

# Communication des éléphants de forêts pendant leur nutrition dans le Parc national d'Ogooué Leketi au Congo Brazzaville

C. INKAMBA-NKULU<sup>1</sup>, K. N. NGBOLUA<sup>2</sup>, J. M. MALEKANI<sup>2</sup>, C. N. EWANGO<sup>3</sup>, J. K. PUNGA, J. S. M. NAGAHUEDI<sup>2</sup>

(Reçu le 01/08/2022; Accepté le 02/09/2022)

## Résumé

La connaissance sur la communication des éléphants de forêt de l'Ogooué Leketi pendant la recherche de la nourriture est importante pour la conservation effective et les stratégies des suivis des animaux. L'éco-éthologie des éléphants de forêt (*Loxodonta cyclotis*) est moins étudiée que ceux de l'éléphants de savane (*Loxodonta africana*). La communication des éléphants était examinée dans les deux clairières Madjouama et Bissoloko et la nutrition des éléphants dans les forêts environnantes dans le Parc National Ogooué Leketi en république du Congo pendant 24 mois de janvier 2013 à Décembre 2014. Les sons des éléphants étaient enregistrés à partir des appareils «Autonomous Recording Unit (ARU)» de marque SM2, afin de collecter les données a une superficie de 2 km<sup>2</sup> pendant 3 mois sans interruptions. Les données étaient ensuite téléchargées pour passer aux différentes analyses. C'est au niveau du logiciel Raven que nous avons lu le spectrogramme des fréquences des sons des éléphants. Les pistes fraîches des éléphants ont été suivis à près d'un kilomètre pour recenser les restes des nourritures. Les espèces végétales consommées par les éléphants étaient récoltées pour être déterminées par les spécialistes. Les crottes fraîches étaient aussi analysées pour en décoder le contenu. Comme résultats, les éléphants de forêts utilisent plus la clairière de Bissoloko que la clairière de Madjouama. Ils utilisent les clairières plus pendant la nuit que pendant les heures de lumière dans les deux clairières. Les facteurs qui interviennent dans la visitation des éléphants sont les saisons et les fluctuations des années. La structure et la taille des clairières devient une variable dépendante lorsque toutes les trois variables sont combinées. Les éléphants consomment intentionnellement deux espèces des plantes, *Grossera macrantha* 29 (3,6%) et *Strombosiopsis tetandra* 21 (2,6%) sur les 249 espèces végétales et 3 espèces animales recensées dans les 26 pistes de repas. Les éléphants se nourrissent aussi occasionnellement des certaines espèces des fruits (*Chrysophyllum africanum* et *Omphalocarpum procerum*) qu'ils trouvent en abondances sur le sol durant leurs déplacements. Trois invertébrés ont été consommés par les éléphants de manière accidentelle en voulant se nourrir du miel, du sol de la termitière et des nids de fourmis. La conservation future est essentielle pour cette population d'éléphants transfrontalière Congo-Gabon.

**Mots clés:** Protection effective, communication, ressource minérales, conservation transfrontalière

## Communication of forest elephants during feeding in the Ogooué Leketi National Park in Congo Brazzaville

### Abstract

Knowledge about the communication of forest elephants in the Ogooué Leketi during foraging is important for effective conservation and monitoring strategies of the animals. The eco-ethology of forest elephants (*Loxodonta cyclotis*) is less studied than that of savanna elephants (*Loxodonta africana*). Elephant communication was examined in the two clearings Madjouama and Bissoloko and elephant nutrition in the surrounding forests in the Ogooué Leketi National Park in the Republic of Congo during 24 months from January 2013 to December 2014. Elephant sounds were recorded from the SM2 Autonomous Recording Unit (ARU) to collect data over a 2 km<sup>2</sup> area for 3 months without interruption. The data were then downloaded for analysis. The spectrogram with the frequency spectra of the elephant sounds was read out in the Raven software. The fresh tracks of the elephants were followed for about a kilometer to count the remains of the food. Plant species consumed by the elephants were collected for determination by specialists in the herbarium. Fresh dung was also analyzed for content. Results showed that forest elephants use the Bissoloko clearing more than the Madjouama clearing. They used the clearings more at night than during daylight hours in both clearings. Factors that affect elephant visitation are seasonality and year-to-year fluctuations. The structure and size of the clearings becomes a dependent variable when all three variables are combined. Elephants intentionally fed on two plant species, *Grossera macrantha* 29 (3.6%) and *Strombosiopsis tetandra* 21 (2.6%) of the 249 plant species and 3 animal species recorded in the 26 feeding tracks. Elephants also occasionally fed on some species of *Chrysophyllum africanum* and *Omphalocarpum procerum* fruits, which they found in abundance on the ground during their movements. All three invertebrates were consumed by elephants accidentally while feeding on honey, termite mound soil and ant nests. Future conservation is essential for this trans-boundary elephant population of Congo-Gabon.

**Keywords:** Effective protection, communication, mineral resources, trans-boundary conservation

## INTRODUCTION

Les études génétiques (Roca *et al.*, 2001, 2015; Rohland *et al.*, 2010) ont suggérées qu'il existent deux espèces distinctes d'après le milieu dans lesquels ils vivent, de l'éléphant savane (*Loxodonta africana*) et l'éléphant de forêt (*Loxodonta cyclotis*). L'éléphant de forêt est une espèce parapluie pour la conservation, listé comme une espèce vulnérable par IUCN (Blanc, 2008). Sa conservation permet la protection des toutes les autres espèces animales et les habitats. Des dizaines des années du braconnage de l'éléphant d'Afrique pour le commerce de l'ivoire a fortement réduit la population des éléphants au travers du continent (Blanc *et al.*, 2007). En Afrique central, l'ivoire et la viande d'éléphants sont la raison principale pour l'abattage des

éléphants (Hakizumwami and Luhunu, 2005; Maisels *et al.*, 2013). Le braconnage est connu d'influencer le sexe ratio des éléphants en faveur des femelles parce que les mâles adultes et sub-adultes sont sélectionnés due à leurs larges défenses (Inkamba Nkulu, 2007; Momont 2007; Owens and Owens 2009; Poole 1989). Les menaces sur les éléphants sont multiples en Afrique centrale tels que le taux déforestation (Duveiller *et al.*, 2008), le braconnage par la création d'un réseau des routes par les forestiers (Blake *et al.*, 2008; Wilkie *et al.*, 2001), les guerres civiles, la faiblesse des ressources de gestion et la faiblesse des priorités de la protection de la nature (Blake *et al.*, 2007). La stratégie de conservation effective basée sur un fort témoignage scientifique (Ferraro and Pattanayak, 2006; Kapos *et al.*, 2009;

<sup>1</sup> Wildlife Conservation Society Plateau Batéké, New York, USA

<sup>2</sup> Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, Kinshasa, République Démocratique du Congo

<sup>3</sup> Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kisangani, Kisangani, République Démocratique du Congo

Pullin and Knight, 2009; Sutherland *et al.*, 2004) est un besoin urgent pour assurer la préservation de l'éléphant de forêt et des autres espèces phares en forêt.

L'éléphant de forêt des Plateaux Batékés vit dans la frontière Congo-Gabon en utilisant les deux types d'habitats savane et forêt. Il existe d'une part une extension continue de la zone savanicole à végétation herbeuse des Plateaux Batékés Congo Gabon (Tutin *et al.*, 1997) et d'autre part des fragments de mosaïque forêt savane adjacent et des forêts continuent des Plateaux Batékés (Inkamba-Nkulu *et al.*, 2018). Les différentes études montrent que la taille des groupes des éléphants de forêts est généralement réduite de 2 à 4 individus en moyenne, articulés autour de l'unité de base mère-jeune (Merz, 1986; White *et al.*, 1993; Turkalo, 1996; Vanleeuwe *et al.*, 1997; Maréchal *et al.*, 1998; Querouil *et al.*, 1999; Theuerkauf *et al.*, 2000).

Les clairières fournissent d'importantes quantités de végétation herbacée aux herbivores. L'étude des activités de plusieurs espèces de mammifères a ainsi montré qu'elles représentaient un espace trophique important pour les espèces animales, en liaison avec l'abondance des herbacées et la richesse des sols et des végétaux en sels minéraux (Magliocca, 2000; Magliocca et Gauthier-Hion, 2001; Magliocca *et al.*, 2003; Inkamba-Nkulu, 2007; Roca *et al.*, 2015; Turkalo *et al.*, 2018). Les clairières de forêts sont particulièrement importantes pour les éléphants qui viennent pour s'abreuver et extraire les sels minéraux dissous dans l'eau (Turkalo and Fay 1995; Turkalo 1996; 2001; Klaus *et al.*, 1998; Vanleeuwe and Gautier-Hion 1998; Vanleeuwe *et al.*, 1998; Blake et Inkamba-Nkulu, 2004; Maisels *et al.*, 2010).

Les populations humaines tirent profit de l'existence de ces clairières qui s'avèrent particulièrement attractives pour une partie de la faune afin d'exercer le braconnage particulièrement des éléphants et les autres animaux (Telfer *et al.*, 2009; Inkamba-Nkulu *et al.*, 2018). En effet, l'existence de ces clairières permet d'augmenter le taux de vision de la grande faune forestière (Lecolle, 2006) dans des conditions de vision confortables (miradors). Du fait même de cette attraction pour la grande faune, les clairières marécaugeuses constituent aujourd'hui un enjeu important pour le développement du tourisme de vision dans plusieurs aires protégées dans certains pays forestiers d'Afrique centrale (Cameroun, Congo, Gabon et autres).

Ainsi les éléphants dans la zone d'étude utilisent surtout la forêt qui a des clairières afin de maximiser l'exploitation des ressources disponibles dans les habitats. Momont (2007) a montré que les éléphants de forêt dans le bai de Langoué et Lopé au Gabon, exploitent différents types des habitats selon les saisons afin de bénéficier de nourriture disponible et les sels minéraux. Récentes études basées sur la technologie de GPS avaient fournies des données de qualité pour réévaluer les déplacements saisonniers et la distribution des éléphants d'Afrique (Blake *et al.*, 2001; Douglas-Hamilton *et al.*, 2005; Blake 2007). Le même système a été utilisé pour étudier les relations sociales et spatiales de la structure de population et les stratégies sociales des éléphants au Kenya (Wittemyer et Getz, 2007). Il est connu que les déplacements des éléphants de forêt sont fortement liés à l'acquisition des ressources disponibles (White, 1994; Vanleeuwe et Gautier-Hion, 1998).

L'éléphant de forêt se nourrit de feuilles, de branches, d'écorce et de fruits (Merz, 1981; Short, 1981; White *et al.*, 1993; Blake 2002). Quand il a accès à la savane, il consomme l'herbe (White *et al.*, 1993) bien que les ressources alimentaires diffèrent grandement entre la forêt et la savane. En forêt, la fructification est spatialement et temporellement très variable (White, 1994). De même, la répartition des autres types d'aliments est hétérogène de par leur qualité et leur quantité mais de façon moins marquée (Blake, 2002).

La distribution inégale de la nourriture fait que les éléphants de forêt doivent se déplacer sur des longues distances pour profiter des fructifications saisonnières localement abondantes (Short, 1983; White *et al.*, 1993; Blake, 2001) en passant au travers des clairières de forêts. Toutefois en savane, la nourriture est abondante et plus régulièrement distribuée, ce qui permet aux animaux de s'alimenter aisément à un coût moindre qu'en forêt.

En effet, il a été observé des différences dans les stratégies d'alimentation chez les éléphants de savane vivant à proximité de zones forestières (Shannon *et al.*, 2006). A cause de besoins énergétiques différents, les femelles adultes accompagnées de jeunes dépendants se nourrissaient de façon beaucoup plus sélective que les mâles adultes au cours de la saison sèche, de manière à minimiser la consommation de fibres (Stokke, 1999) dans l'habitat de forêt.

Dans le souci de connaître comment les éléphants fréquentent les clairières de forêts la nuit et le jour dans un cycle de 24 heures, une méthode utilisée était de connaître le langage des éléphants afin de quantifier le nombre des appels qui sévissent chaque heure. Il est connu que les éléphants de tous les âges émettent plusieurs sons de façon à se rapprocher les uns les autres et à marquer leurs présences dans le territoire. Ainsi, les femelles adultes utilisent plusieurs vocalisations pour localiser les membres de leurs familles et garder la cohésion du groupe. Les mâles adultes quant à eux produisent des appels distinctifs pendant la période de chaleur afin de localiser les femelles en œstrus (Langbauer, 2000; Payne *et al.*, 2003; Poole, 2011) pour la copulation.

Cet article a pour objectifs de (1) déterminer les communications des éléphants lors de leurs nutritons au niveau des clairières de forêts au Congo et dans la zone frontalière Congo-Gabon; (2) analyser le comportement alimentaire des éléphants; (3) déterminer la fréquence des visites des éléphants à partir de leurs langages (4) et enfin discuter les implications de ses résultats au système de gestion des clairières.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Situation géographique

Le Parc National Ogooué Leketi (PNOL) couvre une superficie de 3 485 km<sup>2</sup> (1°45' et 2°51' de latitude Sud, et 12°15' et 13°00' de longitude Est) en République du Congo (Figure 1). La République du Congo est un pays peu étendu qui couvre une superficie 342 000 km<sup>2</sup>. Il est bordé par cinq pays limitrophes dont la République Démocratique du Congo (RDC) et l'Angola (enclave de Cabinda) à l'Est; la République Centrafricaine (RCA), le Cameroun au Nord-Ouest et le Gabon à l'Ouest. Le Sud-Ouest du Congo est baigné par l'Océan Atlantique sur 170 km. La population humaine



est faible avec 5 380 508 habitants tenant compte de l'estimation de 2019, avec une densité moyenne de 8 habitants / km<sup>2</sup>, avec un taux de croissance de 2,2% par année.

Le Parc National Ogooué Lékéti est recouvert par des savanes parsemées de lambeaux forestiers dans sa partie Est, et de forêt dans sa partie Sud-Ouest (Figure 1). Du point de vue phyto-géographique, la zone d'étude fait partie de la grande région floristique guinéo congolaise de forêt ombrophile sempervirente (Hoppe-Dominik, 1984).

Le climat est tropical de transition (Elenga et Ikoli, 1996) avec un climat du type subéquatorial au nord et un climat de type bas congolais au sud. La moyenne annuelle des pluies est de 1200 à 1700 mm d'eau (CBFP, 2006) du mois d'octobre au mois de Mai. La moyenne de température est de 26°C avec une petite variation selon les saisons.

