



Biodiversité floristique du sous-bois et régénération naturelle de la forêt de la Patte d'Oie de Brazzaville, Congo

Victor KIMPOUNI^{*}, Paul MBOU, Gabriel GAKOSSO et Marcel MOTOM

École Normale Supérieure, Université Marien Ngouabi, B.P. 237, Brazzaville, Congo.

^{*}Auteur correspondant; E-mail : vkimpouni@yahoo.com

RÉSUMÉ

Les îlots forestiers de la Patte d'Oie à Brazzaville sont étudiés suivant trois relevés de 0,5 ha, correspondant chacun à un îlot. Mise en réserve en 1938, l'aire originelle est passée de 240 ha à 95 ha, soit moins de 39% de cette surface. A la différence des massifs forestiers qui ont disparu, sans livrer leur biodiversité, cette étude valorise cet écosystème unique au Congo. L'inventaire du sous-bois des trois îlots révèle 120 espèces et 47 familles dont les Rubiaceae (25,6 à 34,2%) dominent les Fabaceae (5,9 à 13,9%). La densité des espèces caractéristiques varie de 0,7 à 60 arbres.ha⁻¹. L'indice de diversité biologique de Shannon (H') est en moyenne de 1,9 ± 0,3 pour les ligneux, contre 3,5 ± 0,25 pour la flore totale. La diversité maximale (H'_{max}) moyenne des ligneux est de 3,5 ± 0,1 et de 5,3 ± 0,01 pour la biodiversité globale. La moyenne de l'indice de Pielou des ligneux est de 0,5 ± 0,07 et de 0,7 ± 0,05 pour la flore totale. Quant à l'indice de Simpson, sa moyenne est de 0,5 ± 0,1 pour les ligneux et de 0,9 ± 0,03 pour la flore globale. Les coefficients de similarité de Jaccard varient respectivement pour les ligneux et la flore globale de 52 à 62% et de 50 à 55,6% ; alors que ceux de Sørensen oscillent de 69,2 à 77,6% et de 66,7 à 71,4%. Les différents indices montrent que cet écosystème possède une faible diversité floristique qui s'accompagne d'une hétérogénéité et d'une dominance dans la composition floristique. Les espèces dominantes étant typiques du sous-bois, la régénération naturelle accuse un déficit dans le recrutement des classes de diamètre, ce qui affecte sa dynamique et donc son maintien à long terme.

© 2013 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Congo ; diversité floristique ; coefficient de similarité ; écosystème forestier urbain ; indice de diversité biologique.

INTRODUCTION

La République du Congo qui s'étend du sud-ouest (11°11' E, 5°00' S) au nord-est (18°35' E, 3°34' S de l'équateur, couvre une aire de 342.000 km² dont 60 à 65% de forêts et 35 à 40% de savanes (Vennetier, 1977). La forêt (20 millions d'ha), riche en faune et en flore est subdivisée en trois massifs discontinus le Mayombe (1,5 million d'ha) et le Chaillu (3,5 millions d'ha) au sud-ouest, et

celui du Nord (15 millions d'ha). La savane recouvre les plateaux Batéké, la vallée du Niari, les Cataractes et la plaine côtière (UICN, 1996; COMIFAC, 2006). La phytogéographie du Congo relève que la flore de Brazzaville appartient au district de la Léfini (Descoings, 1975; Kimpouni et al., 1992) dont les forêts sont à majorité mésophiles, exceptées les forêts ombrophiles

© 2013 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i3.31>

qui se développent dans les bas-fonds bien drainés (Makany, 1976).

La végétation forestière naturelle de Brazzaville, comptait jusqu'aux années 1970 cinq massifs dont quatre (la Tsiémé, la Glaciaire, la Corniche et du Tchad) ont disparu sans que leur biodiversité ne soit connue (Makany, 1976). Actuellement, elle est formée de trois îlots issus de la dégradation de forêt de la Patte d'Oie et des plantations d'*Eucalyptus* sp., de *Pinus* sp. et d'essences locales comme *Aucoumea klaineana*, *Milicia excelsa*, *Entandrophragma candollei*, *E. cylindricum*, *Xylopiya aethiopica*, *Alfzelia bipindensis*, *Syzygium brazzavillense*, *S. guineensis*, *Millettia laurentii*, *Pterocarpus soyauxii*, *Lophira alata* (N'zala et Miankodila, 2002). Outre ces trois îlots forestiers et les plantations, nous notons les arbres plantés le long des artères, formant des haies vives d'*Acacia mangium*, *Senna siamea*, *Terminalia superba*, *T. mantaly*, *Peltophorum pterocarpum*, *Mangifera indica*. La forêt naturelle, représentant moins de 40% des 240 ha de la superficie originelle, est formée des îlots du Parc zoologique, du palais du Parlement et de l'ex-Orstom (Mbou, 2009; Gakosso, 2009). Ces îlots ont fait l'objet des études écologiques centrées essentiellement sur la régénération, la dynamique et la dissémination des diaspores (Taty-Dekanga et Moumbouli, 1998; Makoumbou et Massamba-Kengue, 2000; Ndinga et Mayitoukou-Loupé, 2000). Ces travaux, très parcellaires, n'intègrent pas la flore des trois îlots forestiers et ne comportent qu'un relevé floristique de moins de 1.000 m². Aussi, ils ne font pas de distinction entre les données de la forêt artificielle et celles de la forêt naturelle. Il ressort de ces différentes études que : (i) la flore des îlots forestiers naturels de Brazzaville n'est presque pas connue ; (ii) le niveau de connaissances de ces écosystèmes est relativement très faible.

L'introduction de plantes exotiques à Brazzaville date de l'époque coloniale, même si les archives municipales ne relèvent pas une seule plantation d'arbres avant 1956.

Cependant, elles mentionnent la présence d'espèces allochtones (flore locale et exotique) dès les années 1956 et 1958 à Brazzaville (N'zala et Miankodila, 2002). Parmi les espèces citées, nous avons *Bauhimia* sp., *Millettia laurentii*, *Delonix regia*, *Senna siamea*, *S. spectabilis*, *Lagerstroemia speciosa*, *Schizolobium parahybum*, *Jacaranda mimosoides*, *Hymenaea courbaril* et *Enterolobium cyclocarpum* (Haeringer, 1980).

Après les années 1960, très peu d'actions ont été menées en faveur des écosystèmes forestiers. La création des nouveaux quartiers n'a pas été suivie par l'installation des nouveaux espaces verts (N'zala et Miankodila, 2002). Quant à la savane, elle a disparu avec l'explosion démographique dont le corollaire est l'installation des nouveaux quartiers.

La forêt de la Patte d'Oie est classée par l'arrêté n°3037 du 13 août 1938 du Gouverneur général de l'Afrique Equatoriale Française (AEF), mettant en réserve environ 240 ha de forêt naturelle périurbaine riche en diversité biologique d'intérêt scientifique et culturel, en vue de la conservation de cet écosystème. Le décret n°2009-149 du 08 mai 2009 en vigueur réduit l'aire de cette réserve à environ 95 ha, intégrant des forêts naturelles et artificielles, les bâtiments administratifs et universitaires, et les installations sportives (Mbou, 2009; Gakosso, 2009). C'est ainsi que la couverture forestière naturelle de Brazzaville est estimée à moins de 40% de sa superficie originelle.

