

**BURKINA FASO
UNITE-PROGRES-JUSTICE
MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE ET
SUPERIEUR**

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE BOBO-DIOULASSO

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL



MEMOIRE

**En vue de l'obtention du
DIPLOME DE MASTER RECHERCHE EN ANALYSE DES
POPULATIONS DES ESPACES FAUNIQUES ET
HALIEUTIQUES
(MFH2)**

SPECIALITE : Analyse des populations des espaces fauniques

Etude des réponses des éléphants de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*) aux activités humaines à l'aide des enregistreurs acoustiques à la grande saline et au petit baï de la Compagnie Equatoriale de Bois (CEB), au sud-est du Gabon

***Présenté par :
KAMBISSI Zyta Gaëlle***

Devant le jury composé de :

Président : Pr Bélem Adrien M. Gaston

Directeur du mémoire : Pr Kabré T. André ;

Dr Scholtz Olivia (encadreur)

Membres : Pr Nitiéma Pierro Clovis

Décembre 2010

N° :-2010/MFH2 (Faunique)

DEDICACE

Je dédie ce travail à mes parents et amis qui ne cessent de me soutenir dans l'accomplissement de tous mes travaux académiques.

REMERCIEMENTS

Pour avoir permis la réalisation de ce mémoire, je tiens à remercier des institutions et des personnes pour leur contribution.

Ces remerciements s'adressent d'abord au Projet d'Aménagement des Petits Permis Forestiers Gabonais (PAPPFG), qui a bien voulu que je participe à cette formation.

Ensuite à la World Conservation Society au Gabon (WCS-Gabon), particulièrement au projet Ivindo pour mon intégration dans la réalisation de l'étude sur le suivi acoustique des éléphants aux baïs et aussi pour ses ressources matérielles, financières et humaines. Au Docteur Olivia SCHOLTZ, Frank LEPENGOYE, Prospère MOTSABA, Léonie BOMINANGA, Maixent LEBOUSSI, Ulrich EYAGUI, Toussaint OGOMBET pour les orientations et les conseils.

Puis, je tiens également à remercier particulièrement l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) et les enseignants de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso pour l'allocation d'étude octroyée et les efforts consentis dans l'encadrement des étudiants. Au Professeur André KABRE, qui malgré ses multiples charges, a pu m'apporter des conseils, des suggestions et de la documentation.

Enfin, je ne saurais finir sans remercier le Docteur Sandra RATIARISON, Carl MOUMBOGOU, Rémi DIOP, Hervé MEMIAGHE, Thierry AVA, Rawlings ESSAME, Béranger ZIHOU, Gildas MITOUMBA, Gislain MAKITA et Ordélia MANVOUDOU pour leur soutien.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Appels moyens obtenus de janvier à mars 2011 à la grande saline.....	33
--	----

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique de la CFAD de la CEB.....	5
Figure 2 : Précipitations dans la zone d'étude.....	7
Figure 3 : Localisation du dispositif expérimental (ARU)	24
Figure 4 : Sélection des harmoniques des éléphants (en bleu).....	27
Figure 5 : Nombre moyen de vocalisations des éléphants par 24 heures au petit baï.....	30
Figure 6 : Variation journalière du nombre de vocalisations des éléphants au petit baï.....	31
Figure 7 : Nombre moyen de vocalisations des éléphants par 24 heures à la grande saline.....	33
Figure 8 : Variation journalière du nombre de vocalisations d'éléphants à la grande saline.....	34
Figure 9 : Nombre moyen de vocalisations des éléphants par 24 heures dans les deux clairières.....	35
Figure 10 : Variation du nombre de vocalisations jour des éléphants dans les deux clairières....	37
Figure 11 : Variation du nombre de vocalisation nuit des éléphants dans les deux clairières.....	39
Figure 12 : Heures d'affluence des éléphants dans les deux clairières.....	40
Figure 13 : Coups de feu détectés acoustiquement dans les deux clairières.....	42
Figure 14 : Proportion des éléphants observés qui s'enfuient des clairières.....	44
Figure 15 : Durée moyenne de fréquentation des éléphants dans les clairières.....	44
Figure 16 : Proportion des mâles et femelles éléphants par deux classes d'âge.....	45

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1 : <i>Loxodonta africana cyclotis</i>	15
Photo 2 : ARU installé.....	25

LISTE DES ACRONYMES ET SIGLES

ARU	Autonomous Recording Units (Enregistreurs Acoustiques Autonomes)
ASECNA	Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar
AUF	Agence Universitaire de la Francophonie
CEB	Compagnie Equatoriale de Bois
CFAD	Concession Forestière sous Aménagement Durable
FAO	Food and Agriculture Organization (organisation pour l'alimentation et l'agriculture)
GPS	Global Positioning System (Système de positionnement par satellites)
MIST	Management Information System (Système d'Information et de Gestion)
ONG	Organisation Non Gouvernementale
ONU	Organisation des Nations Unies
PAPPFG	Projet d'Aménagement des Petits Permis Forestiers Gabonais
PNI	Parc National de l'Ivindo
UA	Union Africaine
UFA	Unité Forestière d'Aménagement
UNESCO	United Nations for Educational, Scientific and Cultural Organization (organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture)
WCS	Wildlife Conservation Society (société pour la conservation de la vie sauvage)

RESUME

Le massif forestier de la CEB, au sud-est du Gabon, est d'un intérêt primordial en raison de la forte concentration d'espèces animales qui visitent les différentes clairières dont il dispose. Mais le suivi en continu de la faune en général et des éléphants de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*) en particulier, aussi bien dans un habitat fortement boisé que dans les clairières, n'est pas toujours facile à effectuer par des observations visuelles, qui sont limitées car ne permettant pas d'obtenir toutes les données journalières. Une autre méthode indirecte, « la surveillance acoustique », qui utilise les sons produits par cette espèce a été mise en place dans deux clairières (petit baï et grande saline) de la concession forestière de la CEB, au sud-est du Gabon.

Le suivi acoustique des éléphants de forêt qui vise à renforcer les efforts de protection et de conservation de cette espèce révèle en effet que 86,89% des activités de cet animal ont lieu la nuit en moyenne dans les deux clairières de ladite concession (84% dans le petit baï et 89,79% dans la grande saline). De même, les données acoustiques combinées à celles des observations directes ont permis de décrire le comportement des éléphants dans ses sites à savoir leur fuite face à l'humain, rendant dès lors difficile leur identification par observations directes; la non fréquentation des clairières pendant la journée à cause de l'activité forestière qui se déroulent à l'intérieur de la CFAD de Milolé de la CEB et entre autres à l'activité cynégétique. Les résultats obtenus sur une période de cinq (5) mois suggèrent que la bioacoustique est un outil de recherche non négligeable qui peut être associée à d'autres méthodes de recherches telles que les observations visuelles. La combinaison de ces méthodes fournit sans nul doute des informations indispensables pour la gestion de la faune sauvage et de son habitat. Il s'agit entre autres des effets induits des activités anthropiques sur les éléphants qui sont plus nocturnes, très craintifs, prêts à fuir à la moindre occasion, de la réduction de leur temps de visite aux baïs ; tous ces effets engendrent les difficultés sur l'estimation des populations et l'identification de l'espèce. Ce qui pourrait engendrer des conséquences néfastes telles les charges permanentes par des éléphants agressifs. Par conséquent, il est conclu que le suivi aux baïs des éléphants devra considérer cet outil acoustique dans les programmes de recherche qui sont voués à la protection et à la conservation de la faune sauvage dans les concessions forestières en particulier.