Du point de vue géologique, la région du Parc National Ogooué Lékéti (PNOL) appartient au socle granito-gneissique, constitué d'une part de roches cristallophylliennes (gneiss et leptynite qui sont des roches métamorphiques) et d'autre part, par un complexe granitique d'origine multiple (Beaujour, 1971; Vande weghe, 2006; Pourtier, 2004).

Le relief du Paysage Batéké-Léconi-Léfini comprend de nombreux plateaux entaillés dont l'altitude oscille entre 600 et 700 mètres, au bas fond desquels coulent les rivières (200 à 300 mètres d'altitude). La zone du Parc National d'Ogooué-Lékéti se situe dans l'ensemble géomorphologique dit des plateaux Tékés (Elenga et Ikoli, 1996), composé d'une prédominance des Plateaux dans la partie Est et des collines dans la partie Ouest.

Les sols dans la zone des plateaux Batékés sont sablo-argileux et la couverture géologique se décompose essentiellement en deux formations tertiaires dont le gré et limons sableux puis gré et l'argilite. De ces deux formations géologiques dérivent plusieurs types de sols. Dans la partie savanicole on trouve

des sols ferrallitiques jaunes appauvris sur les matériaux argilo sableux (INRAP, 1976). Les sols de la partie forestière se sont développés les gneiss catazonaux à hyperstène et les leptynites (Beaujour, 1971). L'altération des roches mères a conduit à la naissance de formations superficielles, constituées d'épaisses couches d'argile. Il se développe souvent 2 à 4 m d'un complexe argilo-limoneux sableux clair, reposant sur la roche mère en altération (Beaujour, 1971).

La flore de la partie forestière est variée et hétérogène dont l'espèce la plus dominante est l'*Aucoumea klaineana* (Burseraceae). Les sous-bois peuvent être clairs, faciles au déplacement ou très touffus, difficiles à pénétrer par le fait qu'il y ait une prédominance des phanérophytes avec des lianes constituées entre autres des *Laccosperma secundiflora* (rotins). Les forêts inondées occupent des superficies importantes en bordure des rivières, dominées par quelques espèces d'arbres de taille moyenne, notamment *Hallea ciliata*, *Alstonia congensis* et *Lasiodiscus sp.* sous lesquels on rencontre souvent diverses espèces de lianes.

Il existe quelques étangs (Nkouka et Mikala) dans la partie savanicole. Tandis que dans le secteur forestier on compte une dizaine de clairières de forêts (bais), dont les trois principales sont celles de Moolo, Madjouama, Bissoloko qui font l'objet d'un suivi à long terme permettant l'identification individuelle des éléphants (Inkamba-Nkulu et al., 2018).

Ces clairières sont utilisées par les éléphants comme source de ravitaillement des ressources minérales dissous dans l'eau. Elles sont localisées sur les rivières à courant permanent et subissent des fluctuations selon la saison sèche ou pluvieuse. La végétation herbacée est dominée par les Poaceae et Cyperaceae.

Les inventaires botaniques réalisés dans l'aire protégée ont mis en évidence une diversité d'espèces végétales (Mbougou, 2010). Plus de 650 espèces des plantes étaient

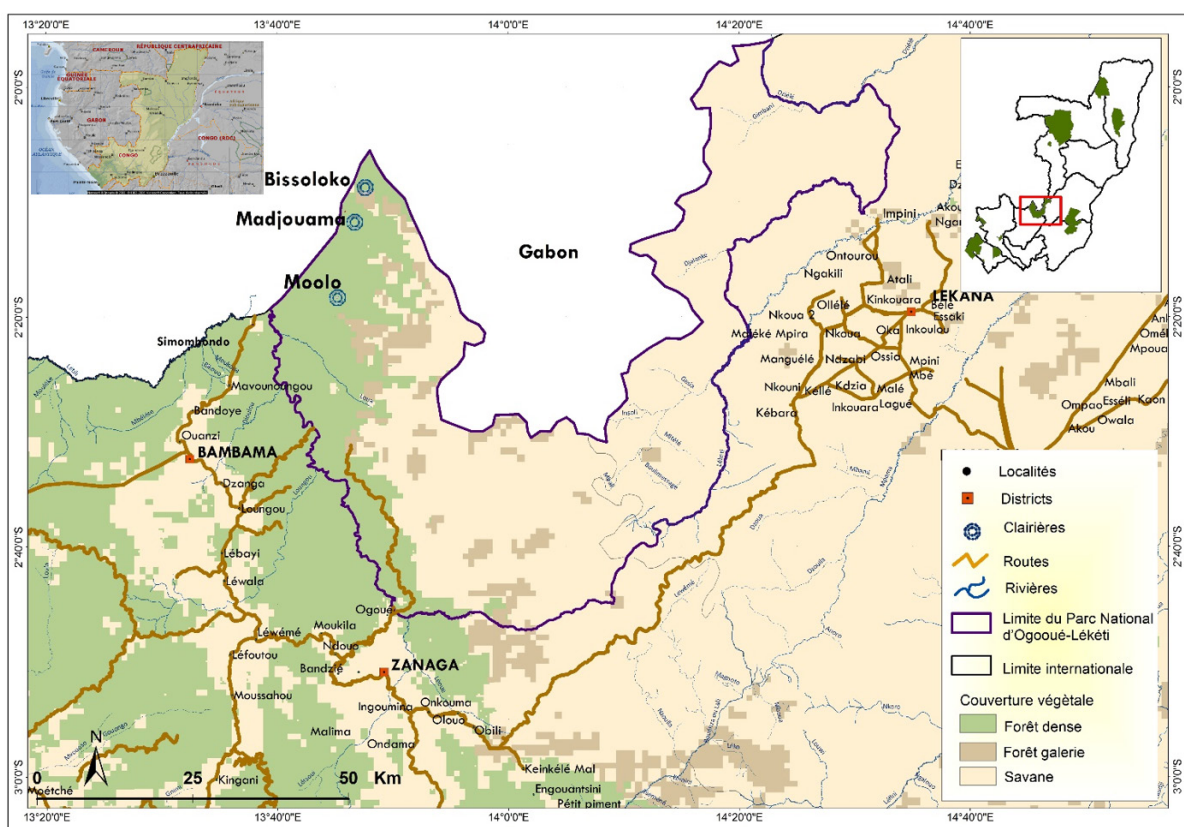


Figure 1: Carte de végétation du Parc National Ogooué Lékéti, avec localisation des clairières de forêts importantes. (WRI Africa Data Sampler, 1995)

identifiées dans le Parc National des Plateaux Batéké au Gabon voisin, avec onze espèces endémiques aux Plateaux Batéké (Walters *et al.*, 2017). Un inventaire systématique dans l'ensemble du parc au Congo n'est pas encore réalisé.

Le présent travail était mené d'une part dans la forêt environnantes autours des trois clairières de forêt (Moolo, Madjouama et Bissoloko) qui sont connectées par un réseau des pistes de passages des éléphants et des autres animaux. Le lis de chaque clairière est sableux ou coule une rivière, avec en permanence une ressource des sels minéraux dissous dans l'eau ou les éléphants viennent s'abreuver de s'approvisionner (Inkamba-Nkulu, 2007). Ces clairières diffèrent selon la superficie, la profondeur de la rivière, type de végétation, le nombre des puits des sels dans lesquels les éléphants obtiennent les minéraux et de l'argile (Tableau 1).

Pour cette étude, les données sur la communication des éléphants étaient collectées principalement dans trois clairières de forêt dont Moolo (Figures 2-3), Madjouama (Figures 4-5) et Bissoloko (Figures 6-7). Madjouama est à 5 km de Bissoloko. Les clairières de Moolo et de Bissoloko sont distantes de 18 km.

Les trois sites étudiés se trouvent au sud-ouest du Parc National Ogooué Leketi. Pour chacune des clairières, diverses caractéristiques ont été mesurées ou estimées (Tableau 1). Il s'agit de:

- La superficie qui a été mesurée en faisant le tour de chaque clairière en utilisant le track log du Global Positioning System (GPS), les clairières ont ensuite été dessinées à partir du logiciel Arc GIS;
- Les coordonnées géographiques (latitude et longitude) étaient obtenues en marquant le centre de chaque clairière par un GPS;
- Les traces d'anthropisation, c'est-à-dire l'observation directe ou la présence d'activités humaines comme la chasse (présence de douilles, sentiers, empruntes).

Le tableau 1 montre que les grandes clairières renferment naturellement une plus grande richesse spécifique que les plus petites (moins de 100 ha). La hauteur de la végétation est un peu plus faible au sein des clairières où l'activité anthropique (chasse principalement) est nulle ou très faible, donc là où la fréquentation animale est bien marquée.

Le substrat dans toutes les clairières correspond à la fois du sable dans le lis de la rivière et de la vase dans les alentours. La hauteur des tapis herbeux et des arbres varie d'une clairière à l'autre, mais au niveau de la clairière de Madjouama la vase était asséchée lors de la saison sèche et les mares d'eau reposaient sur du sable blanc. Notons aussi que l'activité anthropique est absente sinon faible dans les sites les moins accessibles, c'est-à-dire les sites les plus éloignés des villages Madjouama et Bissoloko. Par contre au niveau du site de Moolo (facilement accessibles après 21 km de marche du village le plus proche Simonbondo, on a observé une intense activité de chasse qui fait fuir les animaux durant la journée.

### Clairière de Moolo

Le nom de cette clairière provient de la dénomination de la rivière Moolo qui prend sa source dans cette forêt et se rejette dans la rivière Ogooué. Le tapis des graminées y est très bas, discontinu et ne dépassant pas 1 m de hauteur en moyenne, même si on observe par endroit des touffes des Cyperaceae (*Rhynchospora corymbosa*) et des Araceae qui s'élèvent à plus de 1 m. On observe en outre plusieurs pieds d'arbres sur l'ensemble de la clairière dont principalement d'*Hallea ciliata*, *Anthocleista schweinfurthii*, *Polyalthia suaveolens* et autres. La fréquentation animale dans cette clairière est plus nocturne que diurne. Sa proximité avec les villages fait d'elle l'une de clairières les plus visitées par les chasseurs.

### Clairière de Madjouama

Située à environ 18 km de marche de la clairière de Moolo, cette clairière est très homogène du point de vue de la flore. Cette clairière tire son nom de la rivière qui la traverse. Cette rivière se déverse sur la rivière Djoumou qui lui a son tour se jette sur la rivière Ogooué au niveau de la république du Gabon. Les graminées sont formées entre autres de *Panicum sp*, *Paspalum conjugatum*, *Axonopus compressus*, *Cyperus distans*, *Pycnus subtrigonus*, *Rhynchospora corymbosa*. Le tapis herbacé est presque uniforme et ne laisse apparaître la vase qu'aux endroits piétinés par les éléphants. La lisière est formée d'un côté par une ceinture des gros arbres (*Santiria trimera*, *Anthocleista schweinfurthii*, etc) sur les trois quarts du périmètre tandis

**Tableau 1: Caractéristiques des sites étudiés**

Clairières			
Paramètres	Moolo	Madjouama	Bissoloko
Coordonnées géographiques en degré minute seconde	S 02°18'17,9" E013°45'13,2"	S 02°10'49,5" E013°45'53,3"	S 02° 08'26,2" E013°47'10,7"
Superficie de la clairière (ha)	141	39	77
Profondeur de la clairière (mètre)	0,4 à 0,6	0,3 à 0,6	0,8-1,2
Nombre des puits de sels	20-30	15-20	40-50
Anthropisation	Présence des braconniers Douille de cartouche	Présence des exploitants forestiers	Pas de signe de braconnage
Faune présente	Eléphant Buffle Sitatunga Loutre Céphalophe a front noir	Eléphant Buffle Sitatunga Léopard Caracal Potamochère Gorille Chimpanzé Loutre Céphalophe a front noir	Eléphant Buffle Sitatunga Léopard Loutre Potamochère Céphalophe a front noir



que le reste est occupé par des Marantaceae (dont principalement *Halopegia azurea*, *Marantochloa cordifolia* et *Megaphrynium gabonense*) et des Zingiberaceae (*Costus afer* et *Renealmia macrocolea*).

#### Clairière de Bissoloko

Cette clairière est à 5 km en vol d'oiseau de Madjouama. Ici aussi son nom vient de la rivière Bissoloko qui ensemble avec la rivière Madjouama se jette sur la rivière Djoumou au Gabon. Elle est entrecoupée de fourrés arbustifs, ce qui donne l'impression d'une rivière à bandes forestières dont les princi-

pales espèces sont *Harugana madagascariensis*, *Hallea ledermannii*, *Alchornea cordifolia* et *Hypselodelphys scandens*.

On peut diviser cette clairière en deux parties suivant le degré d'hydromorphie du substrat:

- Une première partie en amont est très gorgée d'eau avec une vase dépassant le 1 m de profondeur ;
- Une seconde partie qui occupe la presque totalité de la clairière avec une hydromorphie moins marquée et un couvert végétal dense, dominé par les touffes de *Rhynchospora corymbosa*.