La dégradation des écosystèmes péri- et intra-urbains et des ressources naturelles n'épargne pas les îlots forestiers de la Patte d'Oie, exposés à une forte pression anthropique. Elle se manifeste par l'existence de plusieurs pistes piétonnes dans ces îlots quasiment transformés en décharge sauvage, en lieux public d'aisance, de chasse, de pratiques occultes (Mbou, 2009; Gakosso, 2009). Ces îlots forestiers sont de plus un puits de ressources phytothérapeutiques pour les tradipraticiens qui prélèvent divers organes

végétaux, et de ravitaillement en matière première pour les artisans vanniers.

Cette étude qui porte sur la diversité floristique et la dynamique de cette forêt a pour but de révéler la diversité floristique des forêts mésophiles de Brazzaville à travers les îlots naturels de la Patte d'Oie.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Présentation du site d'étude

La ville de Brazzaville, fondée en 1884, se situe entre 4°10' et 4°20' de latitude Sud et 15°20' de longitude Est (Figure 1). Elle s'étend pour un tiers sur une plaine autrefois marécageuse et pour deux tiers sur un plateau profondément entaillé par des ravins et dominant le fleuve Congo à 20 m d'altitude par une corniche (Vennetier, 1977).

Le climat dit équatorial de transition (Figure 2), est de type bas-congolais et règne sur le sud-ouest du Congo (Aubréville, 1949; Samba-Kimbata, 1978). La température annuelle est en moyenne de 25 °C environ avec une amplitude thermique faible (4 à 6 °C). Les mois les plus chauds sont mars et avril; alors que juillet et août sont les plus frais (Vennetier, 1977; Adjanohoun et al., 1988). La pluviosité moyenne est comprise entre 1.200 et 1.500 mm/an. Les pluies s'établissent d'octobre à mai et marquent deux pics pluviométriques (2.000 mm en moyenne) aux mois de mars-avril et de novembre. L'humidité relative est toujours supérieure à 70% avec un minimum relatif en février et en mars, alors que les minima oscillent entre 49 et 59%. Les maxima restent au-dessus de 80% et varient entre 88 et 94% (Makany, 1976). L'évaporation variant dans le sens inverse de l'humidité atmosphérique, présente un maximum relatif de février à mars et un maximum absolu en août et en septembre (Vennetier, 1977). L'insolation moyenne mensuelle est comprise entre 120 et 160 heures, avec deux maxima en avril-mai et en novembre-décembre, et un minimum en juillet (Makany, 1976; Koechlin, 1961). Les vents, généralement faibles et de direction ouest, sud-ouest et nord-ouest, dépassent rarement 5

m/s (Koechlin, 1961; Vennetier, 1977). Cependant, des vents violents et de courte durée sont observés au passage des tornades, particulièrement au moment des équinoxes.

La géologie présente d'importantes séries essentiellement gréseuses et sableuses (Vennetier, 1977): la série des plateaux Batéké et Bambio (grès silicifiés, sables); la série des cirques (argile sableuse) et la série du Stanley Pool et grès de Carnot constitués de grès et d'argilites. Les sols se développent sur des matériaux sableux, pauvres en base échangeables et très perméables. Ils sont ferrallitiques fortement désaturés et appauvris (Dénis, 1970).

Brazzaville est arrosée par la Djiri au nord et le Djoué au sud (Vennetier, 1977). Outre ces affluents du fleuve Congo, on note la Tsiémé dans la zone nord, la Madoukou et la Mfoa dans la zone centrale qui se jettent dans le fleuve Congo. La M'filou à l'ouest est un bras du Djoué.

Matériel

Trois relevés constitués chacun de quatre sous-relevés géo-référencés ont été inventoriés suivant des quadrats, attenants le long d'un transect ou distribués au hasard selon la forme de l'îlot forestier. L'aire couverte par l'inventaire est de 1,5 ha, soit 3 x 0,5 ha. Les relevés sont localisés au Tableau 1

Au cours de cet inventaire, un herbier d'une cinquantaine d'espèces a été constitué et déposé à l'herbarium national (IEC) à Brazzaville et au département des sciences naturelles de l'École normale supérieure (ENS). L'identification des espèces s'est faite *in situ* pour les plus courantes et *ex situ*, au laboratoire du CERVE par comparaison aux herbiers de l'IEC et des diagnoses de Pauwels (1993), des volumes de la flore du Gabon, du Cameroun et de la flore des spermaphytes du Congo belge – Rwanda – Urundi. La nomenclature taxinomique adoptée est l'APG III (Angiosperm Phylogeny Group, 2009) et en accord avec Lebrun & Stork (1991-1997).

Méthodologie

L'inventaire floristique, de chaque îlot, se base sur quatre sous-relevés (R) de 50 x 25 m, soit 1.250 m². La superficie inventoriée est de 0,5 ha par îlot forestier, soit un total de 1,5 ha. Cet inventaire se base sur le recensement de tous les individus ligneux dressés de dbh (diameter at breast height) inférieur à 10 cm. Si les herbacées et les lianes ont simplement été signalées, les ligneux ont fait l'objet d'un dénombrement.

Mode d'expression des résultats

La diversité floristique est étudiée suivant :

- La densité qui est le nombre d'individus à l'hectare ;

- Spectre brut (%) (SB)

$$SB = \frac{\text{Nombre d'espèces / famille}}{\text{Nombre total d'espèces / famille}} \times 100$$

- Spectre pondéré (%) (SP)

$$SP = \frac{\text{Nombre de pieds / espèce ou / famille}}{\text{Nombre total de pieds}} \times 100$$

- Les indices de diversité biologique de Simpson et de Shannon dont les formules respectives sont :

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s n_i (n_i - 1) / n (n - 1) ;$$

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

(avec $p_i = n_i/n$; n_i = nombre d'individus de l'espèce et/ou de la famille et n = nombre total d'individus) permettent de mieux apprécier la diversité floristique. Ils se différencient sur l'accent mis sur les espèces rares et communes. Si l'indice de Shannon met en évidence les espèces abondantes, celui de Simpson par contre caractérise les espèces rares (De Namur, 1978; Legendre et Legendre, 1984; Mugarran, 2004; McDonald et al., 2012). La diversité floristique maximale ($H'_{\max} = \log_2 S$) renseigne sur la diversité maximale que peut atteindre une phytocénose, dans le cas d'une distribution homogène des individus constitutifs de la flore ;

- L'indice de Pielou ou de régularité (équitabilité) est le rapport de l'indice de diversité de Shannon sur l'indice de diversité

$$\text{maximale } (J = \frac{H'}{H'_{\max}}). \text{ Il marque le niveau}$$

de diversité atteint par le système par rapport au maximum possible. De ce fait, cet indice exprime les variations intra-communautaires (Legendre et Legendre, 1984; Pielou, 1984). Lorsque l'indice est faible, un phénomène de dominance est révélé, alors que, quand il est élevé, il marque une répartition régulière des individus entre les espèces ;

- Les coefficients de similarité de Jaccard et de Sørensen qui se distinguent par le fait que le premier donne la même cotation à la présence et à l'absence, alors que le second accorde un double avantage à la présence. Dans ce dernier cas, la présence est plus informative que l'absence (Legendre et Legendre, 1984).

$$\text{Jaccard } S(\%) = \frac{C}{A + B - C} \times 100 ;$$

$$\text{Sørensen } K(\%) = \frac{2C}{A + B} \times 100$$

(avec A = nombre d'espèces du 1^{er} relevé, B = nombre d'espèces du 2^e relevé, C = nombre d'espèces communes aux deux relevés).

