

Composition et diversité floristiques des ptéridophytes de la forêt communautaire de Bopale, RDCongo

F.K. BOTELANYELE^{1*}, J.T. NGOLU BOMOY¹, M.B. AKAWA¹, S.D. KAKA², P.M. AKAWA², K.N. NGBOLUA³

(Reçu le 31/03/2026; Accepté le 26/05/2026)

Résumé

Ce travail a consisté à analyser la composition floristique et la diversité des Ptéridophytes de la forêt communautaire de Bopale situé au Nord-est de la République démocratique du Congo, dans la Province de Bas-Uélé. Les Ptéridophytes constituent un groupe important de plantes vasculaires qui jouent un rôle écologique majeur dans les écosystèmes forestiers tropicaux. Les données ont été collectées dans 2 parcelles de forme carrée d'un hectare (1 ha) chacune. Les inventaires floristiques ont été réalisés à l'aide de relevés botaniques dans différentes parcelles et les individus ont été récoltés. L'ensemble des 787 individus des fougères récoltés sont regroupés en 16 familles, 22 genres et 75 espèces. Les genres les plus abondants sont *Asplenium* (112 individus), *Pteris* (110 individus), *Lomariopsis* (96 individus), *Bolbitis* (84 individus), *Cyclosorus* (52 individus), *Diplazium* (42 individus), *Nephrolepis* (36 individus). Les familles dominantes sont Lomariopsidaceae (8 espèces), Polypodiaceae (11 espèces), Aspleniaceae (8 espèces) et Thelypteridaceae (6 espèces). L'analyse de la diversité spécifique a montré une richesse floristique relativement élevée, liée aux conditions écologiques favorables telles que l'humidité et la couverture forestière. L'indice de Shannon est également supérieur à la parcelle P1 ($H' = 3,56$) comparativement à la parcelle P2 ($H' = 3,00$), indiquant une diversité plus importante.

Mots-clés: Pteridophytes, diversité floristique, forêt tropicale, Buta, Bas-Uele, RDC

Floristic composition and diversity of pteridophytes in the Bopale community forest, DR Congo

Abstract

This study aimed to analyze the floristic composition and diversity of pteridophytes in the Bopale community forest, located in the northeastern part of the Democratic Republic of Congo, in Bas-Uele Province. Pteridophytes constitute an important group of vascular plants that play a major ecological role in tropical forest ecosystems. Data were collected from two square plots of one hectare (1 ha) each. Floristic inventories were carried out through botanical surveys in the different plots, and specimens were collected. In total, 787 fern individuals were recorded, belonging to 16 families, 22 genera, and 75 species. The most abundant genera were *Asplenium* (112 individuals), *Pteris* (110 individuals), *Lomariopsis* (96 individuals), *Bolbitis* (84 individuals), *Cyclosorus* (52 individuals), *Diplazium* (42 individuals), and *Nephrolepis* (36 individuals). The most dominant families were Lomariopsidaceae (8 species), Polypodiaceae (11 species), Aspleniaceae (8 species), and Thelypteridaceae (6 species). The analysis of species diversity revealed a relatively high level of floristic richness, associated with favorable ecological conditions such as humidity and forest cover. The Shannon diversity index was higher in plot P1 ($H' = 3.56$) compared to plot P2 ($H' = 3.00$), indicating greater diversity in P1.

Keywords: Pteridophytes, floristic diversity, tropical forest, Buta, Bas-Uele, DRC

INTRODUCTION

La République démocratique du Congo, occupe la 2^{ème} place en terme de forêt après celle de l'Amazonie (Brésil), elle est comptée parmi les 17 régions du monde qui abritent des «hot spots», c'est-à-dire des zones de la forte biodiversité, dont la majorité des espèces floristique, faunistique restent à étudier avec tous ce qui est comme pression anthropiques pour certaine partie de sa forêt, lieu à la démographie de la population, l'urbanisation, la pauvreté, l'agriculture avec cultures sur brûlie (Gaston et Spicer, 2004; Katuala, 2009).

Plusieurs travaux ont porté sur les déterminants de la structure des forêts tropicales humides. L'accent y est surtout mis sur celle des arbres. Cette primauté se justifie par leur importance dans la constitution et la compréhension des forêts. En outre, les arbres offrent d'autres avantages : plus grande facilité à inventorier et à cartographier, suivi écologique plus aisé et sûr. Considérant les Ptéridophytes, des études floristiques ont été conduites ces dernières années dans la région de Kisangani et ses environs. Carrington (1973) et Ewango (1991) ont étudié les Ptéridophytes de Kisangani et ses environs, Mandjo (1986) a fait l'inventaire des plantes conservées à l'herbarium de la Faculté des

Sciences de l'Université de Kisangani et a cité quelques Ptéridophytes; Katamba (2001), Bola (2002), Urom (2002) et Bindu (2006) ont réalisé des études sur les épiphytes, parmi ces derniers les Ptéridophytes occupent une bonne portion dans les communautés d'épiphytes. Lituka (2007) a entrepris une étude écologique sur les fougères de Kisangani et ses environs pendant que Mbalaka (2012) les revisita et y étendu son étude en y incluant la Réserve Forestière de Yoko. Cependant, toutes ces études locales mentionnées ci-dessus sont restées basées principalement sur l'observation sans protocoles d'échantillonnage entièrement standardisés et réplifications spatiales, et rendent difficile l'examen quantitatif et comparer la richesse et la composition des espèces de Ptéridophytes à travers les grands groupements forestiers et/ou au long du gradient de succession écologique dans cette région.