Mots clés : **conservation, bioacoustique, clairière, *Loxodonta africana cyclotis***

ABSTRACT

The forest at CEB, in Southeast of Gabon, is a primary interest because of its high concentration of mammals that spent time around cleared areas in that logging site. But the long term monitoring of wildlife in general and forest elephants (*Loxodonta africana cyclotis*) in particular, in strongly afforested habitat as well in clearings, is not always easy to visual observations is limited and does not permit to obtain all the daily data. Another indirect method, "acoustic monitoring", which record the sounds produced by this species has been introduced in two clearings of the forest (the small bai and large saline) concession of the CEB in south-east Gabon.

Acoustic monitoring of forest elephants, which aims to strengthen efforts to protect and conserve this species, reveals that 86.89% of the activities of that animal take place at night on average in the two clearings of the concession (84% in small bay and 89.79% in large saline). Likewise, the acoustic data combined with those of direct observations have helped to describe the behavior of elephants in those sites mainly their escape from humans, which makes it difficult to identify them by direct observation and also the avoidance of clearings during the day because of the activities taking place within the CFAD of Milolé of the CEB, and also due to hunting. The results obtained over a period of five (5) months suggest that the bioacoustics research is a significant tool that can be combined with other research methods such as visual observations. For the combination of these methods undoubtedly provides essential information for managing wildlife and its habitat. This is among other induced effects of human activities on the elephants that are more nocturnal, very shy, and ready to flee at the slightest opportunity, reducing their time to visit the bays; all these effects give rise to the difficulties of estimating populations and species identification. This could lead to adverse consequences such as deadly attacks by aggressive elephants. Consequently, it is concluded that monitoring the bays of the elephants should consider this tool in acoustic research programs that are dedicated to the protection and conservation of wildlife in forest concessions in particular.

Keywords: ***conservation, bioacoustics, clearing, Loxodonta africana cyclotis***

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	I
REMERCIEMENTS.....	II
LISTE DES TABLEAUX.....	III
LISTE DES FIGURES	III
LISTE DES PHOTOGRAPHIES	III
LISTE DES ACRONYMES ET SIGLES	IV
RESUME	V
ABSTRACT.....	VI
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : SYTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE ET CADRE DE L'ÉTUDE.....	4
CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	5
<i>I.1. Le Gabon et la CFAD de la CEB.....</i>	<i>5</i>
I.1.1. Situation géographique et humaine.....	5
I.1.2. Description du milieu abiotique	6
I.1.3. Description du milieu biotique.....	8
<i>I.2. Historique de la conservation de la nature.....</i>	<i>9</i>
I.2.1. Apogée de la conservation de la nature	9
I.2.2. Evolution du concept.....	10
<i>I.3. Cadre légal de la conservation de la nature.....</i>	<i>10</i>
I.3.1. Au niveau international et régional	10
I.3.2. Au niveau national	12
<i>I.4. Clairières et distribution des éléphants d'Afrique.....</i>	<i>13</i>
I.4.1. Importance des clairières pour le suivi des éléphants	13
I.4.2. Généralités et aire de distribution des éléphants d'Afrique	14
<i>I.5. La bioacoustique: un nouvel outil pour le suivi des éléphants.....</i>	<i>17</i>
I.5.1. Apogée de la bioacoustique	17
I.5.2. Evolution du concept.....	18
CHAPITRE II : STRUCTURE D'ACCUEIL ET CADRE DE L'ÉTUDE.....	21
<i>II.1. WCS-Gabon et ses projets nationaux en bioacoustique</i>	<i>21</i>

II.2. Justification de l'étude.....	21
II.2.1. Objectifs de l'étude.....	21
II.2.2. Intérêt de l'étude.....	22
SECONDE PARTIE : PHASE EXPÉRIMENTALE.....	23
CHAPITRE I : METHODOLOGIE DE L'ETUDE.....	24
I.1. Recherches bibliographiques et webographiques	24
I.2. Collecte des données de terrain	24
I.2.1. Dispositif expérimental	24
I.2.1.1. Surveillance acoustique	24
I.2.1.2. Observations directes.....	26
I.2.2. Paramètres observés.....	26
I.2.3. Matériel et ressources humaines mobilisés	26
I.3. Traitements et analyses des données	26
I.3.1. Analyses des données	26
I.3.1.1. Analyses des données acoustiques	26
I.3.1.2. Analyses des données d'observations directes	28
I.3.2. Traitement des données.....	28
CHAPITRE II : RESULTATS.....	30
II.1. Evaluation de la fréquentation des éléphants dans le petit bai	30
II.1.1. Fréquentation moyenne mensuelle des éléphants.....	30
II.1.2. Fréquentation des éléphants au cours des différentes périodes de la journée....	30
II.2. Evaluation de la fréquentation des éléphants dans la grande saline.....	32
II.2.1. Fréquentation moyenne mensuelle des éléphants.....	32
II.2.2. Fréquentation des éléphants au cours des différentes périodes de la journée.	33
II.3. Fréquentation des éléphants sur l'ensemble des sites	35
II.3.1. Fréquentation moyenne mensuelle des éléphants dans les deux sites	35
II.3.2. les vocalisations enregistrées le jour dans les deux sites	36
II.3.3. les vocalisations enregistrées la nuit dans les deux sites	38
II.3.4. Les heures d'affluence des éléphants	40
II.4. Indices des activités anthropiques.....	40
II.4.1. Détection acoustique des coups de feu dans les deux clairières	41
II.4.2. Indices anthropiques détectés pendant les observations directes	43
II.5. Evaluation du comportement des éléphants dans les clairières.....	43
II.5.1. Proportion des éléphants observés qui s'enfuient des clairières.....	43

II.5.2. Durée moyenne de visite des éléphants dans les clairières	44
II.5.3. La structure de la population des éléphants	45
CHAPITRE III : ANALYSES ET DISCUSSION	46
<i>III.1. Evaluation de la méthode de suivi acoustique des éléphants</i>	<i>46</i>
<i>III.2. Une fréquentation plus importante des éléphants selon les périodes de la journée dans chacun des sites</i>	<i>47</i>
<i>III.3. effets induits des activités humaines sur les fréquentations et/ou le comportement des éléphants dans les clairières</i>	<i>50</i>
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	52
BIBLIOGRAPHIE.....	53
LISTE DES ANNEXES	

Introduction

Les forêts du Bassin du Congo, avec leur impressionnante diversité biologique, occupent une place de choix parmi les écosystèmes les plus importants du monde. Cette remarquable richesse en ressources naturelles fait de ces massifs forestiers des zones à haute valeur de conservation (DeWalt et al, 2003).

Cependant, du fait des activités anthropiques (exploitation forestière, agricole et minière, la chasse commerciale...), les blocs forestiers sont soumis à de multiples menaces telles que l'érosion des sols, l'extinction et/ou la raréfaction de certaines espèces, la déforestation qui entraîne le changement de comportement de certaines espèces animales ainsi que la fragmentation de l'habitat de la faune sauvage.

Au vu des dégâts observés sur l'environnement au fil du temps, plusieurs Etats africains, notamment le Gabon, se sont peu à peu engagés dans la protection de leurs écosystèmes par la signature de plusieurs textes juridiques tels que les conventions, les traités, les accords, les lois, etc. (ONU, 1968, 1973, 1993, 1994 ; UA, 2003 ; MEF, 2001, 2007).