Analyse statistique

La comparaison de la différence des moyennes, des indices de diversité biologique (\pm erreur standard) et des densités des îlots forestiers est faite 2 par 2 à l'aide du test t de Student. Par contre, la composition floristique des faciès forestiers se base sur le test de Khi deux. La variance des paramètres suivis dans les trois îlots forestiers est déterminée selon les procédures décrites par Zar (1996) et White et Edwards (2001).

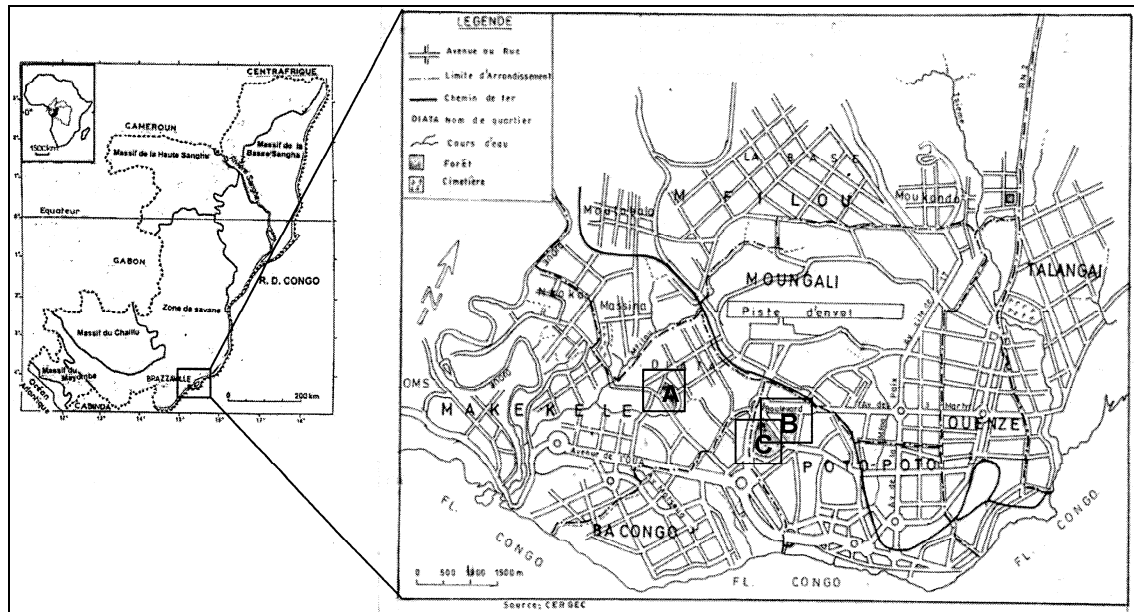


Figure 1 : Présentation du site d'étude et localisation des trois faciès forestiers de la Patte d'Oie. Îlots forestiers naturels de l'ex-Orstom (A); du palais de Parlement (B); du parc zoologique (C).

Tableau 1 : Localisation des relevés floristiques par îlot floristique.

Numéro des relevés	Localisation des placettes d'inventaire dans les îlots forestiers de la Patte d'Oie		
	Parc zoologique (A)	Palais du parlement (B)	ex-Orstom (C)
R1	04°16'21.9''S	04°16'10.6''S	04°16'38.9''S
	15°15'34.2''E	15°15'39.8''E	15°14'24.0''E
R2	04°16'24.1''S	04°16'11.3''S	04°16'44.3''S
	15°15'36.3''E	15°15'38.3''E	15°14'26.7''E
R3	04°16'21.5''S	04°16'11.8''S	04°16'38.4''S
	15°15'35.2''E	15°15'4°8''E	15°14'31.0''E
R4	04°16'12.4''S	04°16'11.0''S	04°16'37.3''S
	15°15'22.4''E	15°15'42.6''E	15°14'31.0''E

RÉSULTATS

Analyse de la diversité floristique

Le bilan de l'inventaire floristique de la Patte d'Oie de Brazzaville (Tableau 2) révèle 47 familles pour 120 espèces se distribuant comme suit : 45,8% d'espèces arborescentes ; 21,8% de lianes et 32,4% d'herbes. Suivant la distribution verticale qui caractérise les différentes strates floristiques, les espèces arborescentes de la forêt de la Patte d'Oie se subdivisent en trois groupes : 19,2% appartiennent à la strate supérieure formée par les arbres de 2 à 15 m de haut, 26,7% à la strate inférieure (0,5 – 2 m) et 54,2% à la strate herbacée (0 – 0,5 m).

Les données floristiques compilées des trois relevés montrent une dominance des Rubiaceae (37%) et des Fabaceae (16,7%). Suivent les Apocynaceae et les Euphorbiaceae avec 11,1% chacune. Quant au spectre pondéré de la flore, une prépondérance des Ochnaceae (28,9%) et Rubiaceae (26,3%) est relevée. Elles sont suivies des Bignoniaceae (10,5%), Euphorbiaceae (6,9%) et Achariaceae (6%).

Diversité floristique ligneuse

Le spectre brut de la flore montre des différences dans la composition floristique des relevés (Tableau 3). Dans le relevé A, elle est comprise entre 2,6 et 30,6% avec une nette dominance des Rubiaceae (30,6%) sur les Fabaceae (14%) et Apocynaceae (11,1%). Dans le relevé B, la diversité floristique varie de 2,6 à 25,6%. Les Rubiaceae sont prédominantes (25,6%) et suivent à 7,7% les Fabaceae, les Euphorbiaceae et les Moraceae. Enfin, dans le relevé C, la dominance des Rubiaceae est nette (34,2%) devant les Moraceae (8%), Euphorbiaceae (7,7%) et Fabaceae (6%).

Quant au spectre pondéré (Tableau 3), la diversité floristique varie de 0,03 à 27,1% dans le relevé A. L'espèce prépondérante est *Rothmannia octomera* (27,1%), suivie par *Rhabdophyllum arnoldianum* (26,2%), *Olex gambecola* (6,4%), *Oncoba welwitschii* (5,5%), *Chaetocarpus africanus* (4,9%) et *Markhamia tomentosa* (4,9%). Dans le relevé B cependant, *Rhabdophyllum arnoldianum* (37,6%) domine devant *Markhamia tomentosa*

(15,8%), *Oncoba welwitschii* (8,1%), *Chaetocarpus africanus* (7,5%) et *Rothmannia octomera* (6,57%). Enfin, la flore du relevé C est dominée par *Rothmannia octomera* (19,3%), *Rhabdophyllum arnoldianum* (12%), *Markhamia tomentosa* (11,7%) et *Chaetocarpus africanus* (10,7%).