Par contre, Konga et Bola (2022) ont eu à réaliser des études sur l'effet de la dégradation des forêts sur la diversité des Ptéridophytes en forêt tropicale de Masako et la Composition Floristique et Diversité des Ptéridophytes le long d'un gradient de Végétation et types d'habitats dans la Réserve Forestière de la Yoko, certains taxons sont ici signalés pour la première fois et complétant et réactualisant toute ces études. Il ressort de ces études que la structure des arbres

¹ Centre de surveillance de la biodiversité, Université de Kisangani, RDCongo

² Faculté des Sciences, Université de Kisangani, RDCongo

³ Faculté des Sciences et Technologies, Université de Kinshasa, RDCongo

au sein d'une forêt peut être expliquée par la conjonction des facteurs édaphiques et topographiques (Alebadwa *et al.*, 2022). A l'inverse, le déterminisme de la structure des plantes herbacées n'a fait l'objet que de rares travaux (Lituka, 2009; Mbalaka, 2012).

L'étude structurale des plantes herbacées en milieu forestier devra impérativement tenir compte des rapports qu'ils ont avec les arbres: la disposition spatiale et l'ombrage que ces derniers impriment; de la forte pluralité des déterminants à la fois morphologiques, environnementaux et Phyto-sociologiques. A cause de leurs liens plus étroits avec le substratum (en particulier le sol), la nature de celui-ci joue un rôle déterminant sur la structure des plantes herbacées en forêt. La seule approche efficiente à adopter est celle consistant à analyser leurs communautés ou les espèces.

Des études antérieures menées dans ce domaine ont abouti à la conclusion que la richesse et la composition floristique des herbacées varient considérablement en fonction des sols, de la topographie et des microbiotopes ainsi déterminés à l'échelle locale (Kessler *et al.*, 2014). On en déduit que, plus que les arbres, de plantes herbacées du sous-bois forestier fournissent un cadre approprié pour analyser et évaluer les rapports existant entre la végétation et son environnement immédiat.

Malgré leur importance écologique, la flore Ptéridophytique de nombreuses régions d'Afrique centrale reste encore insuffisamment étudiée. La province du Bas-Uele, en particulier la région de Buta, possède d'importantes formations forestières susceptibles d'abriter une grande diversité de ptéridophytes.

Ainsi, la présente étude vise à analyser la composition floristique et la diversité des Ptéridophytes de la forêt de la localité de Bopale, située au PK35 de la ville de Buta dans le groupement Bawenza. Les objectifs spécifiques de cette étude sont: inventorier les espèces de Ptéridophytes présentes dans la forêt de Bopale; déterminer leur composition floristique; évaluer la diversité spécifique et la structure de la communauté Ptéridophytique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Milieu d'étude

La présente étude a été réalisée dans la forêt communautaire de Bopale située à 35 kilomètres de Buta sur la route Liguga (03.00766°N, 024.92442°E, 442 m) du 11 au 27 juillet 2022. Elle est localisée dans le groupement Bawenza, Collectivité secteur Mobati, en Territoire de Buta, Province de Bas-Uélé, dans la dépression constituant la cuvette centrale congolaise. Cette localité est présentée dans la zone climatique équatoriale nord de la RDC, entre 0-2° N, zone influencée par le climat du type A_f de Köppen (Bultot, 1972 et 1977 in Ebuy, 2009). Cette région appartient au domaine des forêts tropicales humides caractérisées par un climat chaud et humide favorable au développement d'une flore riche et diversifiée. Les précipitations abondantes et l'humidité permanente créent des conditions propices au développement des ptéridophytes.

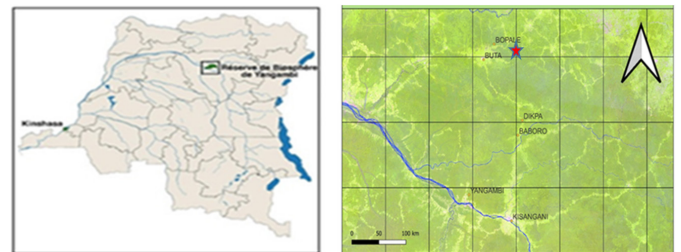


Figure 2: Carte administrative de Bopale

★ Site d'échantillonnage de Ptéridophytes

Cette localité a plus au moins 80 ménages qui vivent principalement des produits de chasse, de l'élevage et de l'agriculture sur brûlis (champs des bananiers, manioc, maïs, arachides et riz sont cultivés, toutefois on y trouve aussi des plantations d'hévéa et des cafés).

Selon la population locale de Bopale, cette localité présente quelques rivières, ruisseaux et une grande étendue des forêts allant des forêts mixtes aux forêts monodominantes



(A) *Asplenium mildbraedii* Hieron



(B) *Asplenium protensum* Schrad.

Figure 1 (A et B): Quelques Ptéridophytes de la réserve de Bopale

à *Gilbertiodendron dewevrei* et *Julbernardia seretii* installées sur terre ferme et sur sol hydromorphe et des recrues forestiers aux forêts primaires. Ces écosystèmes sont riches en biodiversité végétale où plusieurs espèces cohabitent dans un hectare. Selon l'usage, on trouve les espèces de bois d'œuvres, médicinales, alimentaires, culturelles et de bois de chauffe, etc.

Les Ptéridophytes récoltés dans différents habitats ont constitué notre matériel biologique. Les instruments ci-après nous ont servis lors de nos investigations sur terrain et sont représentés dans la photo ci-dessous. Il s'agit de: d'un GPS pour la prise des coordonnées géographiques, une Boussole et un pentadécamètre pour l'orientation du sens de layon et la mesure des distances lors de la mise en œuvre du dispositif; une machette pour l'ouverture du layon, un crayon et carnet pour la prise des notes, un appareil photo pour la prise des vues des échantillons, un sécateur pour couper les herbiers.