Ainsi, l'intérêt grandissant accordé à la protection et à la conservation de la diversité biologique a conduit, dix ans après la ratification de la convention internationale sur la protection de la biodiversité, le Gabon à mettre en place un réseau de treize parcs nationaux, dont le Parc National de l'Ivindo.

Bien que ces parcs nationaux couvrent 11% de son territoire national, on remarque que la grande faune en particulier, qui utilise de vastes zones vitales, semble aussi passer du temps en dehors de ces réserves. C'est ainsi que d'autres zones écologiquement fragiles ou à forte valeur biologique, périphériques à ces parcs sont prises en compte pour le suivi des espèces animales.

Il s'agit entre autres des zones de concentration de grands mammifères mises en séries de conservation (baïs, salines, etc.) identifiées dans les concessions forestières et/ou pétrolières qui veulent s'arrimer dans le processus de l'aménagement durable de leurs ressources naturelles.

Ces sites inhabités où se concentrent des animaux en nombre important comme l'éléphant de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*) que l'on rencontre au Gabon, et où selon White (1994a), la densité de cette espèce est estimée à plus de 2 éléphants/km², préoccupe

néanmoins les gestionnaires de la conservation (Blake & Simon, 2004). Car, selon une étude de Trombulak et Frissell (2000), les conséquences des activités humaines peuvent engendrer par ailleurs, des changements de comportement chez les animaux.

Puisque la connaissance de la ressource dans une zone est indispensable pour orienter efficacement les stratégies de conservation de la biodiversité (White & Edwards, 2000), un suivi de ces ressources s'avère indispensable d'autant plus qu'il figure parmi les objectifs de la Convention sur la diversité biologique (CBD, 2003).

C'est ainsi que la Compagnie Equatoriale des Bois (CEB), du groupe Precious Wood, située à la périphérie du Parc National de l'Ivindo, au sud-est du Gabon, s'est engagée depuis 1995, à relever le défi de gérer durablement ses ressources forestières, en travaillant en étroite collaboration avec les parties prenantes (l'administration forestière, les organismes de protections, les chercheurs, etc.) (Bonneau et al, 2008).

Cette collaboration a conduit la Wildlife Conservation Society (WCS), en partenariat avec le Ministère des Eaux et Forêts (MEF) et l'Agence Nationale des Parcs Nationaux (ANPN) Gabonais, à réaliser depuis peu, des projets de recherches dont le suivi de la biodiversité à l'intérieur du Parc National de l'Ivindo et à sa périphérie, aux moyens de diverses méthodes (méthodes d'observations visuelles et indirectes).

Malheureusement, les conditions de travail et d'observations (couvert végétal, zones difficiles d'accès, les périodes et les heures d'observations, les investissements, etc.), font que le suivi de la biodiversité réalisé à partir de ces méthodes courantes soit limité et rarement répété (White & Edward, 2000 ; Provost & Bonilla, 2011). Ce qui ne permet pas d'obtenir une base de données complète de jour comme de nuit et en toutes saisons, sur le suivi aux baïs des espèces emblématiques comme l'éléphant de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*).

Or, plusieurs études ont montré qu'il est possible à travers les sons émis par les animaux, d'obtenir des informations sur la diversité géographique et le comportement des espèces animales (Galeotti & Pavan, 1991; Baptista & Gaunt, 1997; Payne et al, 2003; George et al, 2004; Laiolo et al, 2007; Vannoni & McElligott, 2007). La bioacoustique qui se définit comme l'étude de la réception et de la production sonore chez les animaux (Obrist et al, 2010; Provost & Bonilla, 2011) est donc un bioindicateur de la biodiversité animale (Sueur et al, 2008; Pavan, 2008).

En conséquence, pour renchérir la base de données sur le suivi des activités des éléphants de forêt au niveau des clairières, le programme de recherche bioacoustique du laboratoire d'ornithologie de l'université de Cornell aux Etats Unis d'Amérique, en appui avec la WCS, ont mis en place le projet d'écoute des éléphants (ELP) au Gabon.

Ce projet qui est en expérimentation depuis 2007 (dans les baïs et en pleine forêt, dans et en périphérie de trois parcs nationaux gabonais, dont ceux de l'Ivindo et des Plateaux Batékés) utilise le son en tant qu'instrument de communication sonore très révélateur des grands mammifères (Scholtz, 2010, Maganga, 2010, Manvoudou, 2011) au moyen des enregistreurs acoustiques autonomes (Autonomous Recording Units), en abrégé ARU.

Dans ce contexte, la WCS se propose de faire un suivi acoustique de la dynamique des éléphants dans deux clairières de la Concession Forestière sous Aménagement Durable (CFAD) de la Compagnie Equatoriale de Bois (CEB) de Precious Wood, périphérique au Parc National d'Ivindo, au sud-est du Gabon.

Ce projet de recherche se propose donc de tester les hypothèses suivantes :

- H1 : la bioacoustique est une approche scientifique sur laquelle les gestionnaires de la faune peuvent se tourner pour le suivi des éléphants dans deux clairières de la CFAD Milolé de la CEB.
- H2 : les activités humaines au sein de la concession forestière ont un impact sur les fréquentations et/ou le comportement des éléphants aux baïs.

Notre document se subdivise en deux (2) parties : la première porte sur la présentation générale et le cadre de l'étude, la seconde partie présente, analyse et discute les résultats.

***PREMIERE PARTIE : SYTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE
ET CADRE DE L'ÉTUDE***

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I.1. Le Gabon et la CFAD de la CEB

I.1.1. Situation géographique et humaine

Pays de l'Afrique centrale, le Gabon est situé sur la façade ouest du continent, en bordure de l'Océan Atlantique (annexe 1). La Guinée Equatoriale, le Cameroun et la République populaire du Congo sont ses pays limitrophes respectivement au nord-ouest, au nord, à l'est et au sud. Avec 267.677 km², ce pays, dont la capitale politique et administrative est Libreville, est divisé en neuf provinces, dont celles de l'Ogooué-Lolo et du Haut-Ogooué (provinces où sont repartis les permis de la CEB). La population du Gabon est estimée à 1.500.000 habitants, ce qui porte la densité de sa population à 5,6 habitants/km². Le territoire gabonais est recouvert à 80% de forêts (voir en I.1.3), ce qui justifie la présence de nombreux permis forestiers sur l'ensemble du pays.

Installée depuis 1987 dans le sud-est du Gabon, la Concession Forestière sous Aménagement Durable (CFAD) de la Compagnie Equatoriale des Bois (CEB), du groupe suisse Precious Woods, est la zone dans laquelle l'étude a été réalisée. Il s'agit exactement de la deuxième Unité Forestière d'Aménagement (UFA 2) de Milolé, d'une superficie de 315.300 ha, dans laquelle sont situés nos deux sites d'études (le petit baï et la grande saline) (figure 1).

