinal gradient of plant species richness in maquis of New Caledonia. *Acta Bot. Gal.*, 156 (3): 469-475.
- White, F. (1978). The Afromontane region. In: M.J.A Werger. (eds.). *Biog. Ecol. Southern Africa*: 463-513.
- White, F. (1979). The Guineo-Congolian Region and its relationships to other phytochoria. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, 49 (1/2): 11-55.
- White F. (1986). La végétation de l'Afrique. Mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique UNESCO/AETFAT/UNSO. ORSTOM et UNESCO. Paris, collection des Recherches sur les Ressources Naturelles, 20: 1-384.
- White F. (1993). The AETFAT chorological classification of Africa: history, methods and applications. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, 62: 225-281.
- White L & Van de Weghe J.P. (2008). Patrimoine mondial et Naturel d'Afrique centrale. Rapport de l'atelier de Brazzaville du 12-14 mars Unesco-CAWHFI.
- Yamagiwa, J., Basabose, K., Kaleme, K. & Yumoto, T. (2005). Diet of Grauer's Gorilla in the Montane Forest of Kahuzi, DR Congo. *Int. J. Primat.*, 26 (6) : 1345-1373