Figure 3: Quelques Matériels utilisés

La méthode de transect était utilisée pour la détermination de la biodiversité végétale (Lejoly, 1993).

Installation du dispositif d'inventaire et collecte des données

Le choix du site était le point zéro, une première parcelle d'1ha a été installée à partir du point zéro (03,051721°N, 025,031824°E avec une altitude de 419 m) de l'équipe des grands mammifères dont 100 m sur le layon principal (direction Nord) et 100 m sur le layon secondaire (Direction Est). Une deuxième parcelle de 1ha a été installée dans une forêt hétérogène en pleine compétition entre deux espèces (*Gilbertiodendron dewevrei* et *Julbernardia seretii*). Ces deux parcelles sont équidistantes de 1km en vol d'oiseaux sur le layon principal. Coordonnée (03,050981°N, 025,022649°E avec une altitude de 465 m). Les figures 4 et 5 présentent notre dispositif d'étude.

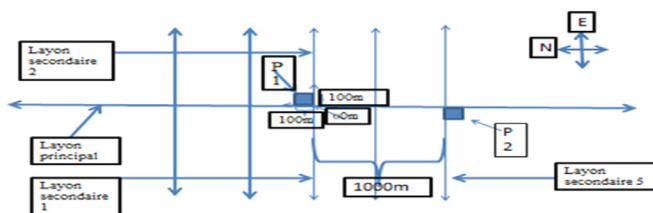


Figure 4: Dispositif d'étude

L'inventaire proprement dit consistait à récolter tous les Ptéridophytes et mises en herbiers dans le but d'enrichir la collection du Centre de Surveillance de la Biodiversité (CSB). Ces collections sont gardées dans la salle de collection et subiront un traitement adéquat pour la conservation dans un herbarium (Unikis, Yangambi et JBM).



Figure 5: Installation de la parcelle en forêt

Collecte des données

L'inventaire floristique des Ptéridophytes a été réalisé à l'aide de relevés botaniques effectués dans 2 parcelles de 1ha. Les espèces observées ont été collectées, identifiées et classées selon leur famille et leur genre. L'identification des espèces a été réalisée à l'aide de flores botaniques, de clés de détermination et de comparaisons avec des spécimens d'herbier.

Analyse de la diversité

La diversité spécifique a été évaluée à l'aide de plusieurs indices écologiques notamment: la richesse spécifique (S), L'indice de diversité de Shannon-Wiener (H'), L'indice de diversité de Simpson (1-D) et L'indice d'équitabilité de Pielou (J).

RÉSULTATS

Inventaire floristique des Ptéridophytes

L'inventaire floristique a permis d'identifier 787 individus des Ptéridophytes réparties entre deux parcelles. La parcelle 1 présente 400 individus, 22 genres 16 famille et 43 espèces et la P2 présente 387 individus, 21 genres, 16 famille et 32 espèces. La parcelle 1 (P1) présente une richesse spécifique plus élevée (43 espèces) comparativement à la parcelle 2 (P2) (32 espèces). Cela, suggère une hétérogénéité environnementale plus importante, une diversité micro habitat plus élevée, ou des conditions écologiques plus favorables au développement des Ptéridophytes. La richesse spécifique plus faible observée dans la P2 pourrait traduire une homogénéité écologique accrue, des contraintes environnementales plus marquées, ou une perturbation plus importante. Toutefois, la richesse spécifique ne renseigne pas sur la distribution des abondances; il est donc nécessaire d'analyser les indices de diversité intégrant l'équitabilité.

Sur les 75 espèces recensées, 18 sont communes aux deux parcelles. La parcelle 1 (P1) présente 25 espèces exclusives, contre 14 espèces exclusives pour P2. Le nombre élevé d'espèces exclusives en P1 confirme une plus grande hétérogénéité écologique. La forte proportion d'espèces exclusives traduit une différenciation floristique marquée entre les deux parcelles. La parcelle 1 (P1) se distingue par une richesse plus élevée, un nombre plus important d'espèces exclusives, une contribution majeure à la diversité gamma totale. Cela suggère une hétérogénéité micro-écologique plus importante, possiblement une variabilité de substrat, d'humidité ou de structure forestière, ou un niveau de perturbation plus faible favorisant des espèces spécialisées. La présence de 18 espèces communes indique néanmoins un fond floristique partagé, probablement lié à des conditions écologiques régionales similaires. La différenciation

floristique observée (39 espèces exclusives au total) traduit une beta-diversité marquée entre les deux parcelles. Le tableau 1 présente les indices de diversité calculés pour les sites P1 et P2.

Indices de similarité

Indice de Shannon

L'indice de diversité de Shannon révèle une diversité plus élevée dans la parcelle P1 ($H' = 3,56$) comparativement à la parcelle P2 ($H' = 3,00$). Ces valeurs indiquent une communauté relativement diversifiée dans les deux parcelles, avec toutefois une dominance plus marquée dans P2. L'indice de Shannon intègre la richesse spécifique, la distribution des abondances (équité), P1 est non seulement plus riche (43 espèces), mais elle présente aussi une répartition des abondances plus équilibrée. En revanche, P2 possède moins d'espèces, présente probablement une dominance plus forte de certaines espèces. La différence ($\sim 0,56$ unité) est écologiquement significative.

L'indice de Shannon est également supérieur à P1 ($H' = 3,56$) par rapport à P2 ($H' = 3,00$), indiquant une diversité plus importante.