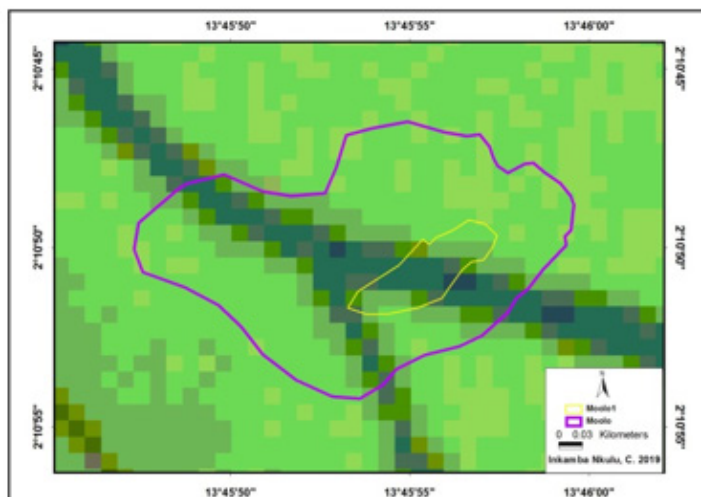


Figure 2: Bai de Moolo (0,0141 km<sup>2</sup>)



Figure 3: Bai de Moolo

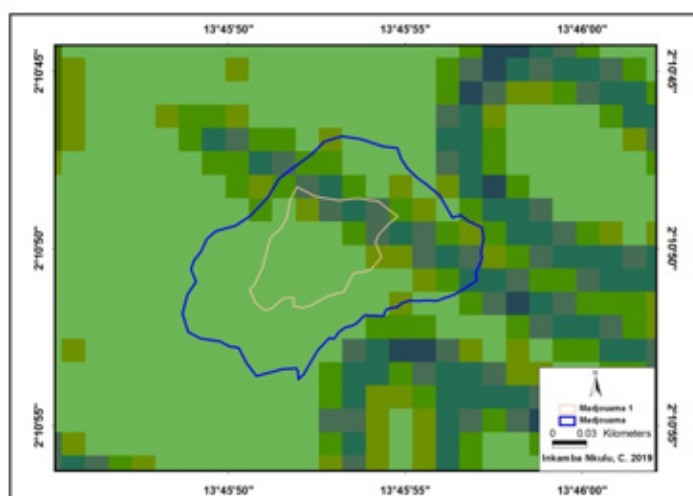


Figure 4: Bai de Madjouama (0,0039 km<sup>2</sup>)



Figure 5: Bai de Madjouama

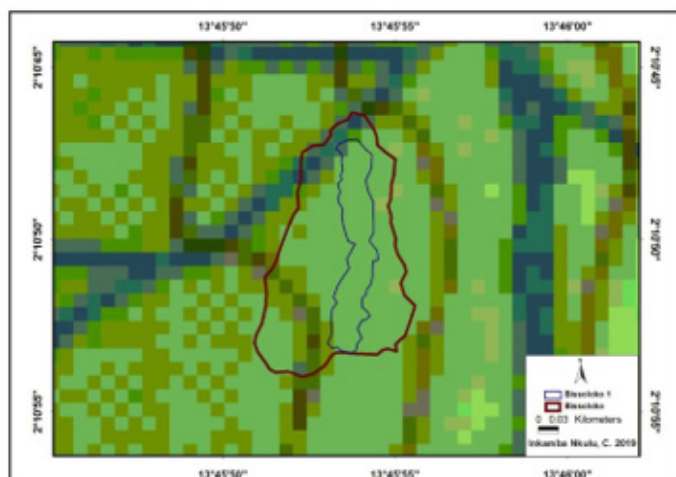


Figure 6: Bai de Bissoloko (0,0077 km<sup>2</sup>)



Figure 7: Bai de Bissoloko

La strate arborescente de cette forêt ripicole se compose d'*Hallea ledermannii*, *Santiria trimera*, *Anthocleista schweinfurthii* et *Polyalthia suaveolens*.

Physionomiquement, on n'observe pas de grandes variabilités floristiques d'une entité à une autre mais des particularités locales subsistent. Cette clairière est très fréquentée par la grande faune.

Les principales herbacées qui subsistent sont entre autres *Cyperus distans*, *Kyllinga recta*, *Tristemma hirtum*, *Selaginella myosurus* et autres.

### Comportement alimentaire des éléphants

La nutrition et la communication de l'éléphant de forêt étaient suivis dans le parc National Ogooué Leketi pendant 2 ans allant de janvier 2013 en décembre 2014. Il était presque impossible dans l'habitat de forêt fermée d'approcher un éléphant afin de voir ce qu'il consomme même à une distance de moins de 10 mètres à cause de l'état fermé des feuillages et de la moindre luminosité. Aussi, les éléphants fuyaient en forêt lorsque nous nous approchons. De ce fait, nous avons, à partir des clairières, suivi un groupe connu à travers les différents biotopes et évalué son comportement alimentaire. Trois méthodes indirectes étaient utilisées : observations opportunistes des signes d'alimentation, le dépistage des éléphants le long du chemin suivi par l'animal pour se nourrir et l'analyse des crottes des éléphants.

Observations opportunistes des signes d'alimentation, dans laquelle il a été recensé tous les signes de reste de nourriture de moins de 48 heures qui témoignent une activité créée par les éléphants. Une exception a été faite pour l'écorçage qui était distinctive jusqu'à 7 jours. Il était noté la partie de la plante consommée par l'éléphant (feuille, écorce, tiges, racines, branches). L'identification préliminaire des espèces végétales consommées était faite sur le terrain à partir des ouvrages et listes botaniques tels que Letouzey (1969), White et Abernethy (1996), Nsongola *et al.*, (2006), Vander weghe (2006) et autres. Toutes les espèces connues ou indéterminées étaient placées dans un herbier. L'herbier était amené à l'herbarium du Centre d'Études sur les Ressources Végétales (CERVE) de Brazzaville et ensuite à l'herbarium du Département de Biologie, Faculté des Sciences à L'Université de Kinshasa pour la vérification des espèces végétales collectées et la détermination des espèces inconnues.

Les passages frais parcourus par les éléphants étaient suivis au travers de la zone d'étude à une distance de 1 km en théorie dont 500 mètres de chaque côté de ce chemin qui relie le village Simombondo et les trois clairières d'observation. Lorsqu'un passage de repas était découvert, nous avons utilisé le Global Positionning System (GPS) pour marquer le point de départ et les deux points d'arrivée comme repère de l'itinéraire. Les distances parcourues étaient mesurées à partir d'un topofil. Les restes de nourriture des éléphants étaient notés puis collectés.

Les crottes fraîches des éléphants recensées étaient analysées en suivant la méthode décrite par Blake (2002). L'analyse commence par la mensuration (cm) du diamètre de la crotte. Avec deux bouts de bâtons de bois, nous avons vérifié le contenu de la crotte, la nature et l'abondance des composants (feuille, fibre, bois écorce, fruit). L'abondance relative de ces composants était estimée en utilisant

l'échelle d'abondance (1= rare, 2= peu, 3= commun, 4= abondant). Les différents éléments macroscopiques constituant la crotte étaient regroupés (les graines et les restes des écorces, racines et feuilles). Les grosses matières connues non digérées comme les graines étaient identifiées. Les graines inconnues et les matières partiellement digérées rencontrées dans les crottes étaient séchées et placées dans les petits sachets plastiques pour leur identification par les botanistes au laboratoire.

Pour ce qui est de la communication des éléphants; les sons produits par les éléphants étaient suivis dans les 3 clairières à partir des appareils «Autonomous Recording Unit (ARU)» de marque SM2. Chaque appareil était suspendu de 7 à 10 mètres de haut sur un arbre situé à moins de 20 mètres du centre de chaque clairière. Cette localisation était importante afin de protéger l'appareil contre les dommages causés par les animaux et contre les braconniers. Ces outils avaient la capacité d'enregistrer les sons des animaux dans un rayon de 800 m (afin de couvrir une superficie de 2 km<sup>2</sup>) pendant trois mois sans interruption (Wrege *et al.*, 2012; 2017) en tenant compte de la durée de vie des batteries. Ainsi, nous avons réalisé en moyenne 4 déploiements par année. De ces sons nous avons sélectionné que les sons des éléphants reconnaissables à partir du spectrogramme de fréquence variant entre 10 et 500 hertz. Ensuite les données étaient digitalisées et classées en différentes catégories des significations (rumble = ronflement, roars = trompette et Aogog = mélange de trompette et de ronflement). Les appels journaliers des éléphants dans chaque clairière suivie étaient dénombrés dans le temps, par saison et par année.

### Analyses statistiques

Il a été dans cette étude utiliser l'analyse de variance (ANOVA) qui en soi est un test statistique paramétrique, c'est-à-dire que l'on vérifie que la variable mesurée a une distribution normale. En cas de différence significative entre les moyennes, le test post-hoc de Bonferroni était utilisé pour comparer les moyennes deux à deux. Le choix du test de Bonferroni se justifie par le fait qu'il est plus adapté pour un nombre de répétition non constant (Badia *et al.*, 1994).

Les restes de nourriture consommés par les éléphants étaient regroupés par type biologique afin de déterminer les fréquences en pourcentage. Les fréquences étaient représentées sous la forme des graphiques pour ainsi montrer les tendances. Le test de chi-carré ou chi-deux ( $\chi^2$ ) était utilisé pour analyser des variables nominales. Il sert à comparer une série de données observées à un modèle théorique (ou calculé ou attendu). Ainsi, le test de chi carré pour indépendance était utilisé pour déterminer la variation du nombre des graines récoltés dans chaque crotte par mois.

Le test de Mann Whitney était exécuté pour évaluer le nombre des espèces des fruits consommés retrouvés dans les crottes en fonctions des saisons. Ce dernier test est l'équivalent non paramétrique du test de Student pour les données non appariées. Nous avons utilisé le test de corrélation Spearman afin de mesurer la moyenne des espèces de fruits consommés par les éléphants retrouvés dans les crottes en rapport avec le régime des pluies (pluviométrie).

Les données spectrographiques des sons étaient visualisées à l'aide du programme Raven Pro 1.6 et analysées à partir du logiciel JMP Systat (Thompson *et al.*, 2009, Wrege *et al.*, 2017). A partir de ce dernier logiciel, il a été déterminé



le nombre des appels des éléphants dont les fréquences des sons varient entre 10-500 hertz ensuite l'établissement des graphiques. Le test chi carré était appliqué pour le comptage de la moyenne totale des appels diurnes et nocturnes produits par les éléphants à Madjouama et Bissoloko. Il en est de même des moyennes globales de toute la durée de l'étude dans ces deux sites.

Le test de paramètre estimé (Test Least Squared) était exécuté pour vérifier si les facteurs écologiques, climatiques et environnementaux étaient responsable d'attirer les éléphants dans ces sites à partir des variables clairières, saisons et années. Ces trois variables sont les assumptions de normalité par la comparaison des plusieurs variables et leurs interactions. Les prédicteurs étaient considérés d'être statistiquement significatif que lorsque la probabilité du type I est inférieure à 0,05.

## RÉSULTATS

### Régime alimentaire des éléphants

#### Sélection de nourriture par les éléphants dans la zone d'étude

Les éléphants vivant dans cette zone d'étude ont consommé d'une part deux cents quarante-neuf (249) spécimens des plantes représentant 73 familles. De ces spécimens 199 étaient identifiés et 50 sont restés indéterminés. Ces plantes consommées étaient sous forme des feuilles, écorces, reste du bois, branches, racines et fruits. Les éléphants consomment diverses parties des plantes principalement les feuilles, suivies par les bois (petites brindilles, branches), racines, fruits et quelques fois des tubercules. La composition végétale de la nourriture des éléphants provient de 98 espèces d'arbres (39,4%), 82 espèces d'arbustes (32,9%), suivie par 31 espèces des lianes (14,46%), 30 espèces des herbes (12,0%) et 3 espèces des fougères (1,2%) (Figure 8). Il a été aussi recensé d'autre part trois groupes d'invertébrés (Insectes) dont des abeilles, des fourmis et des termites appartenant aux différentes familles comme reste de nourriture des éléphants.

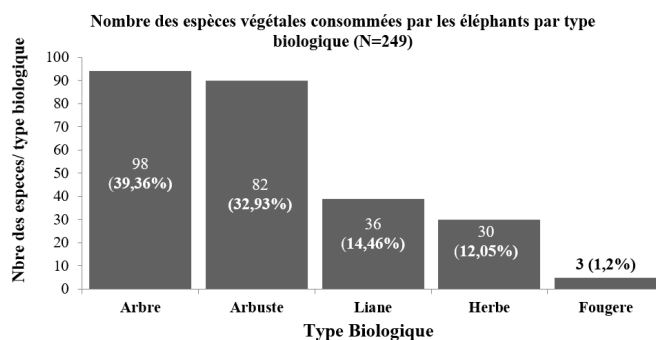


Figure 8: Type biologique des végétales consommées par les éléphants espèces



Figure 9: Reste de nourriture de *Petersianthus macrocarpum*

En une occasion seulement, les éléphants se sont nourris de toute les parties d'une plante de *Petersianthus macrocarpum* (Lecythidaceae) ou les feuilles, l'écorce et les racines sont consommés (Figure 9). Il a été souvent constaté que les éléphants sélectionnent plus les lianes à cause de la haute quantité d'eau qui se trouve dans le tronc (ex. *Eresmopata*, *Laccosperma*). De même, les éléphants ont tendance à sélectionner les tiges de certaines espèces d'arbre ainsi que les fruits et les noix d'arbre avec chacun 0,32% de fois.

Dans cette étude, il a été trouvé que les éléphants sélectionnent occasionnellement certains invertébrés trouvés soient sur l'arbre, l'arbuste et la termitière. Plus d'une occasion les éléphants ont cassé le tronc de l'arbre pour extraire le faux miel fabriqué par les abeilles (Figure 10). Certaines fourmis étaient vues par terre où les arbustes étaient cassés, et les feuilles n'étaient pas consommées. Les éléphants avaient sélectionné les fourmis à partir des leurs



Figure 10: Reste de miel consommé par les éléphants



Figure 11: Reste des nids des fourmis consommé par les éléphants



Figure 12: Reste de termite consommé par les éléphants

nids (Figure 11). Il était aussi remarqué que les éléphants se nourrissent des jeunes feuilles des *Bateria fustiloides* dans lesquelles plus des fourmis sont prélevées que les feuilles de l'arbre. Dans un vieux bois mort qui avait une petite termitière, les éléphants ont cassé la termitière et consommé les termites (Figure 12).

A partir des 252 espèces végétales et animales, il y a eu au total 249 espèces de plantes récoltées sur les chemins de repas des éléphants. En effet, les 10 espèces les plus enregistrées représentent 19,4% et sont listées dans le tableau 2 ci-dessous. Cependant, *Grossera macrantha* 29 (3,6%) et *Strombosiopsis tetrandra* 21 (2,6%) étaient les espèces les plus consommées suivies par *Dicellandra barteri* et

*Staudtia kamerunensis* var. *gabonensis* avec chacune une fréquence de 16 (2,0%). Le reste des espèces étaient moins représentées (jusqu'à 1,5%).

#### Restes des fruits retrouvés dans les crottes

Il y a eu un total de 53 crottes des éléphants analysées entre mars 2013 et décembre 2014. La composition de ces crottes était dominée d'une part par les matériaux fibreux venant des feuilles, bois, racines et branches consommées et d'autre part d'au moins de 26 espèces des fruits issues de 16 familles connues (Tableau 3). Toutes fois, 10 crottes n'avaient pas des graines dans lesquelles la nutrition n'était constituée que des matériaux fibreux.