L'inventaire floristique recense 7145 individus ligneux soit une moyenne de 2384,7 pieds par îlot forestier. Parmi les taxons arborescents, *Markhamia tomentosa* est l'espèce dominante avec une proportion de 57 à 75% d'individus par îlot forestier, soit un effectif compris entre 127 et 475 (Tableau 4). Les taxons arborescents caractéristiques représentent environ 16,1% de l'inventaire des ligneux, dont 3,3% d'espèces exotiques (Tableau 3). Les densités sont comprises entre 0,7 et 500 individus.ha⁻¹. Outre les espèces introduites, la composition floristique des trois îlots forestiers est presque identique.

Analyse des indices de diversité floristique

Les indices de diversité biologique des arbres ne présentent pas d'écarts significatifs entre les trois sites (Tableau 5). L'indice de Shannon varie de 1,4 à 2,3 (soit $1,9 \pm 0,5$ en moyenne), alors que l'indice de Simpson est compris entre 0,3 et 0,6 pour une moyenne de $0,5 \pm 0,2$. Cependant, la diversité maximale varie de 3,3 à 3,7 (soit $3,5 \pm 0,2$ en moyenne). Quant à l'équitabilité, elle oscille de 0,4 à 0,6 (soit $0,5 \pm 0,1$ en moyenne).

L'inventaire de toutes les espèces arborescentes, lianescentes et herbacées, donne un indice de Shannon moyen de $4,8 \pm 0,6$ et celui de Simpson de $0,5 \pm 0,2$. La diversité maximale est de $5,9 \pm 0,6$ en moyenne, contre une équitabilité moyenne de $0,8 \pm 0,1$ (Tableau 5).

Analyse des coefficients de similarité

Les coefficients de similarité des ligneux et de la flore totale ne sont pas significativement différents entre les îlots forestiers (Tableau 6). Le coefficient de similarité de Jaccard varie de 52 à 62% pour les arbres et de 50 à 55,6% pour la flore totale. En revanche, le coefficient de Sørensen oscille pour les arbres de 69,2 à 77,6% et entre 66,67 et 71,4% pour toute la flore.

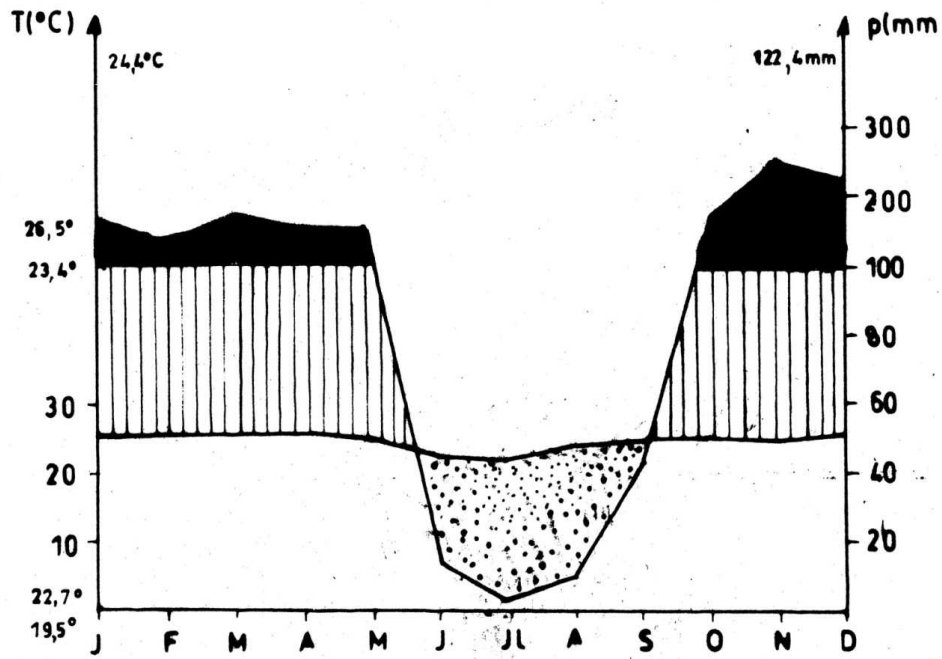


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de Brazzaville (source : Mounié, 2000).

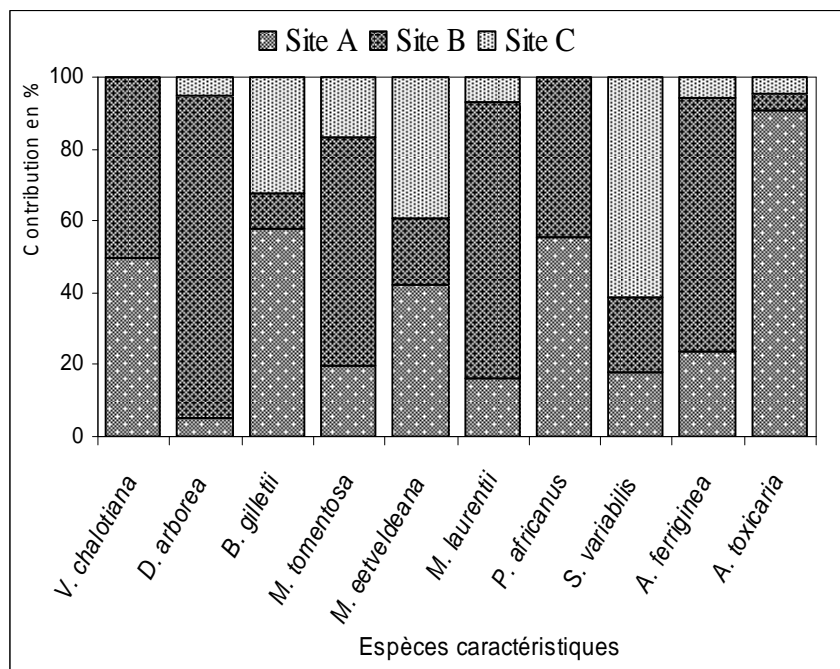


Figure 3: Densité des espèces caractéristiques de la forêt de la Patte d'Oie.