Indice de Simpson

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus pris au hasard appartiennent à des espèces différentes. P1 (0,965) a une très forte diversité avec une faible dominance et une communauté structurellement équilibrée. P2 (0,921) avec une diversité élevée mais plus faible que P1, indiquant une dominance plus marquée de certaines espèces. L'indice de Simpson (1-D) confirme les tendances observées avec l'indice de Shannon.

La parcelle P1 présente une valeur plus élevée (0,965) que P2 (0,921), indiquant une probabilité plus forte que deux individus prélevés au hasard appartiennent à des espèces différentes. Cette différence suggère une dominance plus marquée dans la parcelle P2. Les trois indicateurs convergent.

Équitabilité de Pielou

L'équitabilité de Pielou confirme une meilleure répartition des abondances dans la parcelle P1 ($J = 0,946$) comparativement à P2 ($J = 0,865$).

Bien que les deux parcelles présentent une structure relativement équilibrée, la parcelle P2 montre une distribution plus inégale des abondances, suggérant la dominance de certaines espèces. La différence observée entre les parcelles indique que la supériorité de P1 ne repose pas uniquement sur sa richesse spécifique, mais également sur une organisation communautaire plus homogène.

Le graphique comparatif 7 montre clairement que: Le site P1 présente des valeurs supérieures pour l'ensemble des indices étudiés. La richesse spécifique, l'indice de Shannon et l'équitabilité de Pielou indiquent une diversité plus élevée et une meilleure répartition des individus dans P1. Les valeurs élevées de Simpson dans les deux sites traduisent une faible dominance spécifique. Globalement, P1 apparaît écologiquement plus diversifié et plus équilibré que P2.

Tableau 1: Indices de diversité (Shannon, Simpson et Pielou) entre les deux parcelles (P1 et P2)

Site	Nombre d'individus	Nombre de genres	Nombre de familles	Richesse spécifique	Indice de Shannon (H')	Indice de Simpson (1-D)	Équitabilité de Pielou (J')
P1	400	22	16	43	3,558	0,965	0,946
P2	387	21	16	32	2,998	0,921	0,865
Conclusion				P1 Plus riche	P1 plus diversifiée	P2 plus dominée	P1 plus équilibrée

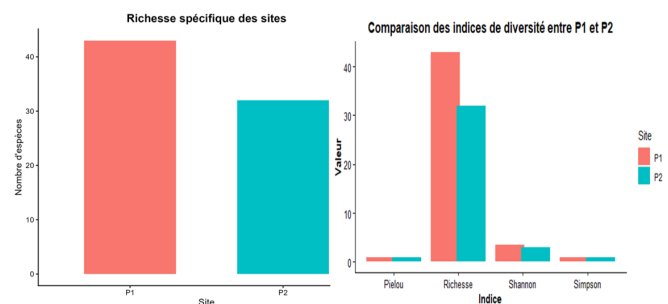


Figure 7: Comparaison des indices de diversité entre les sites P1 et P2

Dominance des espèces des ptéridophytes

Le tableau 2 montre que dans la Parcelle 1, il y a une forte dominance de l'espèce *Bolbitis gabonensis* (10,5 %) et aucune espèce des Ptéridophytes ne dépasse 15 %. La dominance est modérée et répartie. Leur structure communautaire est équilibrée, aucune espèce ultra-dominante et cohérente avec, Shannon élevé, Simpson élevé et Pielou élevé. La communauté est stable et structurée.

Le tableau 3 montre que, dans la Parcelle P2, il y a une forte dominance de *Lomariopsis guineensis* (21 %), il y a une concentration des abondances sur peu d'espèces, cohérent avec: Shannon plus faible, Simpson plus faible, Équitabilité plus faible. Structure communautaire plus simplifiée. Une espèce dépasse 20 %, la dominance très marquée de *Lomariopsis guineensis*.

Tableau 2: Parcelle 1 (P1), Espèces dominantes

Espèce	%
<i>Bolbitis gabonensis</i>	10,5
<i>Diplazium prolifèrum</i>	5,25
<i>Lygodium smithianum</i>	4,25
<i>Pteris marginata</i>	4,00
<i>Lomariopsis palustris</i>	3,75

Tableau 3: Parcelle 2 (P2), Espèces dominantes

Espèce	%
<i>Lomariopsis guineensis</i>	21,4
<i>Asplenium africanum</i>	9,30
<i>Platyserium elephantotis</i>	7,49
<i>Diplazium prolifèrum</i>	5,43
<i>Asplenium emarginatum</i>	5,17

L'analyse des abondances relatives met en évidence une structuration contrastée entre les deux parcelles. Dans la parcelle P1, aucune espèce ne dépasse 11 % d'abondance relative, indiquant une dominance modérée et une distribution équilibrée des individus. En revanche, la parcelle P2 est caractérisée par une forte dominance de *Lomariopsis guineensis*, représentant 21,45 % des individus recensés. Cette concentration des abondances confirme la structure communautaire plus inégale déjà suggérée par les indices de Shannon, Simpson et Pielou.

Indices de similarité

Indice de Jaccard

On avait 18 espèces communes et 75 espèces totales. L'indice de similarité de Jaccard entre les parcelles P1 et P2 est de 0,316, indiquant que seulement 31,6 % des espèces sont communes aux deux sites. La distance de Jaccard associée (0,684) révèle une différenciation floristique marquée entre les parcelles. Un indice de Jaccard inférieur à 0,5 traduit une faible similarité floristique, une diversité beta élevée, une forte différenciation écologique entre les parcelles. La proportion importante d'espèces exclusives (39 espèces sur 75) explique cette dissimilarité élevée. Les deux parcelles abritent des communautés distinctes malgré un noyau commun de 18 espèces.