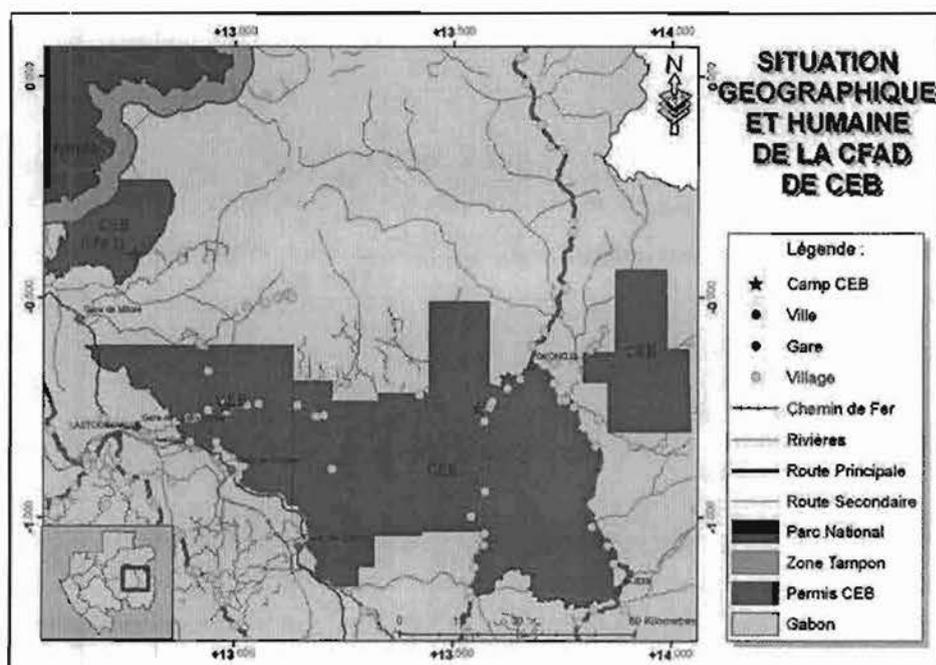


Figure 1 : Situation géographique de la CFAD de la CEB (source : WCS-Ivindo, 2012)

La CFAD, qui est située au sud-est du Parc National de l'Ivindo, compte 16.170 habitants répartis dans 37 villages, 2 villes et 3 camps forestiers, dont le camp Milolé qui se trouve dans la deuxième Unité Forestière d'Aménagement (UFA 2) de la concession forestière Milolé. Cette UFA 2 qui comprend deux Unités Forestières de Gestion (UFG 1 et l'UFG 2 exploitées respectivement de 2000 à 2004 et de 2005-2009, mais dont l'activité forestière a véritablement pris fin en 2006 pour l'UFG 1 et en 2011 pour l'UFG 2) est périphérique du Parc National de l'Ivindo qui est très riche en faune sauvage avec des importantes populations d'éléphants de forêt (plus de 1000) qui ont été recensées (Vande Weghe, 2006).

Les activités forestières (constructions des routes pour l'exploitation forestière, l'utilisation de la ressource, etc.) engendrent sans nul doute des conséquences (voie d'accès au braconnage, perturbation de l'habitat...) sur l'environnement et la faune qui fréquentent saisonnièrement le Parc National de l'Ivindo et la CFAD de la CEB qui lui est frontalière.

1.1.2. Description du milieu abiotique

- *Géologie et sols*

Selon Martin (1981), Drouineau & Nasi (1999), au Gabon on distingue : le socle archéen (nord, nord-ouest et sud-ouest), la couverture sédimentaire protérozoïque (qui comble les dépressions du socle archéen) et la couverture sédimentaire phanérozoïque (du bassin sédimentaire côtier, à l'ouest, aux plateaux Batékés au sud-est). Les sols des hautes terres intérieures sont jaunâtre à rouge et d'une texture argileuse, à l'exception des plateaux Batékés qui ont été recouverts de sable au cours de l'éocène, entre -53 et -34 millions d'années.

De ce fait, géologiquement, la concession forestière de la CEB repose dans son ensemble sur le socle sédimentaire protérozoïque. Les sédiments sont de type détritique, chimique et pour certains métamorphiques.

La nature et la profondeur des sols au sein de la CFAD varient. Dans notre site d'étude, c'est-à-dire dans la CFAD Milolé de la CEB, les sols sont profonds et présentent un horizon inférieur argilo-sableux et d'un horizon supérieur appauvri en argile et en fer.

- *Relief et Hydrographie*

Le Gabon est un pays accidenté. Les altitudes vont de 0 à 300 mètres dans le bassin sédimentaire et la vallée du fleuve Ogooué ; de 300 à 600 mètres dans la partie centrale du pays et de 600 à 1000 mètres au nord-ouest (les Monts de Cristal), au centre et au sud-est.

De nombreux cours d'eau parcourent le Gabon. Le principal fleuve du pays est l'Ogooué qui prend sa source en République populaire du Congo et traverse le Gabon du sud à l'ouest, sur 1170 km.

Au niveau de la CEB, le relief comprend des plateaux et des collines dont l'altitude varie entre 300 mètres et 700 mètres.

Un réseau hydrographique caractérise la CFAD. Il s'agit du fleuve Ogooué qui sert de limite naturelle, et de plusieurs cours d'eau comme la Lékoni, la Sébé, et la Lassio.

- *Climat*

Le climat gabonais est chaud et humide. Les précipitations annuelles moyennes sont comprises entre 1400 et 3300 mm et la température moyenne annuelle oscille de 23 à 26°C, avec des températures minimales qui restent supérieures à 18°C et des températures maximales qui n'excèdent pas 33°C.

La zone d'étude, située au cœur du domaine équatorial de type austral, est caractérisée par deux types de saisons (figure 2) :

- une grande saison sèche allant de mi-juin à mi-septembre et de décembre à janvier où elle se fait de moins en moins ressentir (ASECNA, 2011);
- une saison de pluie marquée de mi-septembre à mi-décembre et qui baisse de février à juin (ASECNA, 2011).

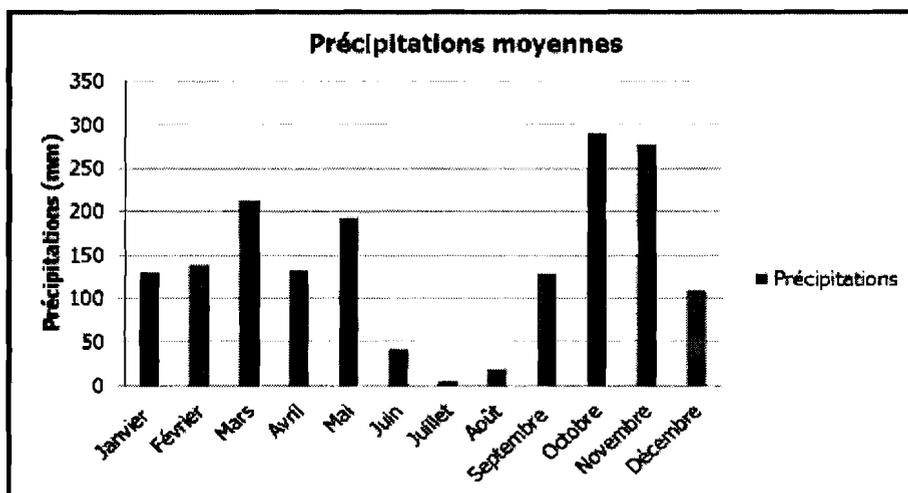


Figure 2 : Précipitations dans la zone d'étude (source : ASECNA, 2011)

Les précipitations moyennes annuelles observées sont de l'ordre de 1300 mm. Et les températures moyennes mensuelles oscillent entre 21°C et 28°C (Bonneau et al, 2008; Jeanmart, 2004).