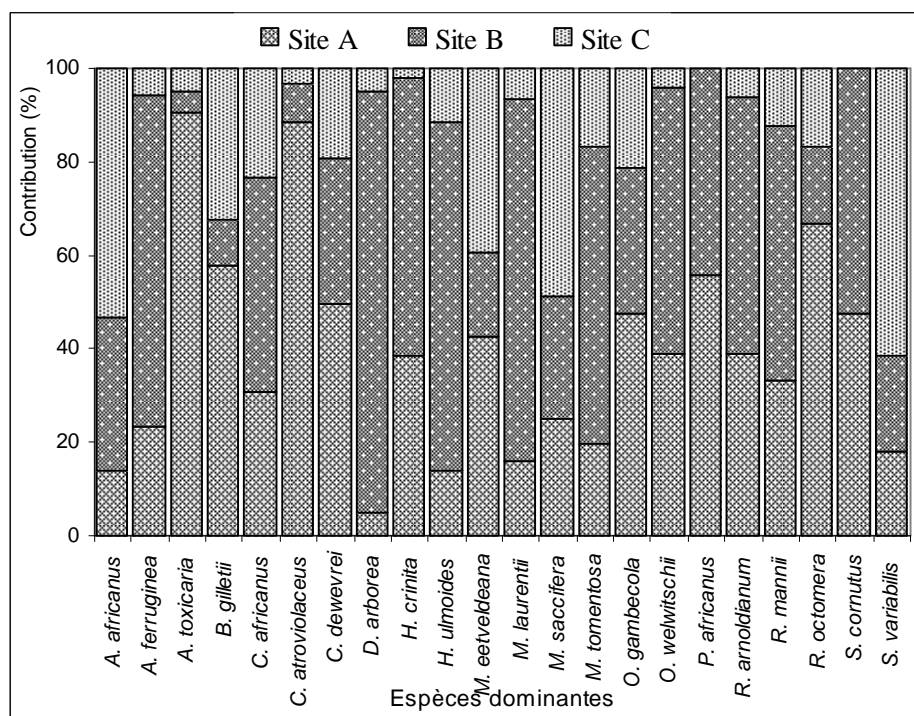


Figure 4 : Distribution comparée des taxons les plus abondants par site.

Tableau 2 : Synthèse des données taxinomiques et floristiques des ligneux.

Ilots forestiers	Données taxinomiques			Total arbres
	Familles	Genres	Espèces	
A	33	8	72	3045
B	41	16	84	3029
C	39	11	79	1080
Total	47	22	120	7145
Moyennes	37,7 ± 2,4	11,7 ± 2,3	78,3 ± 3,5	2384,7 ± 653,1

Tableau 3 : Spectres brut et pondéré des ligneux et de la flore totale inventoriée.

Spectre floristique (%)	Sites d'inventaire			Moyenne
	A	B	C	
Brut des ligneux	32,2	33,9	33,9	33,3 ± 0,6
Pondéré des ligneux	42,6	42,2	15,2	33,3 ± 9,1
Brut de flore totale	31,0	35,3	33,6	33,3 ± 1,3

Tableau 4 : Données sur la répartition des taxons arborescents de la forêt de la Patte d'Oie.

Taxons	Nombre d'individus par site			Densités (Arbres/ha)
	A	B	C	
Annonaceae				
<i>Xylopia aethiopica</i> (Dunal) A. Rich.*	-	1	-	0,67
Apocynaceae				
<i>Funtumia africana</i> (Benth.) Stapf	1	-	-	0,67
<i>Voacanga chaloniana</i> Pierre	2	2	-	2,67
Asparagaceae				
<i>Dracaena arborea</i> (Wild.) Link	3	53	3	39,33
Bignoniaceae				
<i>Markhamia tomentosa</i> (Benth.) K. Schum. & Thonn.	149	475	127	500
Fabaceae				
<i>Albizia ferruginea</i> (Guille & Perr.) Benth.*	4	12	1	11,33
<i>Millettia eetveldeana</i> (Micheli) Hauman	28	12	26	44
<i>Millettia laurentii</i> De Wild.*	12	58	5	50
<i>Pentaclethra macrophylla</i> Benth.*	1	-	-	0,67
<i>Samanea leptophylla</i> (Harms) Brenan & Brummitt*	6	-	-	4
Ixonanthaceae				
<i>Phyllocosmus africanus</i> (Hook.f.) Klotzsch *	5	4	-	6
Loganiaceae				
<i>Strychnos variabilis</i> De Wild.	7	8	24	26
Meliaceae				
<i>Trichilia gillettii</i> (De Wild.) Staner*	-	1	-	0,67
Moraceae				
<i>Antiaris toxicaria</i> (Rumph. ex Pers.) Lesch.*	19	1	1	14
<i>Bosqueiopsis gillettii</i> De Wild. & Th.Dur.	52	9	29	60
Myrtaceae				
<i>Syzygium brazzavillense</i> Aubr. & Pellegr.	-	-	6	4
Rubiaceae				
<i>Psydrax arnoldianum</i> De Wild.*	-	-	1	0,67
TOTAL	289	636	223	-

(*) taxons exotiques à la flore autochtone de la Patte d'Oie.

Tableau 5 : Comparaison des indices de diversité biologique des trois sites.

Indice de diversité	Espèces arborescentes				Diversité floristique globale (arbustives, lianescentes et herbacées)			
	Site A	Site B	Sit C	Moyenne	Site A	Site B	Site C	Moyenne
Simpson (D)	0,31	0,57	0,64	0,51 ± 0,1	0,84	0,81	0,91	0,85 ± 0,03
Shannon (H')	2,30	1,42	2,00	1,91 ± 0,3	3,35	3,21	4,04	3,53 ± 0,25
H' _{max}	3,70	3,58	3,32	3,53 ± 0,1	5,24	5,28	5,24	5,25 ± 0,01
Pielou (Eq)	0,62	0,40	0,60	0,54 ± 0,07	0,63	0,61	0,77	0,67 ± 0,05

Tableau 6 : Étude comparée des coefficients de similarité des ligneux et de la flore totale.

Coefficient de similarité (%)		Sites d'inventaire comparés			Moyenne
		AB	AC	BC	
Jaccard	ligneux	62	52	53	55,7 ± 3,2
	flore totale	55,6	50	52,4	52,7 ± 1,6
Sørensen	ligneux	77,6	72	69,2	72,9 ± 2,5
	flore totale	71,4	67	68,8	69,1 ± 1,3

Tableau 7 : Données comparées du test t de Student des indices de diversité biologique des îlots forestiers.

Îlots forestiers comparés	Ecart type	Test t de student	Degré de liberté	Signification P < 0,05
Ex-Orstom - Parc Zoologique*	1,58	1,01	3	NS
Ex-Orstom – Palais du Parlement*	1,46	0,58	3	NS
Parc Zoologique – Palais du Parlement*	1,30	0,85	3	NS
Ex-Orstom - Parc Zoologique**	2,20	1,00	3	NS
Ex-Orstom – Palais du Parlement**	2,21	1,32	3	NS
Parc Zoologique – Palais du Parlement**	2,25	1,43	3	NS

* espèces arborescentes; ** espèces herbacées, arborescentes et lianescentes; Non significatif (NS).

DISCUSSION

Inventaire floristique

La comparaison de la composition floristique des îlots forestiers révèle, de manière générale, des différences non significatives. L'analyse des ligneux soumis au test de Khi deux révèle, pour une probabilité $P < 0,05$ et un degré de liberté (ddl) de un (1), des valeurs de : (i) 1,057 entre les îlots forestiers A et B; (ii) de 1, 51 entre les îlots A et C; et (iii) de 1,571 pour les îlots B et C. En effet, ces variations floristiques se résument comme suit : 15,3% des espèces recensées dans l'îlot forestier A lui sont propres, contre 16,7% dans le B et 24,1% dans le C. Une analyse de la composition floristique des ligneux de chaque îlot forestier montre que plusieurs d'entre eux sont

introduits. Ainsi, dans l'îlot forestier A, on enregistre 8,3% des taxons allochtones (*Vitex ferruginea*, *Pentaclethra macrophylla*, *Samanea leptophylla*); 10,2% dans l'îlot B (*Trichilia gillettii*, *Xylopia aethiopica*, *Persea americana* et *Mangifera indica*); et enfin, dans l'îlot C, on enregistre 10,5% (*Rinorea banguiensis*, *Coffea* sp., *Psydrax arnoldianum*, *Senna spectabilis*).