Indice de Sørensen

On avait 18 espèces communes, 25 exclusives P1 et 14 exclusives P2. L'indice de similarité de Sørensen entre P1 et P2 est de 0,48, indiquant qu'environ 48 % de la composition floristique est partagée entre les deux parcelles. La distance associée (0,52) confirme une différenciation floristique modérée élevée. Le tableau 4 montre que l'indice de Sørensen est plus élevé parce qu'il donne plus de poids aux espèces communes, est moins influencé par les espèces rares. Les parcelles sont écologiquement distinctes, mais partagent un noyau floristique non négligeable.

Tableau 4: Indice de Sørensen

Indice	Similarité	Interprétation
Jaccard	0,316	Similarité faible
Sørensen	0,480	Similarité modérée

Bray-Curtis (abondance réelle)

L'indice de Bray-Curtis signifie que seulement 38,1 % de la structure des communautés est similaire, 61,9 % est différente (Tableau 5). C'est une différence forte.

Le tableau 5 montre que l'indice de Bray-Curtis est plus faible que Sørensen car certaines espèces communes ont des abondances très différentes. Exemple clair dans les données de *Lomariopsis guineensis* P1: faible et P2: très dominante (21 %) Donc la structure est différente. L'indice de dissimilarité de Bray-Curtis entre les parcelles est de 0,619, indiquant une forte différence dans la structure d'abondance des espèces. La similarité correspondante (0,381) montre que moins de 40 % de la structure des communautés est partagée. Cette dissimilarité élevée reflète notamment la dominance marquée de certaines espèces dans la parcelle P2, telles que *Lomariopsis guineensis*, absente ou peu abondante dans P1.

Tableau 5: L'indice de Bray-Curtis

Indice	Basé sur	Similarité
Jaccard	Présence/absence	0,316
Sørensen	Présence/absence	0,480
Bray-Curtis	Abondance réelle	0,381

Contribution relative des genres en pourcentage

Le tableau 6 montre que les 5 premiers genres totalisent $\approx 57,7$ % des individus, il y a une forte concentration générique.

Tableau 6: Contribution relative des genres

Genre	%
<i>Asplenium</i>	14,2
<i>Pteris</i>	14,0
<i>Lomariopsis</i>	12,2
<i>Bolbitis</i>	10,7
<i>Cyclosorus</i>	6,61

Diagramme des genres

L'analyse taxonomique entre les deux parcelles (P1 et P2), révèle 22 genres, les genres les plus abondants sont: *Asplenium* (112 individus), *Pteris* (110 individus), *Lomariopsis* (96 individus), *Bolbitis* (84 individus), *Cyclosorus* (52 individus), *Diplazium* (42 individus), *Nephrolepis* (36 individus). *Pteris* constitue le genre le plus riche avec 10 espèces, indiquant une diversification importante au sein de ce groupe. La forte représentation d'*Asplenium* et *Pteris* suggère des conditions écologiques favorables aux fougères hygrophiles, probablement associées à des microclimats forestiers humides (Figure 8).

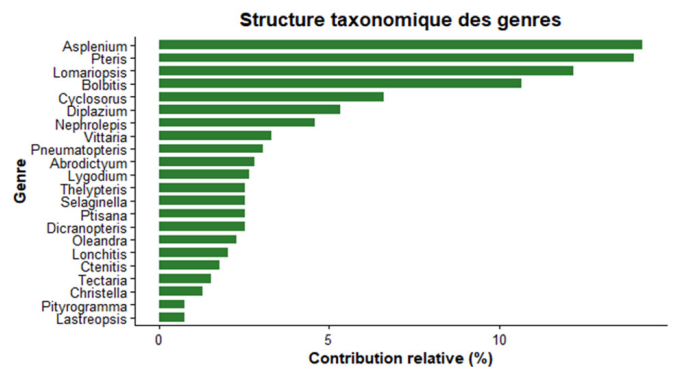


Figure 8: Structure taxonomique des genres des Ptéridophytes récoltés à Bopale

Le tableau 7 montre que les deux parcelles présentent des compositions floristiques distinctes, des structures d'abondance différentes, une dominance plus forte dans P2, une diversité plus élevée et plus équilibrée dans P1. Cela suggère des conditions écologiques différentes ou des stades successionnels différents ou des niveaux de perturbation différents. Compte tenu du nombre limité de parcelles ($n = 2$), l'analyse de classification hiérarchique ne permet pas de structuration en groupes. La distance de Bray-Curtis (0,619) indique néanmoins une dissimilarité élevée entre les deux communautés.

Tableau 7: Conclusion globale de la diversité beta

Indicateur	Conclusion
Richesse	P1 > P2
Shannon	P1 > P2
Équitabilité	P1 > P2
Jaccard	Similarité faible
Sørensen	Similarité modérée
Bray-Curtis	Forte dissimilarité

Richesse par famille des Ptéridophytes

Le tableau 8 donne les quatre (04) familles qui concentrent l'essentiel des individus des Ptéridophytes.

Le tableau 8 montre que la dominance de *Lomariopsida* à l'Abondance la plus élevée (180 individus), il comprend notamment le *Lomariopsis* spp, Souvent associée aux milieux forestiers humides ça indique probablement

Tableau 8: L'abondance des Ptéridophytes selon les familles

Famille	Espèces	Abondance	%
Lomariopsidaceae	8	180	22,9 %
Polypodiaceae	11	136	17,3 %
Aspleniaceae	8	112	14,2 %
Thelypteridaceae	6	106	13,5 %

les conditions hygrophiles et le sous-bois relativement ombragé. Polypodiaceae (11 espèces), Famille la plus riche en espèces, grande plasticité écologique et forte capacité colonisatrice. Il indique la diversité de micro-habitats. Aspleniaceae et Thelypteridaceae sont Typiques des forêts tropicales humides et Présence d'espèces parfois indicatrices de perturbation légère. Familles peu représentées et Plusieurs familles avec 1 seule espèce, contribution faible à l'abondance, cela augmente la diversité taxonomique globale. Ces 4 familles représentent Près de 68 % des individus concentrés dans 4 familles.