**Tableau 2: Les 10 espèces les plus consommées par les éléphants dans les pistes de repas**

Espèces	Nombre	% du total
<i>Grossera macrantha</i> Pax	29	3.6
<i>Strombosiopsis tetrandra</i> Engl.	21	2.6
<i>Dicellandra</i> sp.	16	2.0
<i>Staudtia kamerunensis</i> var. <i>gabonensis</i> (Warb.) Fouilloy	16	2.0
<i>Costus</i> sp	13	1.6
<i>Garcinia punctata</i> Oliv.	13	1.6
<i>Palisota ambigua</i> (P.Beauv.) C.B.Clarke	13	1.6
<i>Trachyphrynium braunianum</i> (K. Schum.) Baker	13	1.6
<i>Aframomum laurentii</i> (De Wild.& T.Durand) K.Schum.	12	1.5
<i>Harungana madagascariensis</i> Lam. ex Poir.	12	1.5
<i>Dialium pachyphyllum</i> Harms	11	1.3
Dix espèces les plus consommées		19.1
Nombre des espèces		261
Nombre des prélèvements		815

**Tableau 3: Familles des plantes avec les restes des fruits dans les crottes**

Famille	Espèces	Graines	% Prélèvement
Annonaceae	<i>Anonidium mannii</i> (Oliv.) Engl. & Diels	252	26.3
Phyllanthaceae	<i>Uapaca heudelotii</i> Baill.	145	15.1
Putranjivaceae	<i>Drypetes gossweileri</i> S.Moore	24	2.5
Irvingiaceae	<i>Irvingia tenuinucleata</i> Tiegh.	116	12.1
	<i>Irvingia gabonensis</i> (Aubry-Lecomte ex O'Rorke) Baill.	29	3
	<i>Klainedoxa gabonensis</i> Pierre	23	2.4
Leguminosae	<i>Tetrapleura tetraptera</i> (Schum. & Thonn.) Taub.	65	6.8
	<i>Bobgunnia fistuloides</i> (Harms) J.H.Kirkbr. & Wiersema	63	6.6
Pandanaceae	<i>Panda oleosa</i> Pierre	54	5.6
Rubiaceae	<i>Breniana brieyi</i>	49	5.1
Malvaceae	<i>Duboscia macrocarpa</i> Bocq.	35	3.7
Urticaceae	<i>Myriathus arboreus</i> P.Beauv.	3	0.3
Moraceae	<i>Treculia africana</i> Decne. ex Trécul	16	1.7
Sapotaceae	<i>Omphalocarpum procerum</i> P.Beauv.	12	1.3
	<i>Chrysophyllum africanum</i> A.DC.	5	0.5
Marantaceae	<i>Haumania dackelmaniana</i> (J.Braun & K.Schum.) Milne-Redh.	12	1.3
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita</i> sp.	5	0.5
Zingiberaceae	<i>Aframomum laurentii</i> (De Wild. & T.Durand) K.Schum.	3	0.3
Apocynaceae	<i>Landolphia</i> sp.	2	0.2
Lamiaceae	<i>Vitex</i> sp.	1	0.1
Inconnue	Inc 1	7	0.7
	Inc 2	12	1.3
	Inc 3	14	1.5
	Inc 4	3	0.3
	Inc 5	6	0.6
	Inc 6	2	0.2
<b>Prélèvement</b>		<b>958</b>	<b>100</b>



Le Tableau 3 montre que, de ces 16 familles des fruits connues, la famille des Sapotaceae, composée par 2 espèces dont *Chrysophyllum africanum* et *Omphalocarpum procerum*, compte 15% des fruits enregistrés. La famille des Leguminosae était la seconde plus représentée avec 10,7% des fruits enregistrés, représentée par *Bobgunnia fistuloides* et *Tetrapleura tetraptera*, suivie par la famille des Phyllanthaceae avec 9,3% (*Uapaca heudelotii*). Les 10 familles les plus représentées contiennent 72,1% de tous les restes des fruits enregistrés, et les restes des familles connues ne représentent que 5%. Les dix crottes qui n'avaient pas des graines représentent 7,1% et les indéterminées représentent 15,7%.

### Consommation saisonnière des fruits

Il y a eu un total de 26 pistes fraîches des repars des éléphants suivis le long desquels 26 espèces des fruits étaient identifiées dans les 54 crottes fraîches analysées. Seulement deux espèces *Omphalocarpum procerum* et *Bobgunnia fistuloides* étaient enregistrées dans 15 crottes. Ces deux espèces étaient suivies par *Breniana brieyi* dans 11 crottes et *Anonidium mannii* dans les 10 crottes. Les autres espèces des fruits étaient enregistrées moins de 10 fois.

La variation du nombre de graines récoltées dans chaque crotte par mois n'était pas significative ( $\chi^2 = 2.609$ ,  $df = 273$ ,  $P = 0,691$  NS). Certaines espèces des fruits trouvées dans les crottes étaient consommées en grande quantité que les autres. Deux espèces végétales *Anonidium mannii* et *Irvingia tenuinucleata* étaient consommées que quelques mois (respectivement 142 et 115 graines). Ces deux espèces ont une période de fructification temporellement discrète avec une large abondance. Les données enregistrées ces deux années par saison montrent qu'il n'y a pas de tendance régulière du nombre des fruits consommés à partir des crottes des éléphants. Le nombre élevé des graines était enregistré la première année en Mars 2013 et Novembre 2013, et la seconde année seulement en juin 2014 comme montré dans la figure 13.

D'une manière générale, le nombre d'espèces des fruits consommés retrouvés dans les crottes varie en fonction des saisons (Mann Whitney test  $U=1,87$   $p=0,03$ ). Il a été observé une légère tendance que les éléphants consomment plus les espèces des fruits pendant la saison sèche (56,5%) que la saison pluvieuse (43,5%).

### Types des fruits les plus préférés par les éléphants

Les éléphants dans cette zone d'étude préfèrent consommer certaines espèces des fruits et évitent d'autres. Ainsi, les quatre espèces les plus préférées (*Anonidium mannii*, *Uapaca heudelotii*, *Omphalocarpum procerum*, *Bobgunnia fistuloides*) étaient retrouvées dans les crottes pendant plus d'une saison que les feuilles de ces mêmes espèces enregistrées dans les pistes de repas, lesquelles indiquent que leurs indices de préférence peuvent être sous-estimés. Les graines d'*Anonidium mannii* était plus enregistrée jusqu'à 15 fois dans les crottes. *Uapaca heudelotii* était enregistrée dans 7 crottes. La distribution de cette espèce est irrégulière dans la zone, c'est une de plus rare arbre à fruit des éléphants dans la forêt de Batéké. Les fruits d'*Omphalocarpum procerum* étaient aussi rare au sol, pensé que cet arbre est plus commun que le *Bobgunnia fistuloides*.

En se référant aux données pluviométriques collectées dans la station de Mining Development Project (MPD) entre 2013 et 2015. La moyenne pluviométrique montre qu'il n'y a pas eu des pluies pendant la saison sèche entre juin et septembre durant ces trois années. Pendant ce temps, la moyenne maximale des pluies était de 90 mm observé en décembre (Figure 14). La moyenne des ratio espèces par nombre des fruits dans les crottes montre presque la même tendance. Cependant, le test de corrélation de Spearman ne révèle pas de corrélation significative entre ces deux variables (Spearman's Rank Corrélation  $Rho = 0.522$ ,  $N = 12$ ,  $P = 0,082$ ). Pendant la saison pluvieuse certaines espèces des fruits étaient consommées en grande quantité que pendant la saison sèche.

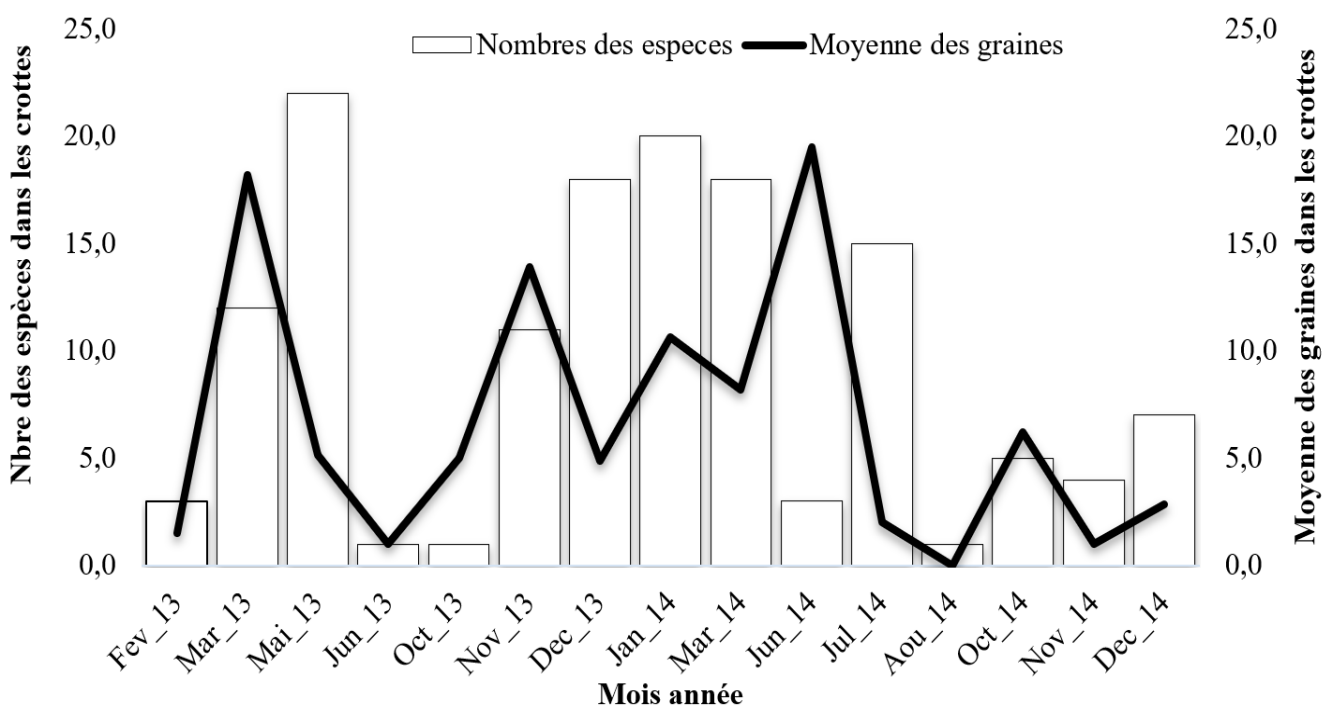


Figure 13: Nombre des espèces et moyenne des graines dans les crottes par mois année.

**Communication des éléphants**

*Moyenne des appels des éléphants par site*

Théoriquement, les appareils acoustiques étaient déployés dans les trois clairières Moolo, Madjouama et Bissoloko. L'appareil placé à Moolo a été volé par les braconniers trois mois après son déploiement et seules les deux clairières Madjouama et Bissoloko présentent les données.

Les appareils de sonorisation ont montré que les éléphants de cette forêt utilisent les deux clairières Bissoloko et Madjouama presque dans les mêmes fréquences pendant la période d'étude (2013-2014). Ainsi, la moyenne des appels des éléphants par jour était élevée à Bissoloko ( $134 \pm 18$  SD) qu'à Madjouama ( $117 \pm 7$ SD) (Figure 15). Cependant, il ressort que la différence des appels des éléphants dans les

deux clairières n'est pas significative (Pearson Chi-carré  $\chi^2 = 2.594$ ,  $df = 1$ ,  $N = 248$ ,  $P = 0.296$ ), bien que la clairière de Bissoloko soit large avec un nombre important des puits de sels minéraux que la clairière de Madjouama.

*Les taux des appels journaliers diurnes et nocturnes*

Les figures 16 & 17 montrent que les éléphants émettent plus des sons dans les clairières pendant la nuit (85.77%) entre 18:00 et 5:00 que pendant la journée (14.23%) entre 6:00 et 17:00 heures dans les deux clairières Bissoloko et Madjouama. Les éléphants commencent à entrer dans les clairières tard les après-midi 17:00 et atteint le pic à 21:00 pour y demeurer jusqu'à très tôt le matin 6:00. Les éléphants sont moins présents dans les clairières pendant les heures chaudes de la journée entre 10:00 et 13:00 heures.