I.1.3. Description du milieu biotique

- *Faune*

Les treize (13) parcs nationaux que l'on rencontre au Gabon (annexe 2) contribuent à la conservation des quelques 190 espèces de mammifères, 600 oiseaux, 70 reptiles et 100 amphibiens (Delègue et al, 2001). Parmi la faune emblématique du pays, on retrouve les gorilles (*Gorilla gorilla gorilla*), les chimpanzés (*Pan troglodytes*) et les éléphants de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*).

Dans le permis de la CEB, les observations faites dans le cadre des inventaires d'aménagement montrent une grande concentration de populations de la grande faune sauvage au sein de la CFAD. Parmi ces populations, on note des espèces vulnérables, menacées ou en danger d'extinction dont : les primates (*Gorilla gorilla gorilla*, *Pan troglodytes*, *Cercopithecus solatus*), les félins et canidés (*Panthera pardus*, *Profelis aurata*), les éléphants (*Loxodonta africana cyclotis*).

Bien que la densité des grands singes (*Gorilla gorilla gorilla* et *Pan troglodytes*) semble être en baisse (WCS, 2009), les éléphants (*Loxodonta africana cyclotis*) sont fréquemment observés dans de nombreux marigots et baïes de la CFAD (Bonneau et al, 2008).

- *Flore*

La flore du Gabon compte près de 8000 espèces dont 22% sont endémiques (Delègue et al, 2001). La forêt gabonaise est de type ombrophile sempervirente. Selon la classification proposée par Caballé (1978), elle serait divisée en forêt sempervirente de la zone littorale, forêt sempervirente de la zone centrale, en forêt ombrophile semi-sempervirente humide mélangée de la zone orientale et savanes, savanes arbustives ainsi que de mangroves.

Plus localement, le paysage de la CFAD de CEB regorge des écosystèmes variés et dominés par des peuplements à Okoumé (*Aucoumea klaineana*), Sorro (*Scyphocephalum mannii*), Béli (*Paraberlinia bifoliata*). D'autres types de forêts y sont également représentés avec des espèces telles que l'Andoung (*Bikinia* spp. et *Aphanocalyx* spp.), l'Azobé (*Lophira alata*), etc.

Pour conserver ce massif forestier, 10.000 hectares de réserves d'intérêt particulier ont été identifiés dans la CFAD. Il s'agit entre autres de la vieille forêt primaire riche en Caesalpiniaceae dotée d'un fort taux d'espèces endémiques du Gabon et de la forêt sur sol peu profond et les parois rocheuses dans la zone de Milolé frontalière au Parc National de l'Ivindo.

I.2. Historique de la conservation de la nature

I.2.1. Apogée de la conservation de la nature

La conservation de la nature, conservation de la biodiversité, écologie de la conservation ou Conservation est une discipline d'origine anglo-saxonne datant du XVIII^e siècle.

Cette discipline bénéficie de plusieurs définitions selon les textes et les auteurs. Pour Jordan (2000), c'est une « philosophie de la gestion de l'environnement qui n'entraîne, ni son gaspillage, ni son épuisement, ni son extinction, ni celle des ressources et valeurs qu'il contient ».

La Conservation définie par l'UICN, le PNUD et le WWF (1980) comme « la gestion de l'utilisation par l'Homme de la biosphère permettant aux générations présentes de profiter des bénéfices durables, tout en maintenant son potentiel pour répondre aux besoins et aspirations des générations futures» s'apparente à celle des auteurs tels que Jacobs et Monro (1986); McNeely et al (1990); Saunier et Meganck (1995); Caughley et Gunn (1996).

Selon Soulé (1986), la conservation de la nature a donné naissance à la biologie de la conservation. Cette nouvelle science qui implique les principes tels que l'écologie, la biogéographie, la dynamique des populations, etc., est décrite comme « une nouvelle discipline qui s'adresse aux dynamiques et problèmes d'espèces, communautés et écosystèmes perturbés » et dont l'objectif est de « fournir des principes et outils pour la préservation de la diversité biologique ». Elle permet de:

- protéger une espèce rare, ce qui entraîne la protection ou la restauration de ses conditions de vie ou de survie ;
- protéger une population d'individus menacés ;
- protéger un complexe d'habitats naturels.

Nous retiendrons la définition suivante : la Conservation est la gestion planifiée des ressources naturelles ayant pour but leurs utilisations rationnelles afin de satisfaire aux

besoins des générations présentes et futures. De plus, elle permet de maintenir l'équilibre des écosystèmes et de prévenir ou de corriger les dégradations qu'ils pourraient subir.

La Conservation, discipline ancienne, est mondialement ponctuée par la publication de plusieurs ouvrages, à savoir : les fondements d'organismes conversationnistes, environnementalistes, de partis écologistes et surtout de dates de conventions internationales.

I.2.2. Evolution du concept

Depuis plusieurs années, sous la pression de la communauté internationale et des Etats africains, la protection des ressources naturelles est devenue une préoccupation majeure pour les gestionnaires de la conservation de la nature (Christy, 2003). C'est dans cet ordre d'idée que furent créées les premières aires protégées. Mais cette nouvelle forme de conservation présentait des lacunes. En effet, les données sur la faune et la flore semblaient être insuffisantes pour mettre en place des stratégies de gestion et de conservation de ces espaces.

Actuellement, à cause de la diversité biologique et des menaces qui s'exercent sur les forêts tropicales en général et celles du Bassin du Congo en particulier, un nouveau concept, le développement durable, fut introduit lors du deuxième sommet de la Terre (1992). Ce concept vise entre autres la conservation de la diversité biologique.

Peu à peu, des stratégies pour la conservation des ressources naturelles sont mise en place avec des mécanismes administratifs. Des études sont réalisées afin d'enrichir la base de données existantes.

I.3. Cadre légal de la conservation de la nature

I.3.1. Au niveau international et régional

Plusieurs textes (conventions, traités, accords, conférences et diverses initiatives) caractérisent le cadre juridique de la Conservation. On peut citer, par ordre chronologique :

- la convention d'Alger tenue en 1968, relative à la conservation de la nature et des ressources naturelles Africaines. Cette convention, révisée au Mozambique en 2003, vise l'utilisation et la valorisation des ressources naturelles pour le bien-être actuel et futur de l'humanité.

- la convention de Ramsar (1971) sur la protection des zones humides, initiée par les Nations Unies. Ladite convention est une invite aux nations du monde sur la conservation à long terme de ces zones en vue de leurs utilisations rationnelles.
- le premier sommet de la Terre tenu à Stockholm (1972), qui permet de mettre en place un vaste plan d'action pour lutter contre la pollution. Il donna également naissance au Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE).
- la convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES, 1973), dont l'objectif est d'assurer le contrôle de ce commerce et de veiller à ce que cette activité sur des spécimens d'animaux et de plantes sauvages ne menace pas la survie des espèces auxquelles ils appartiennent.
- le deuxième sommet de la Terre à Rio qui s'est achevé par la convention sur la diversité biologique ou convention de Rio (juin 1992). Ladite convention a pour objectifs la conservation, l'utilisation des richesses biologiques ainsi que le partage juste et équitable des bénéfices. Ce sommet permit aussi l'adoption d'une convention cadre sur les changements climatiques (cadre du futur protocole de Kyoto).
- la convention sur la lutte contre la désertification signée en 1994, vise la lutte contre la désertification et l'atténuation des effets de la sécheresse dans les pays gravement touchés par ce problème, en particulier en Afrique, à travers des mesures efficaces basées sur des programmes locaux et soutenues par une coopération internationale.
- La conférence de Kyoto sur le changement climatique (1997) est le début des négociations du protocole de Kyoto sur les réductions d'émissions de dioxyde de carbone. Celle-ci a pour rôle d'empêcher toute perturbation anthropique qui pourrait occasionner des changements climatiques. Elle a réagit sur la réalité du réchauffement climatique de la planète dans la décennie 1990 et reconnue la responsabilité humaine dans ces dérèglements.
- le sommet des Chefs d'Etats d'Afrique Centrale tenu à Yaoundé sur la conservation et la gestion durable des forêts tropicales (1999), qui a permis à ces Etats de réaffirmer leur engagement en faveur de la conservation et de la gestion durable des ressources forestières du Bassin du Congo, en particulier la création des zones protégées transfrontalières.