Diagramme taxonomique de familles

Structure taxonomique des communautés des Ptéridophytes

L'analyse taxonomique révèle 16 familles de ptéridophytes (Figure 9). Les familles les plus abondantes sont Lomariopsidaceae (180 individus), Polypodiaceae (136 individus), Aspleniaceae (112 individus) et Thelypteridaceae (106 individus). Polypodiaceae constitue la famille la plus riche en espèces (11 espèces), indiquant une diversification importante au sein de ce groupe. La forte représentation de Lomariopsidaceae et Thelypteridaceae suggère des conditions écologiques favorables aux fougères hygrophiles, probablement associées à des microclimats forestiers humides.

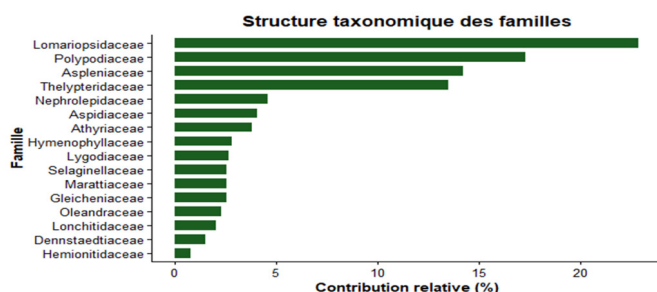
**Figure 9: Abondance des familles**

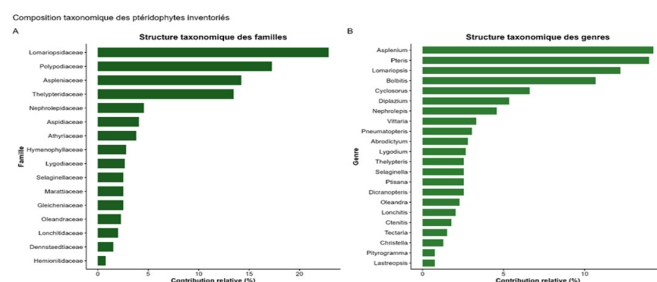
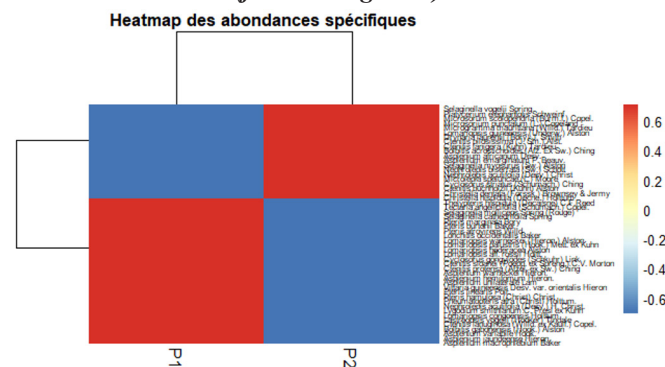
Figure combinée de la structure taxonomique des communautés des Ptéridophytes de la forêt de bopale

L'inventaire révèle 16 familles et 22 genres de Ptéridophytes. La famille la plus abondante est Lomariopsidaceae (22,9% des individus), suivie de Polypodiaceae (17,3 %), Aspleniaceae (14,2 %) et Thelypteridaceae (13,5 %). Ces quatre familles concentrent près de 68 % des individus recensés (Figure 10).

Au niveau générique, *Asplenium* (14,2 %), *Pteris* (14,0 %) et *Lomariopsis* (12,2 %) dominent la structure communautaire. Les cinq genres les plus abondants regroupent environ 58 % des individus. Cette concentration taxonomique traduit une structuration floristique marquée, caractéristique des communautés de fougères forestières tropicales humides.

Tableau 9: Synthèse écologique comparative

Indicateur	P1	P2	Interprétation
Richesse	Plus élevée	Plus faible	P1 plus favorable
Shannon	Plus élevé	Bon mais inférieur	Diversité plus forte en P1
Simpson	Très élevé	Élevé	Faible dominance dans les deux
Pielou	Très homogène	Bonne homogénéité	P1 plus équilibré

**Figure 10: Composition taxonomique des Ptéridophytes (familles et genres)****Figures 11: Heatmap des abondances spécifiques**

Carte de chaleur des abondances spécifiques

La figure 11 donne la Heatmap des abondances spécifiques met en évidence une structuration différenciée entre les deux sites. Plusieurs espèces présentent une abondance relative plus élevée dans le site P1, tandis que d'autres sont davantage associées au site P2. Le regroupement hiérarchique confirme une dissimilarité floristique modérée, en cohérence avec l'indice de Bray-Curtis (0,62). Cette structuration suggère des conditions écologiques contrastées influençant la distribution des ptéridophytes.

L'indice de Simpson révèle une faible dominance dans les deux sites, avec des valeurs proches de 1 (0,965 pour P1 et 0,921 pour P2). L'équitabilité de Pielou montre une répartition plus homogène des individus à P1 (0,946) qu'à P2 (0,865). Ces résultats suggèrent que le site P1 présente des conditions écologiques plus favorables à la coexistence d'un plus grand nombre d'espèces.