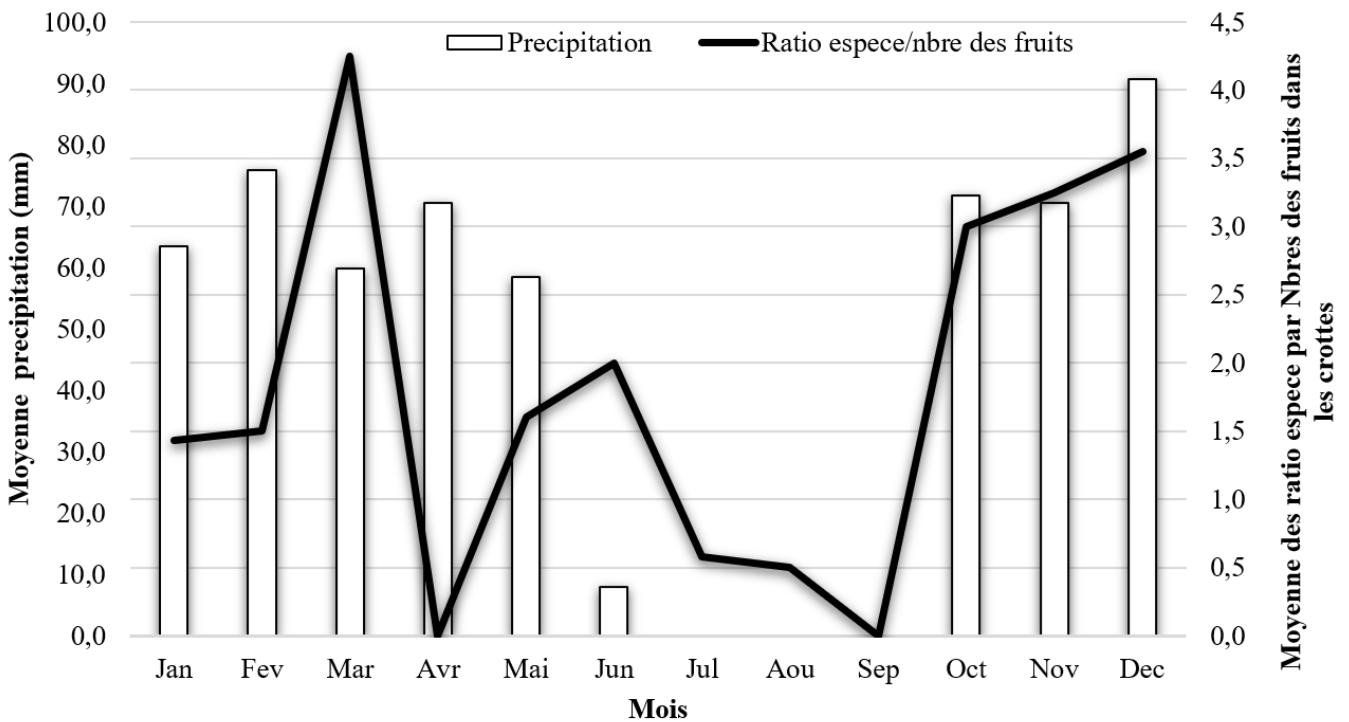


Figure 14: Moyenne des espèces des fruits dans les crottes par la précipitation de chaque année

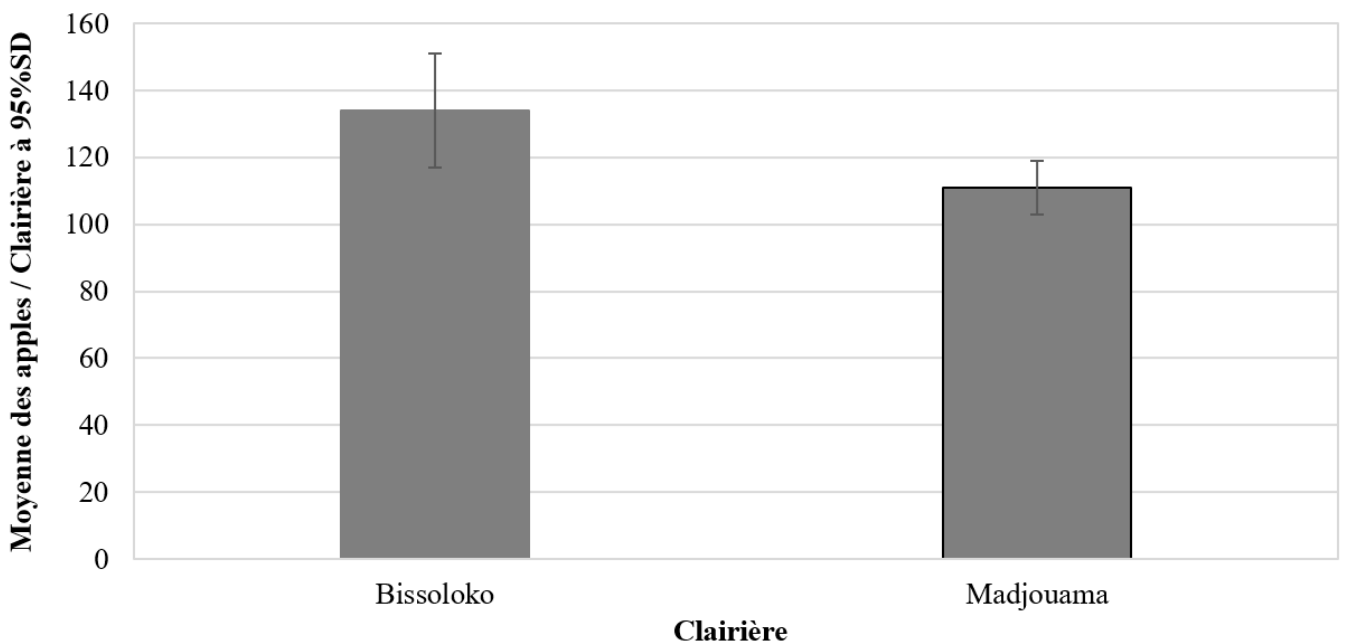


Figure 15: Moyenne des appels totaux des éléphants par jour (2013-2014) dans les clairières



La moyenne des tous les appels diurnes comparée aux appels nocturnes montrent une différence significative (test de Chi carré,  $P < 0.001$ ), ainsi les éléphants émettent plus des appels pendant les heures de nuit.

#### *Moyenne mensuel des appels des éléphants dans les clairières*

Les sons des éléphants étaient collectés chaque mois de janvier 2013 à décembre 2014 dans les deux clairières avec une exception seulement au mois de juin à Bissoloko (Figure 18). Bissoloko montre des fréquences élevées (entre 150 à 275 appels/mois) en février, Mai et juillet, le reste des mois avait des fréquences basses entre 25 à 100 appels par mois. Madjouama de son côté montre une

fréquence moyenne élevée de 100 à 200 appels par mois de janvier à Avril et de Novembre à Décembre, le reste des mois montrent des fréquences faibles entre 10 à 90 appels par mois (Figure 19).

Dans le but de déterminer les facteurs écologiques et climatiques qui attirent les éléphants dans les clairières il y a eu l'investigation de trois variables dont: clairière, année, saison et leurs interactions à partir du test paramètre estimé (Least square).

Le tableau 4 ci-dessous montre que les clairières considérées seules n'avaient pas d'impact sur les appels des éléphants ( $P > 0.7005$ ) tandis que l'année, saison et les interactions de toutes ces variables sont significatives ( $P < 0.05$ ).

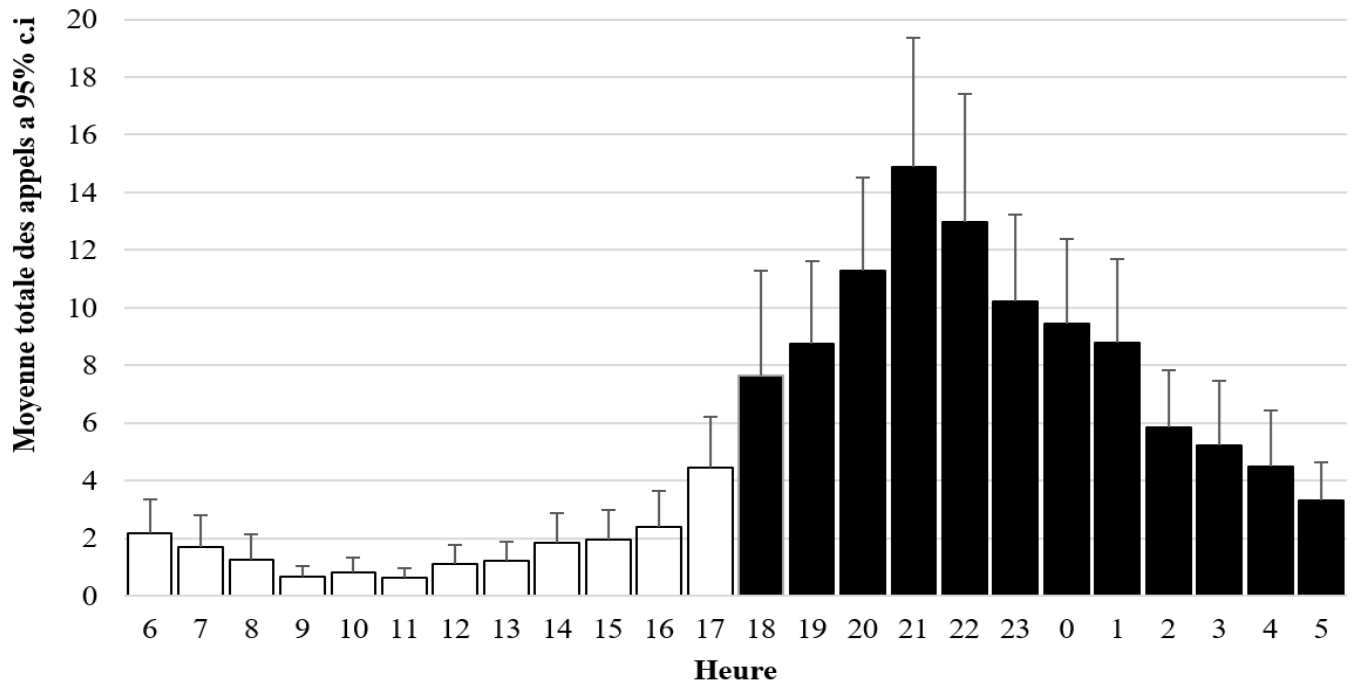


Figure 16: Moyenne des appels des éléphants par heure à Bissoloko 2013-2014 (N=176)

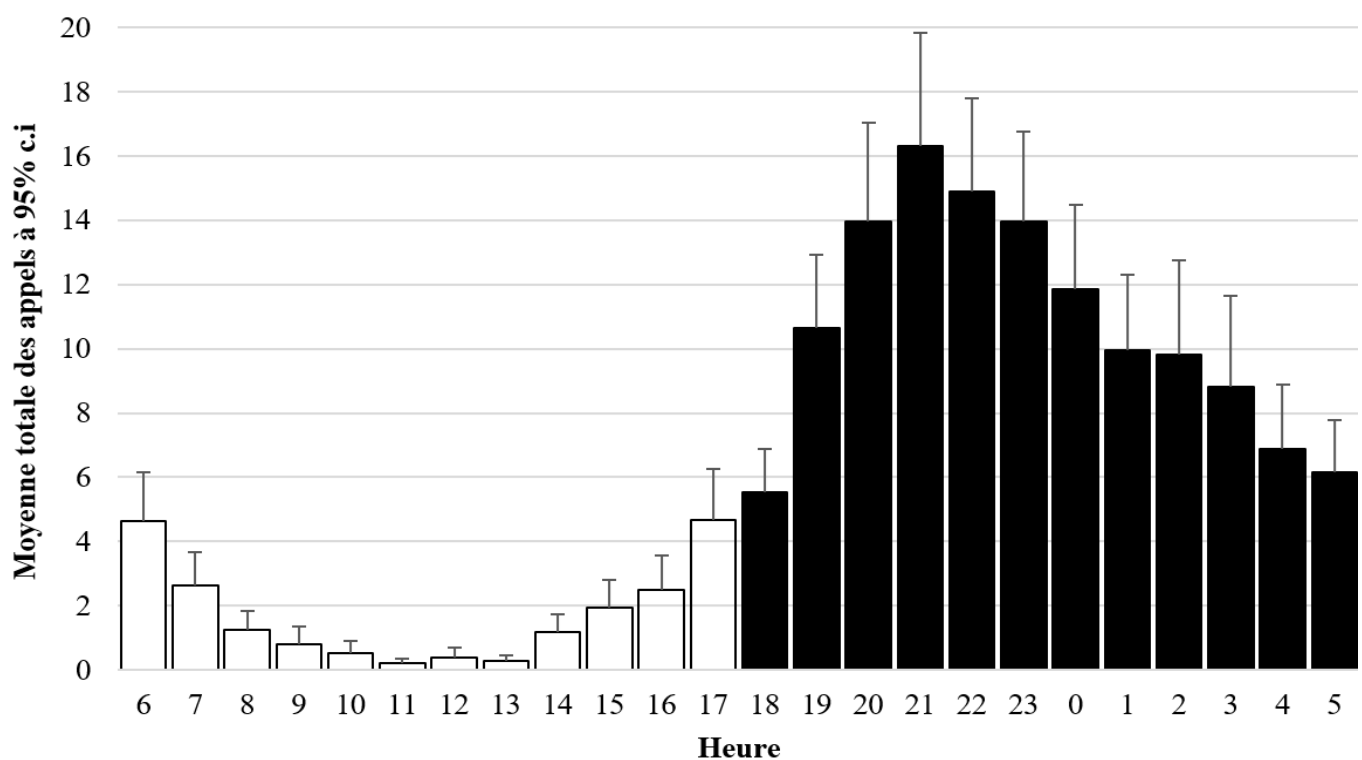


Figure 17: Moyenne des appels des éléphants par heure à Madjouama 2013-2014 (N=343)

Les éléphants avaient émis plus des sons dans les clairières en 2013 qu'en 2014 à Bissoloko. Le nombre des appels était presque standard à Madjouama pendant les deux années de l'étude. Il y a eu plus des appels dans les clairières durant la saison sèche que la saison pluvieuse à Madjouama tandis que Bissoloko présente moins des appels pour les saisons ( $p < 0,0079$ , Tableau 4). Les appels des éléphants

étaient plus fréquents pendant la saison sèche en 2014 et moins fréquents durant la saison des pluies ; les appels des éléphants en 2013 ne montrent pas une préférence des saisons. L'interaction, clairière, année et saison montre que les éléphants utilisent plus les clairières pendant la saison sèche que la saison des pluies durant la période d'étude (2013-2014).