- le troisième sommet de la Terre à Johannesburg, tenu dix ans après celui de Rio (2002). Ce sommet permis de dresser un bilan sur les actions prises lors du précédent Sommet de la Terre et d'élaborer un plan d'action portant sur un ensemble d'activités et de mesures à prendre afin d'aboutir à un développement durable. Aussi, il vit le lancement de l'initiative sur le partenariat des forêts du Bassin du Congo. C'est lors de ce sommet que le Gabon annonça la mise en place sur tout le territoire d'un réseau de treize parcs nationaux. Aujourd'hui, plusieurs parcs nationaux, à l'exemple de celui de la Lopé-Okanda classé par l'UNESCO, en 2007, comme patrimoine mondial dans le domaine d'écosystème et paysage culturel relictuel, bénéficient d'une administration de gestion des parcs nationaux (ANPN) chargée de mettre en place une politique nationale en matière de conservation des ressources naturelles.
- le deuxième sommet des Chefs d'Etats d'Afrique centrale sur la conservation et la gestion durable des forêts tropicales (février 2005), tenu à Brazzaville afin de dresser un bilan sur les actions menées dans le secteur forestier cinq ans après les résolutions du sommet de Yaoundé et d'établir un consensus international sur le financement du plan de convergence sous-régional pour l'ensemble des interventions pour la conservation et la gestion durable des forêts. Cette plate-forme sous-régionale est le résultat entre autres de la gestion des zones protégées transfrontalières.
- Le sommet dit « Rio+20 », tenu cette année, qui permet de faire le bilan de la convention de Rio vingt ans après et de proposer des pistes de réflexions afin d'atteindre les objectifs fixés en 1992 : conservation, utilisation des richesses biologiques, partage juste et équitable de ces richesses.

I.3.2. Au niveau national

Les dispositions juridiques liées à la conservation de la nature, et singulièrement à la faune et de son habitat revêtent une importance primordiale dans les pays de l'Afrique centrale. Au Gabon, la politique de protection et de valorisation des ressources naturelles repose sur plusieurs lois. La première, la loi n°16/01 du 31 décembre 2001 portant code forestier en République gabonaise qui intègre en plus des aspects socio-économiques, les aspects de la conservation des ressources forestières (la précédente loi n°1/82 du 22 juillet 1982 n'était concentrée que sur des aspects socio-économiques).

La seconde, la loi n°3/2007 du 27 août 2007 relative aux parcs nationaux en République gabonaise, qui vise à promouvoir une politique de protection et de valorisation durable des parcs nationaux.

En plus, des lois précitées, on peut énumérer d'autres textes juridiques allant dans le cadre de la conservation de la nature, il s'agit de :

- le décret n°161/PR/MEF du 19 janvier 2011 fixant les conditions de délivrance des permis et licences de chasse et de capture;
- le décret n°163/PR/MEF du 19 janvier 2011 fixant les conditions de détention, de transport et de commercialisation des espèces animales sauvages, des trophées et produits de la chasse.
- le décret n°164/PR/MEF du 19 janvier 2011 réglementant le classement et les latitudes d'abattage des espèces animales;

De plus, d'autres initiatives sur la conservation et l'utilisation des ressources naturelles sont mises en place dont le plan national d'action environnementale, la stratégie nationale et le plan d'action sur la biodiversité et la stratégie nationale sur la viande de brousse (Binot & Cornelis, 2004).

I.4. Clairières et distribution des éléphants d'Afrique

I.4.1. Importance des clairières pour le suivi des éléphants

Le bai tout comme la saline (annexe 3 et 4) sont des clairières ou des prairies qui sont traversées par des ruisseaux ou rivières et qui regorgent d'éléments minéraux (sodium, calcium, magnésium, phosphore et manganèse) dont les animaux sont friands (Momont, 2007; Encarta, 2008).

Ces espaces où se concentrent un nombre important d'animaux (éléphants, antilopes, gorilles, potamochères, etc.) sont d'une grande importance pour ces derniers qui viennent se nourrir de leur sol pour compenser la pauvreté en minéraux de leurs aliments et neutraliser la toxicité des composants secondaires (alcaloïdes, tanins) contenus dans les feuilles des dicotylédones (Klaus et al, 1998; Houston et al, 2001).

Au-delà de leurs ressources alimentaires, ces clairières offrent des possibilités aux chercheurs d'étudier la dynamique des populations, l'organisation sociale, le comportement des éléphants de forêt et donc leur suivi (Turkalo & Fay, 1995).

Avec le rôle écologique que joue l'éléphant notamment dans la production de la biomasse de mammifères, en dispersant les graines de nombreuses plantes, etc. (White, 1994a, 2001), leur suivi est donc indispensable puisqu'il fournit des informations essentielles qui participent à l'élaboration des stratégies de conservation de l'espèce.

Aussi, à cause de leur ivoire, et de leur viande, les éléphants sont sujets au braconnage, et à des conflits entre gestionnaires des zones protégées et populations vivants dans et autour des dites zones à cause des dégâts provoqués sur les récoltes.

Il est donc crucial d'avoir des informations disponibles sur de telles espèces pour ensuite définir des objectifs de gestion. Car, en plus des raisons de recherche citées plus haut, ces espèces sont également un pôle d'attraction essentiel pour les touristes.

I.4.2. Généralités et aire de distribution des éléphants d'Afrique

- *Classification des éléphants*

L'éléphant est le plus grand mammifère terrestre actuel. Il aurait une origine aquatique et serait phylo-génétiquement proche du groupe des lamantins (Bout, 2011).

En Afrique, il existe une espèce d'éléphant (*Loxodonta africana*) qui comprend deux sous-espèces : l'éléphant de savane (*Loxodonta africana africana*) et l'éléphant de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*).

La base de données de l'UICN (2002) indique que les signes génétiques et les différences écologiques et morphologiques semblent corroborer l'idée que ces sous-espèces pourraient constituer deux espèces distinctes.

L'éléphant appartient au règne animal, à l'embranchement des chordés, à la classe des mammifères, à l'ordre des proboscidiens, de la famille des elephantidea et au genre *Loxodonta*.

- *Caractéristiques morphologiques de l'éléphant de forêt*

Comparé à l'éléphant de savane, *Loxodonta africana cyclotis* se distingue par sa petite taille, des oreilles plus arrondies et des défenses plus minces. Adulte, il peut atteindre 2 mètres de long.

Cette espèce est dotée d'une ouïe et d'un odorat très développés qui lui permet respectivement de capter des infrasons parfois inaudibles par l'humain et de fleurer les

odeurs provenant des individus qui appartiennent à d'autres groupes sociaux et/ou d'espèces différentes.