Le tableau 9 donne la synthèse écologique comparative.

Le site P1 présente une richesse spécifique plus élevée, Une diversité plus importante, une meilleure répartition des individus, une dominance très faible. Le site P2 reste diversifié, mais montre, une richesse réduite et une équitabilité légèrement plus faible. Ces résultats suggèrent que P1 offre des conditions écologiques plus stables ou plus hétérogènes favorisant la coexistence d'un plus grand nombre d'espèces.

Diversité spécifique et structure communautaire

Le site P1 présente une richesse spécifique plus élevée (43 espèces) comparativement au site P2 (32 espèces). L'indice de Simpson montre des valeurs élevées pour les deux sites (0,965 pour P1 et 0,921 pour P2), traduisant une faible dominance spécifique.

L'équitabilité de Pielou confirme une distribution plus homogène des individus à P1 ($J'=0,946$) qu'à P2 ($J'=0,865$). Globalement, P1 apparaît comme le site écologiquement le plus diversifié et le plus équilibré.

DISCUSSION

L'inventaire systématique des fougères réalisé dans les deux parcelles d'un hectare chacune a permis, d'identifier 787 individus de Pteridophytes repartis à 75 espèces, 16 genres, 16 familles, parmi lesquelles les 5 familles prédominant spécifiquement Polypodiaceae (11), Aspidiaceae (9), Aspleniaceae (8), Lomariopsidaceae (8) et Thelypteridaceae (6), mais les familles prédominant numériquement en individus, Lomariopsidaceae (180), Polypodiaceae (136), Aspleniaceae (112), Thelypteridaceae (106) et y espèces majoritaire avec les espèces

Fréquence, répartition dans les biotopes et taxonomie des fougères de Bopale

Le travail montre combien il demeure encore important d'entreprendre des études sur d'autres groupes taxonomiques autres que les plantes ligneuses des forêts de Bopale. Les espèces de ptéridophytes en RD Congolais sont au nombre d'environ 330, et nombre de ces espèces sont également abondantes en Afrique et ses îles (Roux, 2009). Au total, nous avons inventoriés 787 individus des ptéridophytes dans les deux parcelles (P1 et P2) de 2ha.

Dans la parcelle 1, nous avons inventorié 400 individus regroupées en 43 espèces, 22 genres appartenant à 16 Familles par contre dans la parcelle 2, nous avons 387 individus regroupées en 32 espèces, 21 genres appartenant à 16 familles, Tableau I. Dans la forêt des sous-régions de Kisangani, le recensement des plantes vasculaires effectué par Lejoly *et al.* (1988) dénombrent 93 espèces et 3 taxons infra spécifiques regroupés en 27 familles.

Cependant, plus spécifiquement pour la Yoko, Mbalaka (2012) a eu à répertorier 30 espèces et 9 ans après, à Yoko Bola (2021) a eu à recensée 564 individus, 53 espèces dont 4 sont répertoriées pour la première fois dans cette florule regroupée en 30 genre et 17 familles; Bijoux, (2007) dans la ville de Kisangani et ses environs a eu à répertoriées 56 espèces regroupées en 23 familles. Les espèces terrestres sont toujours enracinées dans le sol et souvent situées dans des endroits très humides et/ou sur les berges de rivières ou de ruisseaux, parfois le long de sentiers de randonnée.

Dans ces derniers endroits, les fougères peuvent parfois aussi être épiphytiques si leurs racines ont la possibilité de se fixer dans de petites anfractuosités (ex. *Asplenium dregeanum* ici). Dans les forêts très humides (par exemple les forêts à tourbières), les espèces terrestres se trouvent parfois à la base des troncs ou sur les racines des arbres émergés, et plus souvent sur les grumes tombées et ou pourries. A la Yoko, *Didymoglossum ballardianum* (Alston) J.P. Roux est exclusivement observé sur des bases de troncs moussus et peut également pousser sur des troncs pourris. Le *Nephrolepis bisserata* (espèce répandu d'Afrique tropicale) est un autre exemple d'espèce principalement terrestre, souvent répertoriées dans de nombreux autres habitats (parfois épiphyte). On constate aussi que les espèces épiphytes ne sont jamais (ou exceptionnellement) en contact avec le sol, et tout le cycle de vie s'effectue sur la plante support. Néan-

moins, l'habitude grimpante caractérise les espèces que l'on trouve principalement grimpant sur les troncs d'arbres aux stades adultes (ex. *Lomariopsis*), mais dans certains cas, elles poussent comme terrestres ou épiphytes. Ce dernier correspond aux grimpeurs hémi-épiphytes. Comme on peut l'observer, l'hémi-épiphytisme est distinct de la véritable lianescence où le contact avec le sol est obligatoire. Les lianes sont donc bien des plantes terrestres à tiges grimpantes. Dans la région de Kisangani, les deux types de grimpeurs (hémi-épiphytes ou vraie liane) se retrouvent chez certaines *Selaginella* et les deux espèces de *Lygodium*. Les fougères du sous-bois et forestières terrestres sont particulièrement abondantes et représentent 62% du nombre d'espèces de toutes les espèces des ptéridophytes ici inventoriées. Parallèlement à la diversité des espèces des milieux forestiers, la diversité des fougères diminue fortement avec l'âge des forêts (Ikeda 2003).