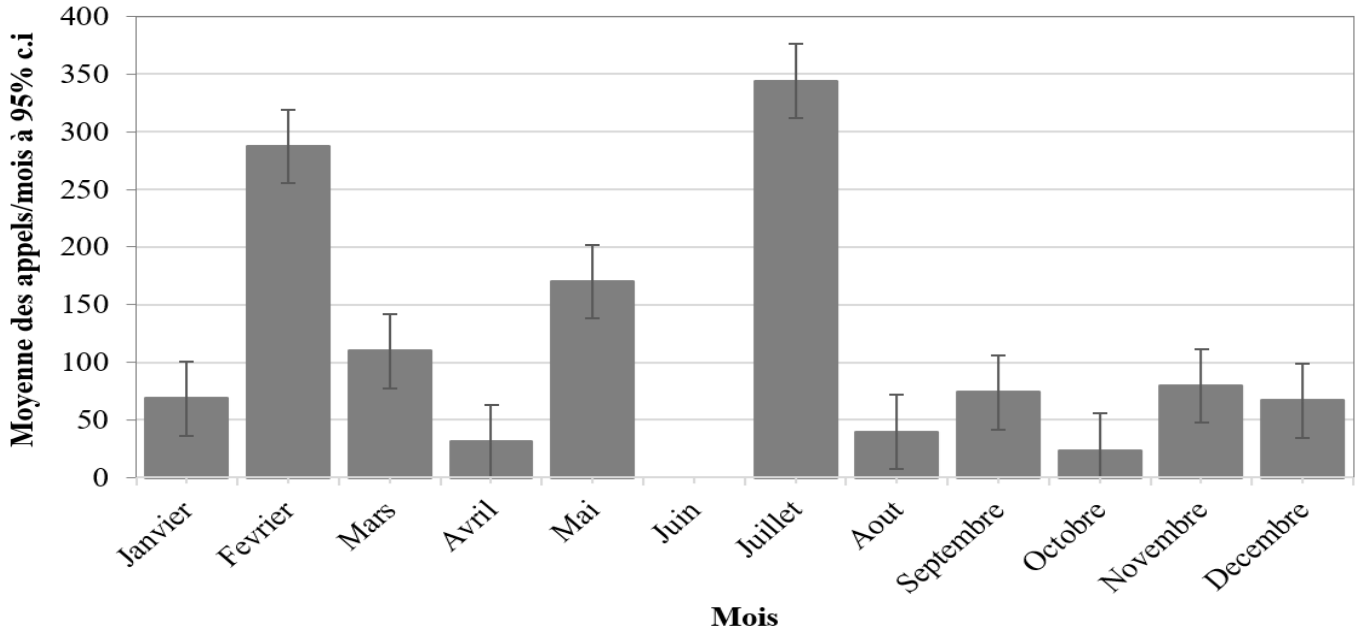


Figure 18: Moyenne des appels des éléphants par mois à Bissoloko 2013-2014 (N=176)

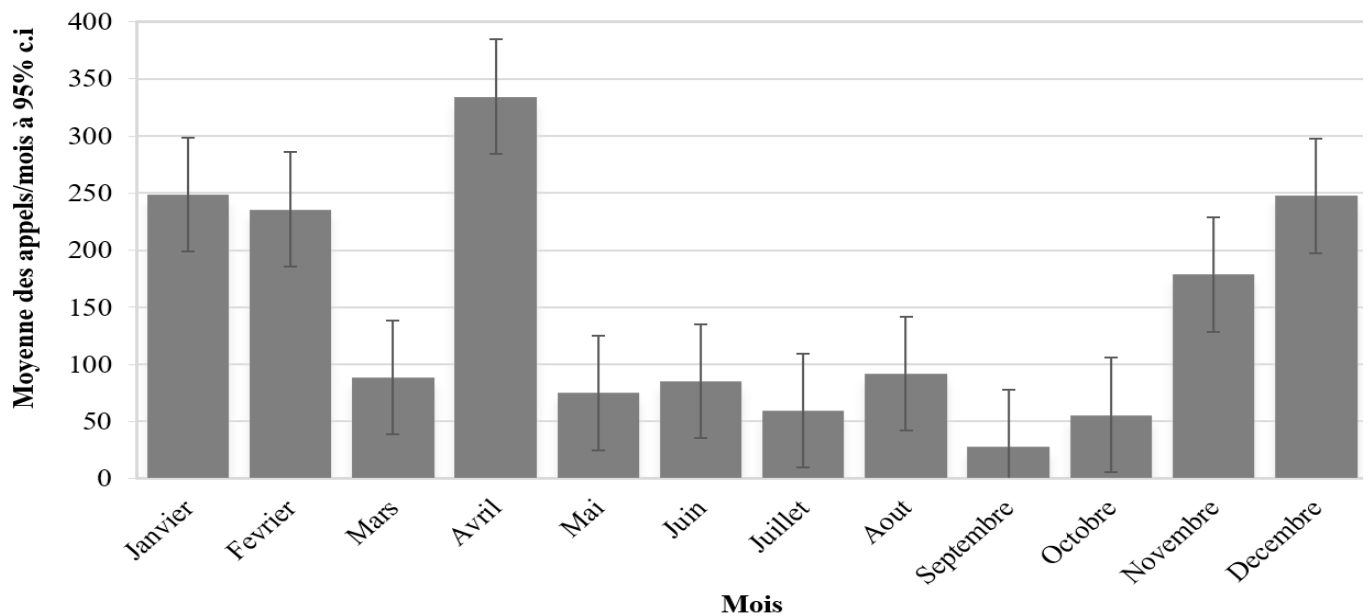


Figure 19: Moyenne des appels des éléphants par mois à Madjouama 2013-2014 (N=343)

Tableau 4: Paramètre Estimé des appels des éléphants dans les clairières

Terme	Estimate	Erreur Standard	t Ratio	Prob> t
Intercept	107.5	8.87	12.12	<.0001*
clairière [biss]	3.414	8.87	0.38	0.7005
année [2013]	25.74	8.87	2.90	0.0038*
saison [sèche]	23.64	8.87	2.66	0.0079*
clairière [biss]*année [2013]	19.73	8.87	2.22	0.0265*
clairière [biss]*saison [sèche]	-33.03	8.87	-3.72	0.0002*
année [2013]*saison [sèche]	-29.81	8.87	-3.36	0.0008*
clairière [biss]*année [2013]*saison [sèche]	-25.78	8.87	-2.91	0.0038*



## DISCUSSION

Le statut taxonomique de l'éléphant de forêt mérite une classification. Les derniers débats sur cette problématique ont amené à des éventuelles classifications de l'éléphant d'Afrique basées sur la morphologie externe (Grubb et al., 2000) et les caractères génétiques (Barriel et al., 1999; Comstock et al., 2002; Roca et al., 2001). Cependant, cette classification était basée sur le peu d'échantillons disponibles de IUCN (2005) qui avait exigé plus des études génétiques pour résoudre le problème de la taxonomie des éléphants.

L'éléphant de forêt du PNOL s'était nourri au total de 249 espèces des plantes et de trois espèces animales récoltées à partir de 26 chemins de repas suivis. Ce nombre d'espèces végétales est petit par rapport à ce qui était attendu. Il a été mentionné pour la première fois dans la nutrition des éléphants la présence des invertébrés. En comparant les données collectées dans cette étude à celles de Gretchen (Walters et al., 2017) et Blake (2002), nous avons trouvé que l'éléphant d'Ogooué Leketi avait consommé 52 espèces des plantes en commun. L'étude de Gretchen était menée au niveau du Parc National des Plateaux Batéké Gabon et Blake avait mené son étude au niveau du Parc National de Nouabalé Ndoki au Congo.

Il est connu que les éléphants de savane mangent un nombre limité des herbes et occasionnellement des fruits. Il a été montré que les éléphants de savane sélectionnent moins de 100 espèces végétales (Laws et al., 1975; Tchamba, 1995; Field and Ross, 1976; Barnes, 1982; Kabigumila, 1993; De Boer et al., 2000). Cette faible diversité de nourriture serait due au nombre réduit des espèces dans l'habitat de savane dominée par les herbes. Cependant, dès que les éléphants de savane ont accès à l'habitat de forêt où il y a une grande diversité des espèces végétales (Whitmore 1990), le nombre d'espèces consommées augmente à près de 200 plantes (Wing and Buss, 1970; Merz, 1981; Short, 1981; Tchamba and Seme, 1993). Cependant, les éléphants de forêt consomment au moins 304 restes de nourriture (herbes, feuilles, racines, écorces et fruits) issues de 230 espèces de plantes réparties en 52 familles (White et al., 1993; Blake, 2002).

Ces éléphants ont sélectionné accidentellement trois espèces des invertébrés (abeille, fourmi et termite). La consommation des invertébrés par les éléphants pourrait être due au fait ces derniers éprouvent des besoins en protéines animales. Aussi, il a été observé à plusieurs reprises que les éléphants détruisent d'une part les jeunes plantes de *Barteria fustioloides* pour se nourrir des fourmis et d'autre part la moelle des *Raphia sp* et des palmiers à huile *Elais guinensis* pour se nourrir des larves de coléoptères qui y vivent. Dans cette même optique, les éléphants ont été observés en train de se nourrir des sols des termitières à la recherche des minéraux (Ruggiero et Eves, 1998) au nord du Congo. Actuellement, les éléphants ont besoin de l'argile pour les besoins métaboliques et c'est pour cette raison qu'ils consomment les sols des termitières et accidentellement des termites afin de gagner un supplément des protéines animales. Les fourmis qui abritent certaines espèces végétales dans leurs nids sont consommées accidentellement par les éléphants et les feuilles ont été crachées.

Concernant les parties des plantes sélectionnées d'après la forme de vie, les arbres (36%) et les arbustes (35%) étaient les plus consommés. Les lianes (15%) étaient aussi préférées

par les éléphants à cause de la quantité d'eau métabolique qu'elles contiennent. Pendant la saison sèche, la nutrition des éléphants était basée de plus des herbacés (12%) du fait qu'elles sont disponibles au travers des habitats. Bien que les fougères (2%) étaient rares dans l'habitat de forêt, les éléphants les consomment dès qu'il y a disponibilité.

De toutes les espèces enregistrées le long des chemins des repas, les espèces les plus consommées dans l'alimentation des éléphants étaient *Grossera macrantha* (29) et *Strombosiosopsis tetandra* (21). Il est probable que les éléphants détectent les espèces préférées même dans un habitat de forêt fermé. Ces espèces sont les plus utilisées par les éléphants peut être pour leurs disponibilités dans les habitats et aussi elles les consomment intentionnellement.

Les herbes constituent la proportion insignifiante de la nutrition des éléphants au niveau de la forêt mixte sur la terre ferme qui n'excède pas le 13% des prises. Finalement, les fougères (Pteridophytes), qui sont généralement rare dans la forêt d'Ogooué Leketi excepté dans la localisation profonde des marécages, n'avaient jamais constitué plus de 3 % de la nourriture sélectionnée.

Ces résultats sont difficiles à comparer avec ceux des études de la savane parce que le comportement alimentaire des éléphants dépend de l'habitat. Toutefois, Tchamba (1995) a affirmé que la sélection de la nourriture de l'éléphant de savane au Cameroun était fortement influencée par le type de l'habitat. En même temps, Blake (2002) avait trouvé que c'est dans la végétation mixte que les éléphants de forêt se nourrissent des herbes 7 fois fréquemment que les autres types de nourriture disponible.

Field et Ross (1976) avait utilisé le temps dépensé par les éléphants sur chaque forme de plante comme mesure de sélection mais ayant trouvé qu'il est impérieux d'associer à cela la variation du régime des pluies et de l'habitat. Pendant la saison sèche, les éléphants se nourrissent plus des herbes 90% de temps tandis cette nutrition décroît à près de 40% pendant la saison pluvieuse (Barnes, 1982). D'ordinaire, l'herbe était rarement consommée par l'éléphant à la forêt de Ndoki, mais devenait un aliment important pendant la saison sèche le long des rivières (Blake 2002).

De toutes les formes des plantes enregistrées dans cette étude, les feuilles constituent plus de 80% des événements de nutrition. Elles étaient plus consommées à partir des branches, et lorsque les feuilles et les bois (extrémités des branches) sont combinés. Ces deux parties des plantes comptent plus de 90% des signes de nourriture issus des arbres et arbustes. Les lianes de plusieurs genres (par exemple *Cissus*, *Landolphia*) contiennent une quantité importante d'eau métabolique, laquelle est parfois utilisée par les humains comme eau de boissons en forêt. Les éléphants mastiquent fréquemment les tiges des lianes afin de sucer le liquide qui le contient et crachent les fibres.

Il a été trouvé dans cette étude que les éléphants préfèrent se nourrir de l'écorce des grands arbres comme mentionné par White et al. (1993) au Gabon. Blake, 2002 avait trouvé que dans la forêt de Ndoki, l'écorce des arbres était consommée par les éléphants à plus de 25% de temps que 7% de temps pour les lianes.

Les racines des arbres et herbes étaient les parties les moins consommées dans cette étude. Il a été observé que les éléphants s'étaient nourris d'une plante entière de *Petersian-*

*thus macrocarpum*. Le fait que cette espèce est beaucoup prisée par l'éléphant pourrait être due au fait qu'elle contient certaine vertu médicamenteuse. Dans cette zone d'étude, c'est sur cette espèce d'arbre que les papillons déposent les œufs pendant la bonne saison lesquels après métamorphoses se transforment en chenille qui sont consommés par les oiseaux et les autres mammifères ainsi que l'homme.

Nous supposons que les éléphants se nourrissent des certaines espèces afin de résoudre certains problèmes comme les maladies (blessures ou autres). Cependant, les humains boivent l'écorce du tronc de *Petersianthus macrocarpum* contre la malaria, l'hémorroïde (Mengome *et al.*, 2009), ulcère incurable, rage et blessure (Dibua *et al.*, 2013; Orabueze *et al.*, 2013). Aussi, les effets analgésiques de l'acide elagique lequel est responsable des effets anti nociceptives étaient démontré comme modèle expérimentale de blessure (Mansouri *et al.*, 2013; Tatsinkou Bomba *et al.*, 2015).

Les restes des fruits trouvés dans les 54 crottes d'éléphants étaient regroupés en 26 espèces différentes. Il est difficile de comparer la liste de la nourriture de l'éléphant à travers les différents sites des forêts par le fait que la durée de la recherche étaient différentes dans chaque site.

Il est établi que les éléphants de forêt sont frugivores comparés aux éléphants de savane (Alexandre, 1978; Short, 1983; Dudley *et al.*, 1992; Tchamba et Seme, 1993; White *et al.*, 1993; Feer, 1995; Powell, 1997; Blake, 2002). Wing et Buss (1970) et Chapman *et al.* (1992) ont montré que les éléphants de savane se nourrissent abondamment des fruits lorsque ceux-ci sont disponibles dans l'habitat. White *et al.* (1993), Powell (1997) et Blake (2002) ont confirmés retrouver les restes des fruits dans les crottes des éléphants.

Cette étude a confirmé que l'éléphant de forêt est frugivore. En effet, les espèces des fruits trouvées dans les 54 crottes étaient représentées par 26 espèces des plantes groupées en 16 familles. Les résultats montrent que certaines espèces de fruits sont fortement prisées telles que *Anonidium mannii*, *Omphalocarpum procera*, *Uapaca heudelotti*, *Irvingia tenuinucleata* et *Bobgunnia fustiloides*. Ceci montre que les éléphants d'Ogooué Leketi sont des opportunistes pour certaines espèces de fruits.

Il est connu que la physiologie des éléphants les permet de produire continuellement des vocalisations qui s'expriment sous forme des infrasons afin de transmettre des informations viables, même si les individus sont distants les uns les autres. Ainsi, les adultes femelles et mâles utilisent des vocalisations comme stratégie de communications. Les femelles produisent une série des appels vibratoires et de manière répétitive pour garder la cohésion du groupe et durant la période d'œstrus. Toutefois, les adultes mâles produisent des appels distinctifs de musth pendant la période de reproduction (Langbauer, 2000; Payne *et al.*, 2003; Poole, 2011).