Photo 1 : *Loxodonta africana cyclotis* (source : Ogombet T., 2011)

- *Comportement et vie sociale*

Les éléphants ont un mode de vie diurne et nocturne et un système social grégaire où mâles et femelles vivent séparés. Les femelles d'une même famille et leurs descendants immatures vivent en groupes matriarcaux. Mais mature, les mâles quittent le groupe pour y vivre en solitaire avec peu de liens sociaux (Kadzo, 1996).

Les mouvements et le domaine vital de cette espèce ne sont pas stables, ils changent avec le temps et en fonction de la disponibilité en eau et en ressources alimentaires.

Herbivores pousseur-brouteur, les éléphants de forêt ont une ration quotidienne allant jusqu'à 200 kg selon l'âge et boivent 100 à 300 litres par jour. Leur régime alimentaire comprend jusqu'à 230 espèces, dont plus de 90% sont constitués par des feuilles, branches, écorces et fruits (White & Abernethy, 1996).

Divers moyens de communication sont observables chez les éléphants, il s'agit de la communication sonore, visuelle, tactile, chimique et par infrasons. Les sons produits par ce dernier type de communication peuvent aller de 5 à 24 Hz sur de longues distances atteignant parfois 4 kilomètres.

D'après une étude de Soltis et al (2005), Soltis (2009) et de Leong et al (2003a), les sons émis par les éléphants sont divers, ils vont de cris à haute fréquence, barrissements, ronflements jusqu'aux grondements (le plus commun des appels) de basse fréquence non perceptibles par l'homme.

Selon Payne et al (2003), cette forme de communication par infrasons est utilisée fréquemment par les femelles. D'après Vannoni et McElligott (2007) et Soltis (2009), ce type de son à structure harmonique sert surtout aux interactions entre groupes, à la reproduction et à la défense du territoire.

- *Distribution panafricaine*

L'éléphant d'Afrique se rencontre habituellement en forêts dense d'Afrique centrale et de l'ouest.

La prédominance de la forêt et de savanes en Afrique centrale parfois difficile d'accès rendent ardue l'obtention d'informations fiables sur les aires de distribution des éléphants. Dans le rapport de la situation des éléphants (UICN, 2002), la superficie totale des aires de distribution pour lesquelles les estimations d'éléphants sont disponibles serait de 1.360.000 km².

Pour le cas spécifique de notre zone d'étude (la CFAD de la CEB), de fortes concentrations d'éléphants ont été observées dans les nombreuses clairières de cette CFAD. Il en est de même au nord-ouest de la CFAD de la CEB, plus précisément dans le Parc National de l'Ivindo qui lui est frontalier, où il a été identifié plus de 1000 éléphants, y compris des individus avec les défenses impressionnantes (Vande Weghe, 2006) dans le bai de Langoué.

I.5. La bioacoustique: un nouvel outil pour le suivi des éléphants

I.5.1. Apogée de la bioacoustique

Habituellement, le recensement et le suivi des populations animales comme celle des éléphants se fait à l'aide des observations visuelles et des observations indirectes (empreintes, crottes, ADN...). Or, pour la plupart, ces méthodes sont rarement répétées car elles sont onéreuses et fortement dépendantes des conditions météorologiques et de l'état du milieu (couvert végétal, zones difficiles d'accès).

Les écosystèmes étant des entités dynamiques et évolutives dans l'espace et dans le temps (Loh et al. 2005) tout comme la biodiversité, alors, les communautés scientifiques ont retenu depuis quelques années l'utilisation d'un type de signal capté à distance, le son, dans le domaine de la bioacoustique (Pavan, 2008).

En effet, le son a été décrit comme un excellent indicateur environnemental capable de faire le suivi de la diversité spécifique animale dans des habitats où les observations visuelles ne sont pas pratiques (Noss, 1990; Baptista & Gaunt, 1997; Payne et al. 2003; George et al. 2004; Pavan, 2008; Thompson et al. 2009; Cornell Lab of ornithology, 2009).

Bien que connu depuis les années 1900, le concept de la bioacoustique ne s'est développé qu'après la seconde partie du XXème siècle. Cette science étudie la production sonore chez l'animal, y compris l'Homme (Pavan, 2008). Elle permet également de comprendre les relations entre les sons produits par les animaux et l'environnement dans lequel ils sont émis.

Les enregistrements sonores des animaux furent utilisés à des fins diverses. D'après Ranft (2004), les premiers enregistrements furent employés autour des années 1900 avec les oiseaux sauvages par Cherry Kearton qui effectuait une étude sur la grive musicienne et le rossignol philomèle en Angleterre. Plus tard, en Amérique, le son des oiseaux a servi pour la cinématologie en 1929 et à la systématique des sons d'animaux en 1950, ce qui a conduit à la création de la Librairie Macaulay des Sons Naturelles de l'Université de Cornell aux Etats-Unis (Ranft, 2004).

Présentement, cette approche scientifique en plein expansion s'applique autant aux animaux terrestres qu'aquatiques.

I.5.2. Evolution du concept

La bioacoustique qui fût appliquée timidement au XXème siècle, a connu un essor considérable sur ses applications.

Actuellement, des laboratoires de recherches tels que Cornell Lab of ornithology de l'Université de Cornell aux USA, s'appuient sur l'étude du son de plusieurs espèces animales (baleines, insectes, oiseaux, éléphants...) beaucoup plus en étudiant leur comportement, les caractéristiques de l'environnement, de même que leur taxonomie.

Le son définit selon Bradbury et Vehrencamp (1998) comme une onde sinusoïdale se propageant dans le but de rendre effective la communication entre un émetteur et un récepteur, se caractérise principalement par:

- ✦ L'amplitude qui mesure l'ampleur de l'oscillation d'une onde en décibel (dB) (Bradbury & Vehrencamp, 1998);
- ✦ La fréquence (Hertz) qui est le nombre de cycles par seconde d'une onde donnée (Bradbury & Vehrencamp, 1998);
- ✦ La durée (s) qui combinée à l'amplitude, permet de décrire les signaux produits par les animaux (Brumm, 2004).

Ces sons varient d'une espèce à une autre, en fonction de leur comportement social, et des contraintes environnementales (Obrist et *al.*, 2010).

- *Publications*

Bien que limités à un ensemble d'espèces remarquables, de plus en plus des travaux de recherches en faune utilisent l'approche bioacoustique qui compte une variété de logiciels (RAVEN, XBAT, SAS-Lab Pro, Syrinx-PC...) adaptés pour analyser les données provenant des unités d'enregistrements autonomes (Obrist et al. 2010; Blumstein *et al.*, 2011).

Ainsi, à l'aide des unités acoustiques placés en zones forestières, des chercheurs tels que Thompson (2009); Thompson et al. 2009) se sont penchés sur la structure des comportements des populations d'éléphants d'Afrique dans les habitats où les méthodes des relevés visuels sont largement impraticables. L'objectif étant d'obtenir des renseignements sur la dynamique du mouvement des éléphants et leur réponse à des stimuli d'origine anthropique.

Autant, Soltis et al. (2005), Leong et al. (2003b) ont travaillé sur cette même espèce. Ces derniers ont par contre utilisé des colliers équipés de microphones et radio émetteurs

combinés avec la surveillance vidéo pour étudier les vocalisations des éléphants captifs par rapport à leur contexte social et en matière de reproduction.

L'étude de Thompson et al. (2009) a fourni pour la première fois dans la zone de conservation de Kakum (Ghana) des données acoustiques de jour sur l'estimation de la population des éléphants, à partir d'un protocole qui intègre une première méthode de calcul. Ils ont ensuite comparé les données aux estimations obtenues en 2000 par comptage des bouses d'éléphants et par identification génétique.