CONCLUSION

La forêt communautaire de Bopale se distingue par une diversité remarquable de ptéridophytes, témoignant de la complexité écologique et de l'intégrité relative de cet écosystème forestier. L'inventaire floristique réalisé a permis de caractériser la richesse spécifique ainsi que la composition floristique de ce groupe végétal, mettant en évidence leur rôle structurant dans la dynamique des sous-bois forestiers. Au-delà de leur valeur taxonomique, les ptéridophytes jouent un rôle écologique majeur dans les écosystèmes forestiers tropicaux. Ils participent activement à la stabilisation des sols, à la rétention de l'humidité et au recyclage de la matière organique, contribuant ainsi au maintien de la fertilité des sols forestiers. Les espèces épiphytes, quant à elles, interviennent dans la régulation microclimatique et offrent des microhabitats pour de nombreux organismes, renforçant la complexité structurale de la forêt. Les résultats obtenus montrent que la richesse spécifique des espèces terrestres est supérieure à celle des espèces épiphytes, ce qui reflète l'influence des conditions édaphiques et microclimatiques locales.

Les schémas de diversité observés traduisent des gradients écologiques susceptibles d'être liés à la structure du couvert forestier, à l'humidité et à la perturbation anthropique. Dans une perspective de gestion durable, les ptéridophytes apparaissent comme des bioindicateurs pertinents de l'état de conservation des forêts tropicales. Leur sensibilité aux modifications microclimatiques et aux perturbations du couvert forestier en fait des outils précieux pour le suivi de la dégradation ou de la résilience des écosystèmes forestiers. Ainsi, la conservation de la forêt de Bopale revêt une importance stratégique, non seulement pour la préservation de la diversité floristique, mais également pour le maintien des fonctions écologiques essentielles assurées par ces plantes.

RÉFÉRENCES

- Arens N.C., Sánchez Baracaldo P. (1998). Distribution of tree ferns (Cyatheaceae) across the successional mosaic in an Andean cloud forest, Nariño, Colombia. *American Fern Journal*, 88: 60–71.
- Bebwa, B (1981). Étude biologique et écologique des épiphytes vasculaires sur *Elaeis guineensis* Jacq de la ville de Kisangani (Haut-Zaïre). Mémoire, Faculté des Sciences, Université de Kisangani. 56 p.

- Bebwa B., Mandango A. (1984). Observations écologiques des épiphytes vasculaires sur *Elaeis guineensis* à Kisangani (Zaïre). *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique*, 117: 143-152.
- Bola M. (2002). Epiphytes vasculaires et Phorophytes de l'écosystème urbain de Kisangani. Mémoire de D.E.S, Faculté des Sciences, Université de Kisangani. 214 p.
- Carrington J.F. (1973). Les fougères sauvages de Kisangani, document polycopié à la Faculté des Sciences de l'Université Nationale du Zaïre (Campus de Kisangani).
- Connell J.H. (1978). Diversity in tropical rainforests and coral reefs. *Science*, 199: 1302–1310.
- Ewango N. (1994). Contribution à l'inventaire floristique et étude taxonomique des ptéridophytes de Kisangani et ses environs. Rapport de stage, Faculté des Sciences, Université de Kisangani. 50 pt illustration.
- Hemp A. (2001). Ecology of the Pteridophytes on the southern slopes of Mt. Kilimanjaro. II. Habitat selection. *Plant Biology*, 3: 493–523.
- Huston M. (1979). A general hypothesis of species diversity. *American Naturalist*, 113: 81–101.
- Ikeda H. (2003). Testing the intermediate disturbance hypothesis on species diversity in herbaceous plant communities along a human trampling gradient using a 4-year experiment in an old-field. *Ecological Research*, 18: 185–197.
- Kasereka S. (1994). Contribution des ptéridophytes de Kisangani et ses environs. Rapport de stage. Faculté des Sciences, Université de Kisangani, 33 pt illustration.
- Lejoly J., Lisowski S., Ndjele M. (1988). Catalogue des plantes vasculaires des sous-régions de Kisangani et de la Tshopo (Haut Zaïre). Trav. Lab. Bot. Syst. Écol. 3^{ème} édition, Univ. Bruxelles, Belgique. 136 p.
- Lituka Y. (2007). Étude écologique des ptéridophytes de la ville de Kisangani et ses environs. Mémoire, Faculté des Sciences, Université de Kisangani. 49 p.
- Mueller-Dombois D., Ellenberg H. (1974). Aims and methods of vegetation ecology. New York. Wiley.
- Nadkarni N., Wheelwright N.T. (2000). Monteverde: Ecology and Conservation of a Tropical Cloud Forest. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Peterson C.J., Carson W.P., McCarthy B.C., Pickett S.T. A. (1990). Microsite variation and soil dynamics within newly created treefall pits and mounds. *Oikos*, 58: 39–46.
- Reudink M.W., Snyder J.P., Xu B., Cunkelman A., Balsamo R. A. (2005). A comparison of physiological and morphological properties of deciduous and wintergreen ferns in southeastern Pennsylvania. *American Fern Journal*, 95: 45–56.
- Roux J.P. (2009). Synopsis of the Lycopodiophyta and Pteridophyta of Africa. *Madagascar and neighbouring islands*. South African National Biodiversity Institute, Pretoria.
- Vitousek P.M. (1998). The ecology of the climbing fern *Dicranopteris linearis* on windward Mauna Loa, Hawaii. *Journal of Ecology*, 86: 765–779.
- Walker L.R., Zimmerman J.K., Lodge D.J., Guzmán-Grajales S. (1996). An altitudinal comparison of growth and species composition in hurricane-damaged forests in Puerto Rico. *Journal of Ecology*, 84: 877–89.
- Woods S.S. (2002). Response of ferns to overstory disturbance: Effects of ice storm and timber harvest on four common fern species in hardwood forests of New York. Masters Thesis, State University of New York, Syracuse, NY, USA.