En général, les éléphants de tous les âges produisent des appels pour multiples raisons tel est le cas de détecter la présence des autres espèces animales à travers l'odorat, lorsque les individus sont séparés de leur groupe ou soit si le groupe arrive pour la première fois à découvrir une source d'alimentation comme les puits d'eau. Les appels vibratoires étaient aussi produits lorsque deux ou plusieurs groupes viennent en contact, souvent suivis par les salutations, enjambement des trompes, le toucher et sensation de l'odeur du corps des différents membres dans les deux groupes.

Aussi, les individus de deux sexes étaient observés en train de produire les appels durant les interactions d'agressivité et lorsqu'ils sont perturbés par les autres espèces comme les oiseaux et les buffles (Poole, 1987; Wood *et al.*, 2005). En contraste, il a été observé à Kruger, en Afrique du Sud que les éléphants n'émettaient pas de sons lorsqu'ils se nourrissent et pendant le repos (Wood *et al.*, 2005).

Dans cette étude, la clairière de Bissoloko montre un nombre élevé des appels des éléphants que la clairière de Madjouama. Cette forte fréquentation des éléphants à la clairière de Bissoloko serait peut-être due à la structure large du site avec plus de 40 puits de sels dans lesquels les éléphants s'abreuvent d'eau salée, alors que la clairière de Madjouama ne dispose qu'une vingtaine de puits de sels. En plus, Bissoloko est à 1.5 km de la frontière Congo Gabon où les éléphants viennent en masse du Gabon pour s'abreuver et se nourrir des sels minéraux. Cependant, il n'y a pas de différence significative dans la visitation des éléphants dans les deux clairières suivies (Pearson Chi-carré  $\chi^2 = 2.594$ ,  $df = 1$ ,  $N = 248$ ,  $P = 0.296$ ).

Ces deux clairières montrent la même tendance pour ce qui est du nombre des sons produits pendant la journée ou les activités dans les clairières se passent presque aux mêmes heures. Les éléphants émettent habituellement plus des sons dans les clairières les après-midi et que ce nombre s'accroît pendant les heures de nuits quand les éléphants se sentent en sécurité, ils cessent de les produire et quittent les clairières tôt le matin le jour suivant.

Les résultats de cette étude confirment que la visitation des éléphants de forêt dans les clairières est très variable pendant les heures de la journée et la saison à l'échelle du temps. Il y a une certaine fiabilité parmi l'étude à long terme dans les sites qui respectent les effets des saisons sur les visites des éléphants dans les clairières (Turkalo et Fay, 2001; Inkamba-Nkulu, 2007; Momont, 2007; Fishlock *et al.*, 2008).

En plus, ces résultats montrent qu'un grand nombre d'appels arrivent à différents moments au travers des années dans ces deux sites. Présentement, nous ne disposons pas assez des connaissances dans la variation de la nutrition des éléphants de forêt, la demande des nutriments et du temps de reproduction a spéculée sur comment ces facteurs peuvent influencer la visitation des éléphants dans les clairières.

Certaines études ont indiquées que les éléphants de forêt préfèrent visiter les clairières pendant les heures de nuit (Vanleeuwe *et al.*, 1997; Querouil *et al.*, 1999; Blake, 2002; Inkamba-Nkulu, 2007; Faure, 2007; Momont, 2007; Ges-sner, 2008), bien que dans tous les cas, la taille de l'échantillon était petit et que les observations n'étaient limitées que pendant la période de la pleine lune. Les données du langage des éléphants présentées ici confirment les résultats des précédentes études avec un échantillonnage consistant de deux ans dans les deux clairières. La majorité des appels des éléphants s'exécute la nuit (85,8%) et moins pendant la journée (14,2%). Une étude similaire a montrée presque l'égal activité des appels des éléphants jour et nuit dans les mêmes fréquences lorsque les éléphants se trouve dans une forêt ou il n'y a pas des clairières (Wrege *et al.*, 2017). Plusieurs études avaient révélé un changement du comportement plus nocturne des éléphants lorsqu'ils sont exposés aux perturbations humaines (Lewis, 1986; Ruggiero, 1990;



Graham et al., 2009; Wrege et al., 2010) et que les éléphants évitent les clairières pendant les heures de lumières quand les braconniers sont aux alentours (Vanleeuwe et al., 1997; Ihwagi et al., 2018; Inkamba Nkulu et al., 2018).

Deux observations importantes ont été formulées pour les perspectives de la conservation. Premièrement, nous avons trouvé que le nombre des éléphants qui fréquentent une clairière ne peut pas être estimé seulement pour les observations diurnes. Bien que la différence des moyennes des appels durant le jour et la nuit soit significative. La proportion relative des visitations du jour comparée à la visitation de nuit n'était pas consistante dans les sites. Le test de paramètre estimé (Least squared test) a montré que les appels diurnes et nocturnes des éléphants ne dépendent pas de la structure des sites mais seraient influencées par les saisons et les années. L'interaction de clairière et les deux facteurs environnementaux (année et saison) rend la clairière une variable dépendante.

Il est connu que pendant la saison sèche, la disponibilité des fruits devient rare au travers de la forêt et la nutrition des éléphants sera plus basée sur les feuilles de plusieurs espèces de plantes. Vu que la plupart de ces feuilles sont toxiques, les éléphants auront besoin de consommer les sels minéraux pour réduire cette toxicité, et de ce fait, visitent plus les clairières. Ces trois variables (clairière, saison et année) sont importantes comme outils de gestion que le conservateur prendra en ligne de compte pour la gestion durable de l'aire protégée.

## CONCLUSION

Cette étude était initiée pour améliorer nos connaissances sur la communication des éléphants pendant la recherche de la nourriture dans la zone circonscrite. Les éléphants d'Ogooué Leketi présentent un régime alimentaire très diversifié incluant à la fois des végétaux et des animaux (invertébrés). Un minimum de 249 espèces végétales, groupés en 66 familles, issus de 815 parties des plantes étaient consommées. Ces éléphants se nourrissent d'une variété des parties des plantes dont les feuilles, les écorces, les bois, les branches, les racines et les fruits. Cette dernière catégorie de nourriture fait de ses éléphants des frugivores.

Les arbres et arbustes comptent la majorité des espèces des nourritures consommées (36% et 35% respectivement). Les lianes étaient consommées à plus de 15% des espèces. Les herbes et les fougères étaient les moins recensées respectivement (12% et 2%). Les deux espèces *Grossera macrantha* (29) et *Strombosopsis tetandra* (21) sont consommées d'une manière intentionnelle dans les différents habitats. Les Sapotaceae et les Leguminosae étaient les deux familles des plantes les plus enregistrées dans les crottes des éléphants. Les éléphants consomment occasionnellement plus les graines des *Anonidium mannii* (26,3%), *Uapaca heudelottii* (15,1%) et *Irvingia tenuinucleata* (12,1%) par rapport aux autres espèces. La consommation des fruits était moindre pendant la saison sèche mais plus intéressante pendant la saison pluvieuse. A côté des plantes, les éléphants consomment accidentellement trois groupes d'invertébrés (fourmis, abeilles et termites). Relativement au langage des éléphants, il s'avère que:

- La vocalisation chez les éléphants dépend du milieu et fluctue dans le temps et selon le sexe;

- Les facteurs écologique (clairière, eau, sels minéraux, disponibilité des fruits) et climatique (saison) ont aussi une influence sur le comportement des éléphants.

Dans le cadre de ce travail nous avons formulées les recommandations suivantes:

- Que le gestionnaire du parc inscrive dans les aménagements futurs l'accent particulier sur les éléphants qui visitent les clairières pour ainsi lancer le tourisme de vision dans ces espaces;
- Aux deux états Congo et Gabon de renforcer les mesures de protection des éléphants de forêt dans cette zone frontalière.

## RÉFÉRENCES

- Alexandre D.Y. (1978). Le rôle disséminateur des éléphants en forêt de Taï, Côte d'Ivoire. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, 32: 47-72.
- Badia J., Turckheim de E, Lavergne J. C. (1994) Le dispositif FPS-TAT: formation à la statistique. Rapport d'activité du département de Biométrie et d'Intelligence Artificielle et du Service Formation Permanente, 46 p.
- Barnes, R. F. W. (1982). Elephant feeding behaviour in the Ruaha National Park, Tanzania. *African Journal of Ecology*, 20:123-136.
- Barriel V., Thuet E., Tassy P. (1999). Molecular phylogeny of Elephantidae. Extreme divergence of the extant forest African elephant. *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie*, 322: 447-454.
- Beaujour A., (1971). Notice explicative Makokou-Ouest. Carte géologique de reconnaissance du 1/500000: 1<sup>ère</sup> édition. BRGM, Paris XV, 61 p.
- Blake S. (2002). The ecology of forest elephant distribution and its implications for conservation, PhD Thesis, Univ. of Edinburgh.
- Blake S., Inkamba-Nkulu C. (2004). Fruit, minerals and forest Elephant trails: Do all roads lead to Rome? *Biotropica*, 36:392-401.
- Blake S., Douglas-Hamilton I., Karesh W.B. (2001). GPS telemetry of forest elephants in Central Africa: results of a preliminary study. *Afr. J. Ecol.*, 39: 178-186.
- Blake S., Deem S., Strindberg S., Maisels F., Momont L., Inogwabini B.-I., Douglas Hamilton I., Karesh W., Kock M.D. (2008). Roadless Wilderness Area Determines Forest Elephant Movements in the Congo Basin. *PLoS One*, 3: e3546.
- Blake S., Strindberg S., Boudjan P., Makombo C., Bila-Isia I., Ilambu O., Grossmann F., Bene-Bene L., de Semboli B., Mbenzo V., S'Hwa D., Bayogo R., Williamson L., Fay M. (2007). Forest elephant crisis in the Congo Basin. *PloS Biology*, 5: 945-953.
- Blanc J. (2008). *Loxodonta africana*. In IUCN Red List of Threatened Species. IUCN.
- Blanc J., Barnes R.F.W., Craig G.C., Dublin H.T., Thouless C.R., Douglas Hamilton I., Hart J. (2007). African Elephant Status report 2007: an update from the African Elephant Database. In Occasional Paper Series of the IUCN Species Survival Commission, N° 33., p. vi + 276 pp. IUCN / SSC African Elephant Specialist Group, Gland, Switzerland.
- CBFP (2006). The forests of the Congo Basin: State of the Forest 2006. CBFP, Kinshasa, DRC.
- Chapman L.J., Chapman C.A., Wrangham R.W. (1992). Balanites wilsoniana: elephant dependent dispersal? *Journal of Tropical Ecology*, 8:275-283.
- Comstock KE, Georgiadis N, Pecon-Slatery J. (2002). Patterns of molecular variation among African elephant populations. *Mol. Ecol.*, 11: 2489-2498.
- De Boer W.F., Ntumi C.P, Correia A.U., Mafuca G.M. (2000). Diet and distribution of elephant in the Maputo Elephant Reserve, Mozambique. *African Journal of Ecology*, 38:188-201.
- Dibua U.M-E., Okeke C.C., Ugwu C., Kenechukwu F.C., Okorie A. (2013). *In vivo* antimalarial and cytotoxicity activity of ethanolic stem bark of *Petersianthus macrocarpus* and leaf of *Astonia boonei* in experimental mice model. *International Journal of Current microbiology and applied Sciences*, 2: 354-368.