Ces spécificités sont confirmées par la distribution des taxons ligneux qui individualisent les trois îlots forestiers. Dans l'îlot A, on trouve 22,2% d'espèces (*Cephaelis* sp., *Funtumia africana*, *Diplorynchus angolensis*, *Quisqualis hensii*, *Millettia theusczi*, *Icacina guessfeldtii*, *Albertisia cordifolia*, *Adenia tricostata*); 28,2% dans le B (*Olax wildemanii*, *Ochna* sp.,

Strophanthus sp., *Ananas comosus*, *Camoensia maxima*, *Pyrenacantha* sp., *Clerodendrum* sp., *Dorstenia* sp., Orchidée, *Aidia micrantha*, *Streptogyne crinata*); enfin, 29% dans le C (*Bertiera laurentii*, *Barteria fistulosa*, *Syzygium brazzavillense*, *Antidesma venosum*, *Sorindeia gossweileri*, *Clitandra cymulosa*, *Manotes griffoniana*, *Roueopsis obliquifoliolata*, *Premna angolensis*, *Trachyphrynium braunianum*, *Similax anceps*).

L'analyse des inventaires floristiques, des trois sites, montre que les actions anthropiques subies n'ont pas été de même intensité. La forêt de l'ex-Orstom, utilisée comme jardin d'expérimentation, grandeur nature, est le site le moins affecté des trois. Cette observation est soutenue par la non dominance des espèces pionnières (*Macaranga* sp., *Markhamia tomentosa*, *Oncoba welwitschii*, *Hymenocardia ulmoides* et *Chaetocarpus africanus*) comme dans les deux autres. Ces espèces qui sont les témoins des perturbations des écosystèmes forestiers de la région, ont une proportion avoisinant 20% dans les relevés des îlots forestiers du Parc zoologique et du palais du Parlement.

Le cortège exotique n'est pas négligeable dans la composition floristique des trois îlots forestiers, comme le montrent Nzala et Miankodila (2002), sur la genèse de l'introduction des plantes exotiques au Congo et notamment à Brazzaville. Plusieurs d'entre elles ont une bonne aptitude à la naturalisation et parmi celles-ci, citons *Pentaclethra macrophylla*, *Samanea leptophylla*, *Senna spectabilis*, *Mangifera indica*, *Millettia laurentii*, *Persea americana*, *Albizia ferruginea*, *Pancovia* sp., *Xylopiya aethiopica*, *Psydrax arnoldianum* et *Phyllocosmus africanus*. Leur contribution respective dans les trois îlots forestiers n'est pas négligeable par rapport aux espèces autochtones ; le remplacement de la flore ligneuse autochtone

entamé par *Millettia laurentii*, depuis les années 1956, devrait s'intensifier.

L'analyse comparée des densités des ligneux par le test t de Student révèle des différences non significatives, pour une probabilité $P < 0,05$ et un degré de liberté (ddl) de 16, des valeurs de : (i) 1,23 entre les îlots forestiers A et B; (ii) de 1,15 entre les îlots A et C; et (iii) de 1,27 pour les îlots B et C. Toutefois, la comparaison des densités des jeunes plantes appartenant aux grands ligneux de la forêt dense humide et ceux de la flore autochtone de la Patte d'Oie, montre que la succession est en faveur de *Millettia laurentii*, *Phyllocosmus africanus*, *Samanea leptophylla*, *Pentaclethra macrophylla*, *Albizia ferruginea* toutes presque naturalisées (Tableau 4). Cette observation est appuyée par le fait que les taxons arborescents les mieux représentés de la flore spontanée de la Patte d'oie sont pour l'essentiel des essences pionnières (*Oncoba welwitschii*, *Markhamia tomentosa*, *Macaranga* sp., *Dracaena arborea*) ou des petits arbres (*Millettia eetveldeana*, *Bosqueiopsis gillettii*, *Strychnos variabilis* et *Voacanga chalongiana*) incapables d'atteindre la strate supérieure formée par *Millettia laurentii*, *Phyllocosmus africanus*, *Samanea leptophylla*, *Pentaclethra macrophylla*, *Albizia ferruginea*. L'autre argument qui soutient ce changement à venir est que la majorité des espèces dominantes comme *Olax gambecola*, *Colletocema dewevrei*, *Rothmannia octomera*, *Heinsia crinita*, *Rhabdophyllum arnoldianum*, *Rauvolfia mannii*, *Ochna* sp., sont typiques du sous-bois.

Analyse des indices de diversité floristique

Les indices de diversité biologique de Shannon et de Simpson ne permettent pas de discriminer nettement les trois îlots forestiers, par leur composition floristique (Tableaux 5 et 7). Toutefois, quelques nuances floristiques entre les trois îlots forestiers sont relevées en

considérant l'indice de diversité de Simpson. Cet indice qui valorise les espèces communes, marque des variations dans la composition floristique entre îlots forestiers, tant dans la flore ligneuse (15 à 20%) que totale (33 à 40%). Les données d'équitabilité montrent qu'il n'y a pas de dominance dans la composition floristique dans les trois îlots forestiers. Ces observations sont appuyées par l'analyse des coefficients de similarité de Jaccard et de Sørensen (Tableau 6). Dans les deux cas, les coefficients de similarité floristique de Jaccard et de Sørensen entre les îlots forestiers varient respectivement de 50 à 62% et de 67 à 78%.

Caractérisation des îlots forestiers de la Patte d'Oie

L'observation des ligneux autochtones montre que les espèces caractéristiques de cette forêt mésophile sont *Millettia eetveldeana*, *Strychnos variabilis*, *Bosqueiopsis gillettii*, *Voacanga chalongiana*, *Markhamia tomentosa* et *Dracaena arborea*. L'analyse des densités (Figure 3) révèle que leur valeur est comprise entre 0,7 et 39,3 individus.ha⁻¹ avec une nette exception pour *Markhamia tomentosa* (500 individus.ha⁻¹). En rapport avec la distribution verticale des ligneux, il est relevé une bonne représentativité des taxons allochtones de la strate supérieure de la forêt dense humide (*Millettia laurentii*, *Samanea leptophylla*, *Antiaris toxicaria*, *Albizia ferruginea*, *Phyllocosmus africanus* et *Pentaclethra macrophylla*). En effet, en dépit des valeurs élevées des ligneux natifs de cet écosystème de la Patte d'Oie, seule *Markhamia tomentosa* a une contribution de 4,9 à 15,8% dans les trois îlots forestiers. Comparativement aux faciès de forêts denses d'Afrique centrale étudiés (i) en R.D.Congo (Mosango, 1991a, 1991b); (ii) au Cameroun (Sonké, 1998; Dibong et al., 2003; Sunderland et al., 2003; Priso et al., 2010 ; Gonmadje et al., 2011 ;

Kenfack et al., 2007), (iii) au Gabon (Balinga, 2006 ; Balinga et al., 2005 ; Sunderland et al., 2004) ; et (iv) au Congo (Kouka, 2001, 2006; Kimpouni et al., 2008; Sunderland et Balinga, 2005), les faciès forestiers issus de la dégradation de la forêt de la Patte d'Oie ont un niveau de diversité élevé contre une faible richesse floristique.