- Douglas-Hamilton I., Krink T., Vollrath F. (2005). Movements and corridors of African elephants in relation to protected areas. *Naturwissenschaften*, 92: 158-163.
- Dudley J.P., Mensah-Ntiamoah A.Y., Kpelle D.G. (1992). Forest elephants in a rainforest fragment: preliminary findings from a wildlife conservation project in southern Ghana. *African Journal of Ecology*, 30:116-126.
- Duveiller G., Defourmy P., Desclee B., Mayaux P. (2008). Deforestation in Central Africa: Estimates at regional, national and landscape levels by advanced processing of systematically-distributed Landsat extracts. *Remote Sensing of Environment*, 112: 1969-1981.
- Elenga C., Ikoli F. (1996). Synthèse des connaissances acquises sur la réserve de faune de la Léfini. PROGECA/GEF-CONGO 26 pp.
- Faure C. (2007). Étude des fréquentations par les grands mammifères d'un bai méconnu, et cartographie de pistes afférentes – Province de l'Ogooué-Ivindo, Gabon. MS thesis, Montpellier University, Montpellier, France.
- Feer F. (1995). Morphology of fruits dispersed by African forest elephants. *African Journal of Ecology*, 33:279-284.
- Ferraro P.J., Pattanayak S.K. (2006). Money for nothing? A call for empirical evaluation of biodiversity conservation investments. *PloS Biology*, 4: 482–488.
- Field C.R., Ross I. C. (1976). The savanna ecology of the Kidepo Valley National Park II. Feeding ecology of the elephant and giraffe. *East African Wildlife Journal*, 14:1-15.
- Fishlock V., Lee P.C., Breuer T. (2008). Quantifying forest elephant social structure in Central African bai environments. *Pachyderm*, 44: 17–26.
- Gessner J. (2008). Survey of mammals at Ikwa bai – Nki National Park, south-east Cameroon in terms of conservation and ethology with a focus on the African forest buffalo (*Syncerus caffer nanus*). MS thesis, Carl von Ossietzky Universität, Oldenburg.
- Graham M.D., Douglas-Hamilton I., Adams W.M. Lee P.C. (2009). The movement of African elephants in a human dominated land-use mosaic. *Anim. Conserv.*, 12: 445–455.
- Grubb P., Groves C.P., Dudley J.P., Shoshani J. (2000). Living African elephants belong to two species: *Loxodonta africana* (Blumenbach, 1797) and *Loxodonta cyclotis* (Matschie, 1900). *Elephant*, 2: 1-4.
- Hakizumwami E., Luhunu S. (2005). Élaboration de la stratégie régionale pour la conservation des éléphants en Afrique Centrale: IUCN/USFWS/WCS/WWF.
- Hoppe-Dominik B. (1984). Étude du spectre des proies de la Panthère, *Panthera pardus*, dans le Parc National de Tai en Côte d'Ivoire. *Mammalia*, 477-487.
- Ihwagi F.W., Thouless C., Tiejun Wanga, Skidmore A.K., Omondi P., Douglas-Hamilton I. (2018). Night-day speed ratio of elephants as indicator of poaching levels. *Ecological Indicators*, 84: 38–44.
- Inkamba-Nkulu C. (2007). Structure and movement of a geophagous population of forest elephants in the Congo basin. Msc Dissertation. University of East Anglia. Norwich.
- Inkamba Nkulu C., Samba O. J., Massala D., Mounogodas I., Boundja P., Maisels F. (2018). Sondage écologique des grands mammifères et impacts des activités humaines dans le Futur Parc National Ogooué Leketi. Rapport WCS-USAID CARPE, 47p.
- INRAP (1976). Géographie de la République Populaire du Congo, 63 pp.
- IUCN (2005). Strategy for the conservation of elephants in Central Africa. <http://www.iucn.org/themes/ssc/sgs/afesg/tools/index.html>.
- Kabigumila J. (1993). Feeding habits of elephants in the Ngorongoro Crater, Tanzania. *African Journal of Ecology*, 31:156-164.
- Kapos V., Balmford A., Aveling R., Bubb P., Carey P., Entwistle A., Hopkins J., Mulliken T., Safford R., Stattersfield A., Walpole M., Manica A., (2009). Outcomes, not implementation, predict conservation success. *Oryx*, 43: 336-342.
- Langbauer W. R. (2000). Elephant communication. *Zoo Biology*, 19: 425-445.
- Laws R.M., Parker I.S.C., Johnstone R.C.B. (1975). Elephants and their habitats: the ecology of elephants in North Bunyoro, Uganda. Oxford University Press, London.
- Leclolle L. (2006). Identification d'un circuit d'écotourisme dans le parc national de l'Ivindo (Gabon): Cas d'une liaison Kongou-Djidji-Langoué. Master Biologie, Géosciences, Agroressources et Environnement, Spécialité Ingénierie en Écologie et en Gestion de la Biodiversité, Université de Montpellier II. 97 p.
- Letouzey R. (1969). Manuel de botanique forestière. Afrique tropicale Tome 1, Tome 2 et Tome 3. Centre Technique Forestier Tropical. 648pp.
- Lewis D.M. (1986). Disturbance effects on elephant feeding: evidence for compression in Luangwa Valley, Zambia. *African Journal of Ecology*, 24:227-241.
- Magliocca F. (2000). Étude d'un peuplement de grands mammifères forestiers tropicaux fréquentant une clairière structure des populations; utilisation des ressources; coexistence intra- et inter-populationnelle. Thèse Doctorat, Université de Rennes 1, France: 285 p.
- Magliocca F., Gautier-Hion A. (2001). Les clairières en forêts tropicales: Des aires à protéger en toute priorité. *Canopée*, 20: 1-9.
- Magliocca F., Quéroutil S., Gautier-Hion A. (2003). Seed eating in elephant dung by two large mammals in the Republic of Congo: implications for forest regeneration. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*, 58:143-149.
- Maisels F., Strindberg S., Blake S., Wittemyer G., Hart J., Williamson E.A., Aba'a R., Abitsi G., Ambahe R.D., Amsini F., Bakabana P.C., Hicks T.C., et al. (2013). Devastating Decline of Forest Elephants in Central Africa. *PLoS One*, 8: e59469.
- Mansouri M.T., Naghizadeh B., Ghorbanzadeh B. and Farbood Y. (2013). Central and peripheral antinociceptive effects of ellagic acid in different animal models of pain. *Eur. J. Pharm.*, 707: 46–53.
- Maréchal C., Maurois C., Chamberlan C. (1998). Size (and structure) of forest elephants groups (*Loxodonta africana cyclotis*, Matschie 1900) in the Odzala National Park, Republic of Congo. *Mammalia*, 62: 297-300.
- Mbougou R. (2010). Étude quantitative de la forêt à Okoumé dans le site WCS. Mémoire de fin d'étude, Univ. Marien Ngouabi, 61p.
- Mengome L-E., Feuya T.G.R., Eba F., Nsi-Emvo E. (2009). Anti-proliferative Effect of alcoholic extracts of some Gabonese medicinal plants on human colonic cancer cells. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative medicines*, 6: 112 -117.
- Merz G. (1981). Recherche sur la biologie de nutrition et les habitats de l'éléphant de forêt. *Mammalia*, 45: 299-312.
- Merz G. (1986). Movement patterns and group size of the African forest elephant *Loxodonta africana cyclotis* in the Tai National Park, Ivory Coast. *African Journal of Ecology*, 24: 133-136.
- Momont L. (2007). Sélection de l'habitat et organisation sociale de l'éléphant de forêt, *Loxodonta africana cyclotis* (Matschie 1900), au Gabon. PhD thesis, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.
- Nsongola G., Okandza L., Ombani J., King T. (2006). Liste illustrée des plantes des Réserves Lesio-Louna et Lefini, édition 1.1. CERVE, PPG, Jhon Aspinall Foundation. 19 pages +29 planches.
- Orabueze C.I., Adesegun S.A., Ota D.A., Coker H.A.B. (2013). Anti-inflammatory and antioxidant activities of leaf extract of *Petersianthus macrocarpus*. *Biochemistry and pharmacology*, 2: 4.
- Owens M.J., Owens D. (2009). Early age reproduction in female savanna elephants (*Loxodonta africana*) after severe poaching. *African Journal of Ecology*, 47: 214-222.
- Payne K.B., Thompson M., Kramer L. (2003). Elephant calling patterns as indicators of group size and composition: the basis for an acoustic monitoring system. *Afr. Journal of Ecology*, 41: 99-107.
- Poole J.H. (1989). The effects of poaching on the age structure and social and reproductive patterns of selected east African elephant populations. The ivory trade and the future of the African elephant. Final report. African Wildlife Foundation, Washington, D.C.
- Poole J.H. (2011). Behavioral contexts of elephant acoustic communication. In: The Amboseli Elephants: A Long-term Perspective on a Long-lived Mammal (Eds C.J. Moss, H. Croze and P.C. Lee). The University of Chicago Press, Chicago.



- Pourtier R. (2004). Atlas du Gabon. Éditions Jeune Afrique. Paris 76 p.
- Powell J. (1997). The ecology of forest elephants (*Loxodonta africana cyclotis*, Matschie 1900) in Banyang-Mbo and Korup forests, Cameroon with particular reference to their role as seed dispersal agents. Ph.D. Dissertation. Wolfson College. University of Cambridge, Cambridge.
- Pullin A.S., Knight T.M. (2009). Doing more good than harm—Building an evidence-base for conservation and environmental management. *Biological Conservation*, 142: 931-934.
- Querouil S., Magliocca F., Gautier-Hion A. (1999). Structure of population, grouping patterns and density of forest elephants in north-west Congo. *Afr. J. Ecol.*, 37: 161–167.
- Roca A.L., Georgiadis N., Pecon-Slatery J., O'Brien S.J. (2001). Genetic Evidence for Two Species of Elephant in Africa. *Science*, 293: 1473-1477.
- Roca A.L., Ishida Y., Brandt A.L., Benjamin N.R., Zhao K., Georgiadis N.J. (2015). Elephant Natural History: A Genomic Perspective. *Annual Review of Animal Biosciences*, 3: 139-167.
- Rohland N., Reich D., Mallick S., Meyer M., Green R., Georgiadis N., Roca A., Hofreiter M. (2010). Genomic DNA Sequences from Mastodon and Woolly Mammoth Reveal Deep Speciation of Forest and Savanna Elephants. *PLoS Biol.* 8: e1000564.
- Ruggiero R.G. (1990). The effects of poaching disturbance on elephant behavior. *Pachyderm*, 13: 42–44.
- Ruggiero R.G., Eves H.E. (1998). Bird-mammal associations in forest openings of northern Congo (Brazzaville). *African Journal of Ecology*, 36:183-193.
- Shannon G., Page B.R., Duffy K.J., Slotow R. (2006). The role of foraging behaviour in the sexual segregation of the African elephant. *Oecologia*, 150: 344-354.
- Short J. (1981). Diet and feeding behaviour of the forest elephant. *Mammalia*, 45:177-185.
- Short J.C. (1983). Density and seasonal movements of forest elephants (*Loxodonta africana cyclotis* Matschie 1900) in Bia National Park, Ghana. *African Journal of Ecology*, 21: 175-184.
- Stokke S. (1999). Sex differences in feeding-patch choice in a megaherbivore: elephants in Chobe National Park, Botswana. *Canadian Journal of Zoology*, 77: 1723-1732.
- Sutherland W.J., Pullin A.S., Dolman P.M., Knight T.W. (2004). The need for evidence-based conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 19: 305-308.
- Tatsinkou Bomba F.D., Wandji B. A., Piegang N.B., Awouafack M.D., Dharmarajan Sriram, Yogeewari P., Kamanyi A., Nguelefack T.B. (2015). Antinociceptive properties of the aqueous and methanol extracts of the stem bark of *Petersianthus macrocarpus* (P. Beauv.) Liben (Lecythidaceae) in mice. *Journal of ethnopharmacology*, 174: 66-73.
- Tchamba M. N., Seme P. M. (1993). Diet and feeding behavior of the forest elephant in the Santchou Reserve, Cameroon. *African Journal of Ecology*, 31:165-171.
- Tchamba M.N. (1995). The impact of elephant browsing on the vegetation in Waza National Park, Cameroon. *African Journal of Ecology*, 33: 184-193.
- Telfer P., Maisels F., Mabilia N., Ampolo A., Tsoumou A., Inkamba-Nkulu C., Esseng S.N., Bout N. (2009). Leconi-Bateke-Lefini Landscape, In The Forests of the Congo Basin - State of the Forest 2008. ed. D.D. de Wasseige C., de Marcken P., Eba'a Atyi R., Nasi R. and Mayaux P., pp. 295-304. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Theuerkauf J., Ellenberg H., Guiro Y. (2000). Group structure of forest elephants in the Bossemati Forest Reserve, Ivory Coast. *African Journal of Ecology*, 38: 262-264.
- Thompson M., Schwager S.J., Payne K.B., Turkalo A.K. (2009). Acoustic estimation of wildlife abundance: methodology for vocal mammals in forested habitats. *Afr. Journal of Ecology*, 48: 654–661.
- Tutin C.E.G., White L. J. T., Mackanga-Missandzou A. (1997). The use by rain forest mammals of natural forest fragments in an equatorial African savanna. *Conserv. Biology*, 11: 1190-1203.
- Turkalo A. (1996). Studying elephants by direct observation in the Dzanga Clearing: an update. *Pachyderm*, 22: 59-60.
- Turkalo A., Fay J.M. (1995). Studying elephants by direct observation: preliminary results from the Dzanga Clearing, Central African Republic. *Pachyderm*, 20: 45-54.
- Turkalo A., Fay J.M. (2001). Forest elephant behaviour and ecology: observations from the Dzanga Saline. In: Conservation and ecology of the African rain forest. Eds. W. Weber, L. White, A. Vedder and L. Naughton. Ithaca, Yale University Press: 207-213.
- Turkalo A.K., Wrege P.H., Wittemyer G. (2018). Demography of a forest elephant population. *PLoS One*, 13:e0192777.
- Vande weghe J. P. (2006). Les parcs nationaux du Gabon: Ivindo et Mwagna. Lannoo, Tielt. Belgique, 272 p.
- Vanleeuwe H., Gautier-Hion A., Cajani S. (1997). Forest clearings and the conservation of elephants *Loxodonta Africana cyclotis* in Northwest Congo republic. *Pachyderm*, 24: 46-52.
- Vanleeuwe H., Cajani S., Gautier-Hion A. (1998). Large mammals at forest clearings in the Odzala National Park, Congo. *Revue d'Ecologie (la Terre et la Vie)*, 53: 171-180.
- Vanleeuwe H., Gautier-Hion A. (1998). Forest elephant paths and movements at the Odzala National Park, Congo: The role of clearings and Marantaceae forests. *African Journal of Ecology*, 36: 174-182.
- Walters G., Nguema D., Niangadouma R., Bradley A., Stone J. (2017). Plant Checklist, Parc National des Plateaux Bateke, Gabon including 20 km buffer. Based on 1,956 herbarium collections, collected in all seasons from 2001-2011.
- White LJT (1994). *Sacoglottis gabonensis* fruiting and the seasonal movements of elephants in the Lopé Reserve, Gabon. *J Tropical Ecology* 10, 121-125.
- White, L & Abernethy, K. (1996). Guide de la végétation de la Réserve de la Lopé. ECOFAC Gabon. 229pp.
- White, L. J. T., Tutin, C. E. G., and Fernandez, M. (1993). Group composition and diet of forest elephants, *Loxodonta africana cyclotis*, Matschie 1900, in the Lopé Reserve, Gabon. *African Journal of Ecology* 31:181-199.
- Whitmore, T. C. (1990). An introduction to Tropical Rain Forests. Oxford University Press.
- Wing, L. D. and Buss, I. O. (1970). Elephants and Forests. *Wildlife Monographs* 19:1-92.
- Wittemyer, G. and Getz, W.M. (2007). Hierarchical dominance structure and social organization in African Elephants, *Loxodonta africana*. *Animal Behaviour* 73: 671–681.
- Wilkie, D.S., Sidle, J.G., Boundzanga, G.C., Blake, S., Auzel, P., (2001). Defaunation or deforestation: commercial logging and market hunting in northern Congo, In The Cutting Edge: conserving wildlife in logged tropical forests. eds R. Fimbel, J.G. Robinson, A. Grajal, pp. 375-399. Columbia University Press, New York.
- Wood, J.D., McCowan, B., Langbauer, W.R., Viljoen, J.J. and Hart, L.A. (2005). Classification of African elephant *Loxodonta africana* rumbles using acoustic parameters and cluster analysis. *Bioacoustics* 15: 143-161.
- Wrege, P.H., Rowland, E.D., Thompson, B.G. & Batruch, N. (2010). Use of acoustic tools to reveal otherwise cryptic responses of forest elephants to oil exploration. *Conservation Biology* 24, 1578-1585
- Wrege, P.H., Rowland, E.D., Bout, N., Doukaga, M. (2012). Opening a larger window onto forest elephant ecology. *African Journal of Ecology* 50, 176-183.
- Wrege, P.H., Rowland, E.D., Sara Keen, S. and Shiu, Y. (2017). Acoustic monitoring for conservation in tropical forests: examples from forest elephants. *British Ecological Society* 8 :1169-1393