Régénération naturelle et pérennisation de la flore

L'évolution d'une communauté ou d'une population étant sous le contrôle des facteurs extrinsèques et intrinsèques (Frontier et al., 2008), notamment le contrôle intra-spécifique, d'une part, et, d'autre part, le contrôle interspécifique, une élimination des individus les plus faibles est observée. Le suivi des jeunes plantes des espèces ligneuses de dbh < 10 cm, dans les trois îlots forestiers s'est révélé un indice majeur de la régénération et du maintien de cet écosystème (Peters, 1997; Puig, 2001). Ainsi, les faibles densités des jeunes plantes des espèces spontanées de ce type forestier dans le sous-bois ne peuvent garantir l'existence de cette forêt (Figure 4). En effet, le passage d'une classe de dbh à une autre entraîne *de facto* une réduction de la densité suite à la conquête de l'espace. C'est ainsi que plusieurs des jeunes plantes recensées n'atteindront pas le stade ultime de développement. Les corollaires de ce phénomène, au sein des îlots forestiers, se traduisent par l'insuffisance de la régénération naturelle des espèces spontanées et l'ascendance de la flore allochtone sur l'autochtone. Cette forêt est un type mésophile particulier, au sein des forêts du bassin du Congo, dont les paramètres écologiques et biologiques (densité, composition floristique, surface terrière, etc.) ne peuvent être comparés à celles des forêts denses humides qui sont très élevées.

Anthropisation de l'écosystème

L'évaluation de l'action anthropique des îlots forestiers de la Patte d'Oie dénote un important piétinement dont les corollaires sont la réduction du potentiel séminal du sol, l'empêchement de la germination et du développement des plantules. La coupe des gaulettes, la collecte des organes végétaux à des fins thérapeutiques et autres faits conjugués conduisent inéluctablement à la disparition de cet écosystème à plus ou moins court terme. En effet, cet écosystème, unique au Congo, voit régulièrement sa superficie diminuer suite à des coupes à blanc au profit des forêts artificielles de Pins et d'Eucalyptus, voire d'essences locales non natives de la flore spontanée de Brazzaville (cf. arboretum de Brazzaville). En dépit des coupes à blanc, cet écosystème fait l'objet d'une reforestation à base d'essences locales de forêts denses humides comme *Terminalia superba* (Limba). Les incendies qui interviennent souvent aux mois d'août et septembre, période à laquelle la saison sèche est très prononcée, ont un caractère violent. L'action du feu sur la flore a un effet sélectif favorisant le développement des espèces pyrophytes au détriment de toutes les autres qui sont éradiquées (Bergonzini et Lanly, 2000). Les incendies qui ont affecté les îlots forestiers ces trois dernières années, s'ils ne sont pas maîtrisés, pourraient modifier leur composition floristique par l'émergence d'une flore adaptée aux nouvelles conditions tenant au feu (Koechlin, 1961; Makany, 1976; Trochain, 1980). Les corollaires de l'action anthropique ne se manifestent non seulement par l'appauvrissement de la diversité floristique, mais aussi par une érosion génétique consécutive aux modifications des niches écologiques (Frontier et al., 2008).

La disparition de ces îlots forestiers se traduirait par une réduction du couvert végétal urbain dont le rôle est déterminant dans la régulation du climat, d'une part, et une perte génétique et écosystémique, d'autre part

(Bergonzini, 2004; Riedacker, 2004). Son remplacement par les formations artificielles à base d'essences à croissance rapide accélérerait inéluctablement l'érosion de la biodiversité de la réserve forestière de la Patte d'Oie.

Conclusion

L'écosystème forestier de la Patte d'Oie de Brazzaville est caractérisé par un faible degré de diversification floristique. En dépit de son statut de réserve, les activités anthropiques influencent fortement son développement (dynamique, structure et fonctionnement). Il est intéressant de relever que la flore autochtone de la Patte d'Oie cède inexorablement sa place à la flore allochtone, native de la forêt dense ombrophile, dont le processus de naturalisation est presque accompli. En effet, les ligneux sont majoritairement représentés par les espèces pionnières, synonymes des milieux perturbés.

La flore du sous-bois des trois îlots étudiés de la forêt de la Patte d'Oie n'est pas homogène dans la composition floristique, quoique résultant tous de la dégradation d'une même unité floristique. La dominance des taxons typiques de sous-bois par rapport aux ligneux est le signe majeur d'un dysfonctionnement de cet écosystème et donc d'une faible capacité de résilience. La couverture forestière du Congo en général, et celle de Brazzaville en particulier, est en passe de connaître une érosion floristique, génétique et écosystémique, suite à la dégradation des derniers témoins de la forêt naturelle. Soulignons que ce type de forêt mésophile sèche n'est connu nulle part ailleurs au Congo, sinon qu'à Brazzaville.

REFERENCES

- Adjanohoun EJ, Ahyi AMR, Ake Asi L, Baniakina J, Chibon P, Cusset G, Doulou V, Enzanza A, Eyeme J, Goudote E, Keita E, Mbemba C, Mollet

- J, Moutsambote JM, Mpati J, Sita P. 1988. *Contribution aux Etudes Ethnobotaniques et Floristiques en République Populaire du Congo : Médecine Traditionnelle et Pharmacopée*. ACCT: Paris.
- APG III. 2009. An update of the Angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linn. Society*, **161**: 105-121.
- Aubréville A. 1949. *Climats, Forêts et Désertification de l'Afrique Tropicale*. La Rose : Paris.
- Balinga MPB, Issembe YA, Sunderland TCH, Nzabi T, Obiang D, Nyangadouma R. 2005. Quantitative vegetation assessment of the Monte Mitra forest using 1 hectare biodiversity plots. In *A Biodiversity Assessment of the Monte Mitra Forest*, Sunderland TCH (ed). Monte Alen National Park: Equatorial Guinea.
- Balinga MPB. 2006. A vegetation assessment of the Waka national park, Gabon. CARPE Report.
- Banzoulou M, Gnendo B. 1998. *Étude de la Végétation de l'ORSTOM*. Mémoire de CAPES, ENS, UMNG : Brazzaville.
- Bergonzini J-C, Lanly J-P. 2000. *Les Forêts Tropicales*. Karthala, CIRAD : Paris.
- Bergonzini J-C. 2004. *Changements Climatiques, Désertification, Diversité Biologique et Forêts*. SILVA-RIAT : Paris.
- COMIFAC. 2006. *Les Forêts du Bassin du Congo : État des Forêts 2006*. COMIFAC: Paris
- Denis B. 1970. *Les Sols de la Région de Brazzaville*. ORSTOM: Brazzaville.
- Descoings B. 1975. Les grandes régions naturelles du Congo. *Candollea*, **30**: 91-120.
- Dibong SD, Din N, Priso RJ. 2003. Diversité floristique et structure des forêts entre la plaine littorale et le plateau sud camerounais. *Sci. Technol. Développ.*, **10**(1): 7-15.
- Frontier S, Pichod-Viale D, Leprêtre A, Davoult D, Luczak C. 2008. *Écosystèmes: Structure, Fonctionnement, Evolution* (4^e éd.). Dunod : Paris.
- Gakosso G. 2009. Diversité floristique et potentialité régénérative des îlots forestiers naturels de la Patte d'Oie. Mémoire de CAPES, ENS, UMNG, Brazzaville, p. 68.
- Gonmadje CF, Doumenge C, McKey D, Tchouto GPM, Sunderland TCH, Balinga MPB, Sonke B. 2011. Tree diversity and conservation value of Ngovayang's lowland forests, Cameroon. *Biodivers. Conserv.*, DOI 10.1007/s10531-011-0095-z.
- Haeringer P. 1980. L'arbre dans la ville : lecture sociale en quatre tableaux du couvert végétal dans la ville africaine. *Cahier ORSTOM Sér. Sci. Hum.*, **17**(3-4): 289-308.
- Kenfack D, Thomas DW, Chuyong G, Condit R. 2007. Rarity and abundance in a diverse African forest. *Biodivers. Conserv.*, **16** : 2045–2074.
- Kimpouni V, Lejoly J, Lisowski S. 1992. Les Eriocaulaceae du Congo. *Fragmenta Floristica Geobotanica*, **37**: 127-145.
- Koechlin J. 1961. *La Végétation des Savanes dans le Sud de la République du Congo*. IRSC-ORSTOM: Paris.
- Kouka LA. 2001. Biotopes et diversité des groupes phytogéographiques dans le Parc National d'Odzala (Congo-Brazzaville). *Syst. Geogr. Pl.*, **71**: 827-835.
- Kouka LA. 2006. Étude floristique des forêts du Parc National d'Odzala (Congo - Brazzaville). *Acta Bot. Gallica*, **153**(1): 49-81.

- Lebrun JP, Stork L. 1991 – 1997. *Énumération des Plantes à Fleur d'Afrique Tropicale*. Éditions des Conservatoire et Jardin Botaniques de Genève : Genève.
- Legendre L, Legendre P. 1984. *Écologie Numérique, tome 1 : Traitement Multiple des Données Écologiques* (2^e édn). Masson: Paris.
- Makany L. 1976. *Végétation des Plateaux Téké (Congo)*. Collection des travaux de l'Université de Brazzaville : Brazzaville.
- Makoumbou C, Massamba Kengue A. 2000. Inventaire floristique et dissémination des espèces dans la forêt du Parc zoologique. Mémoire de CAPES, ENS, UMNG, Brazzaville, p. 50.
- Magurran AM. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd: Oxford.
- Mbou P. 2009. *Structure et typologie des îlots forestiers naturels de la Patte d'Oie (Brazzaville)*. Mémoire de CAPES, ENS, UMNG, Brazzaville, p. 54.
- McDonald C, Smith R, Scott M, Dick J. 2010. Using indices to measure biodiversity change through time. METMAV International Workshop on spatio-temporal modelling, Santiago de Compostela, du 30 juin au 2 juillet 2010, p. 5.
- Mosango M. 1991a. La forêt secondaire âgée à *Zanthoxylum gillettii* de l'île Kongolo (Zaïre). *Belg. Journ. Bot.*, **124**(2): 152-166.
- Mosango M. 1991b. Contribution à l'étude botanique et biogéochimique de l'écosystème forêt en région équatoriale (île Kongolo, Zaïre). *Belg. Journ. Bot.*, **124**(2): 167-194.
- Namur (De) C. 1978. Quelques caractéristiques du développement ligneux en cours d'une succession secondaire. *Cahier ORSTOM, Série Biologique*, **13**(3): 211-221.
- Ndinga EC, Mayitoukou Loupet L. 2000. Dynamique de régénération de la forêt du Parc zoologique. Mémoire de CAPES, ENS, UMNG, Brazzaville, p. 50.
- Nzala D, Miankodila P. 2002. Arbres et espaces verts à Brazzaville (Congo). *Bois et Forêts des Tropiques*, **272**(2): 88-92.
- Pauwels L. 1993. *Nzayilu n'ti : Guide des Arbres et Arbustes de la Région de Kinshasa- Brazzaville*. Jardin Botanique National de Belgique : Bruxelles.
- Peters CM. 1997. Exploitation soutenue de produits forestiers autres que le bois en forêt tropicale humide : manuel d'initiation écologique. Programme d'appui à la biodiversité n° 2, USAID, Biodiversity Support Program : Washington.
- Pielou EC. 1984. *The Interpretation of Ecological Data: A Primer on Classification and Ordination*. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons : New York.
- Priso RJ, Din N, Dibong SD, Taffouo VD, Kamdem JP, Tchachou M, Amougou A. 2010. Biodiversité et paramètres de structure dans la réserve forestière du bois des singes et la zone forestière de Bangué (Douala, Cameroun). In *Systématique et Conservation des Plantes Africaines*, Van der Burgt X, Van der Maesen J, Onana J-M (éds). Royal Botanic Gardens: Kew ; 265-272.
- Puig H. 2001. *La Forêt Tropicale Humide*. Belin : Paris.
- Samba-Kimbata M-J. 1978. Le climat Bas-congolais. Thèse de doctorat, Université de Dijon, Dijon, p. 278.
- Sonké B. 1998. Études floristiques et structurales des forêts de la réserve de faune du Dja (Cameroun). Thèse de doctorat en sciences, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, p. 256.

- Sunderland TCH, Balinga MB. 2005. Evaluation préliminaire de la végétation du parc national de Nouabale-Ndoki et de sa zone tampon, Congo. CARPE Report.
- Sunderland TCH, Comiskey JA, Besong S, Mboh H, Fonwebon J, Dione MA. 2003. Vegetation assessment of Takamanda forest reserve, Cameroon. In *Takamanda: the Biodiversity of an African Rainforest*, Comiskey JA, Sunderland TCH, Sunderland GJL (eds). Smithsonian Institution, SI/MAB : Washington DC; 19 – 53.
- Sunderland TCH, Walters G, Issembe Y. 2004. A preliminary vegetation assessment of the Mbe National Park, Monts de Cristal, Gabon. CARPE Report.
- Taty-Dekanga C, Mombouli R. 1998. Analyse floristique et structurale de la forêt du Parc zoologique (Brazzaville). Mémoire de CAPES, ENS, UMNG, Brazzaville, p. 51.
- Trochain JL. 1980. *Écologie Végétale de la Zone Intertropicale non Désertique*. Université Paul Sabatier : Toulouse.
- UICN. 1996. *L'Atlas pour la Conservation des Forêts Tropicales d'Afrique*. UICN : Gland.
- Vennetier P. 1977. *République Populaire du Congo. Les atlas Jeune Afrique*, Éditions J. A. : Paris.
- White L, Edwards A. 2001. *Conservation en Forêt Pluviale Africaine: Méthodes de Recherches*. Wildlife Conservation Society (WCS): New York.
- Zar JH. 1996. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall International, Upper Saddle River: New Jersey.