Un total de 3898 appels d'éléphants a été détecté pendant 38 jours, avec une estimation de 350 éléphants (95% IC : 315–384), contre 294 éléphants (95% IC : 259–329) par comptage de crottes et 225 éléphants acquis génétiquement. Les trois méthodes indirectes convergent toutes sur la conclusion selon laquelle un grand nombre d'éléphants sont concentrés dans le parc national de Kakum. Thompson et al. (2009) pensent donc que la bioacoustique est un outil d'avenir pour estimer et suivre d'une part les populations d'éléphants et la faune en général, et de déceler les bruits d'origine anthropique qui pourraient être associés au braconnage, d'autre part.

Au Gabon, le suivi acoustique des éléphants amorcé en 2007 dans les baïes de trois parcs nationaux et leurs zones périphériques (dont Ivindo et Plateaux Batékés), s'étend peu à peu dans les séries de conservation des concessions forestières qui se sont engagées dans la gestion durable de leurs ressources naturelles. Il ressort des données obtenues en combinant l'approche bioacoustique aux observations visuelles (entre juillet 2007 et juin 2008), que 80% des activités des éléphants sont produites la nuit, et que les groupes qui fréquentent la majorité de ces baïes le jour diffèrent de ceux qui les visitent la nuit (Wrege et al. 2011).

Aussi, une autre étude évaluant les impacts à court terme de l'exploration pétrolière sismique dans le parc national de Loango (ouest du Gabon) sur les éléphants de forêt a montré contrairement aux attentes des chercheurs que ces espèces n'ont pas quitté la zone d'exploitation mais, elles sont devenues plus actives la nuit. Par contre, cette exploitation minière a engendré une augmentation des activités humaines dans la zone. Lesquelles activités pourraient avoir des répercussions à long terme sur la faune sauvage (Wrege et al. 2010).

Par ailleurs, le suivi des éléphants par observations directes dans deux clairières (petit baï et grande saline) de la CFAD de Milolé de la CEB de juin 2010 à septembre 2011 a décelé

le comportement inhabituel des éléphants aux baïes : agressifs, passent moins de temps aux baïes et s'enfuient dès qu'ils repèrent les observateurs sur la plate forme. De plus, les données acoustiques obtenues en 2010 dans la même zone viennent corroborer le caractère nocturne des éléphants avec un taux de 90%.

De ces études, plusieurs interrogations peuvent se poser face au changement comportemental déjà observé. Ce comportement serait-il lié:

- ✦ aux activités anthropiques autour des baïes?
- ✦ à une absence de ressources alimentaires dans la zone, les obligeant à prospecter d'autres zones plus riches et à venir la nuit aux baïes pour se ressourcer en sels minéraux?
- ✦ à la période de reproduction? Car les appels de protestation et de rugissements étaient significativement plus fréquents pendant la nuit.

Chapitre II : Structure d'accueil et cadre de l'étude

II.1. WCS-Gabon et ses projets nationaux en bioacoustique

La Wildlife Conservation Society (WCS) a été créée en 1895 aux Etats-Unis d'Amérique (USA). C'est une Organisation Non Gouvernementale (ONG) dont l'objectif est la préservation de la nature, de la faune sauvage et de la flore dans le monde.

Elle est présente dans 20 pays d'Afrique, notamment au Gabon où elle a accompagné en 2002 le Gouvernement gabonais dans la création de ses 13 parcs nationaux (annexe 2).

Actuellement, le WCS-Gabon qui intervient dans 9 parcs, notamment le Parc National de l'Ivindo, au nord-est du Gabon, met l'accent sur les activités qui portent sur les thématiques suivantes : faune et foresterie ; faune et pêche ; formation professionnelle continue et monitoring biologique.

S'agissant du volet faune et foresterie, les travaux de recherche de cette ONG concernent entre autres : le suivi acoustique des éléphants de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*) aux baïs dans trois parcs nationaux (Plateaux Batékés, Ivindo et Mwagna) et dans les concessions forestières et/ou minières qui sont à leurs périphéries (cas de la CFAD de la CEB, au sud-est du Parc National de l'Ivindo).

II.2. Justification de l'étude

II.2.1. Objectifs de l'étude

Dans le souci de renforcer le suivi des éléphants dans les écosystèmes périphériques aux parcs nationaux gabonais, cette étude a pour objectif général de déterminer les réponses des éléphants face aux activités anthropiques dans la concession forestière de la CEB. Plus spécifiquement, il s'agit de:

- évaluer les fréquentations saisonnières des éléphants dans le petit baï et la grande saline de l'Unité Forestière d'Aménagement (UFA) de Milolé de la CFAD de la CEB;
- caractériser le comportement des éléphants face aux activités humaines (c'est-à-dire l'équipe des observateurs WCS, chasse et activité forestière) identifiées au sein de l'Unité Forestière d'Aménagement (UFA) de Milolé de la CFAD de la CEB.

II.2.2. Intérêt de l'étude

Notre projet est une suite logique des travaux portant sur le suivi aux baïs des éléphants de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*) par observations directes dans et en périphérie du Parc National de l'Ivindo.

En effet, cette nouvelle approche bioacoustique visent une meilleure connaissance sur l'écologie des éléphants de forêt en vue de renforcer les efforts de protection et de conservation dans les zones écologiquement fragiles ou à haute valeur de conservation.

Aussi, l'étude fournira des informations supplémentaires qui permettront aux gestionnaires des parcs nationaux du Gabon et à la CEB qui s'est engagée à respecter les principes et critères de la certification Forest Stewardship Council (FSC), de mettre en place de bonnes pratiques de gestion forestière afin de limiter les impacts environnementaux sur la biodiversité en général et des éléphants en particulier. Ces mesures de gestion permettront, entre autres, de maintenir le fonctionnement des écosystèmes, d'offrir des possibilités de visite à des fins scientifiques, éducatives, et touristiques, dans les zones de protection (parc national, série de conservation, etc.).

SECONDE PARTIE : PHASE EXPÉRIMENTALE

Chapitre I : Méthodologie de l'étude

Pour atteindre les objectifs de notre étude, nous avons procédé à la recherche bibliographique, à la collecte, au traitement et à l'analyse des données.

I.1. Recherches bibliographiques et webographiques

Cette phase qui permet de circonscrire notre étude, nous a permis de capitaliser et de synthétiser les travaux qui sont en rapport avec notre problématique. La revue de la littérature s'est effectuée dans les bibliothèques du WCS.

I.2. Collecte des données de terrain

Pour cette phase, deux méthodes ont été utilisées: la surveillance acoustique et l'observation directe aux différentes clairières.

I.2.1. Dispositif expérimental

I.2.1.1. Surveillance acoustique

- *Localisation des ARU*

Pour disposer des données acoustiques des éléphants au sein d'une concession forestière, nous avons choisi deux sites d'échantillonnage dans la CFAD de la CEB dans lesquels sont installées les unités d'enregistrement autonome (ARU, en figure 3).

Le premier site est le petit baï (N 9958268, E 243730) et le second est la grande saline (N 9959303, E 242027), tous situés principalement dans l'assiette annuelle de coupe (AAC) 2007 de l'Unité Forestière d'Aménagement de Milolé frontalière au sud du baï de Langoué, dans le Parc National de l'Ivindo.

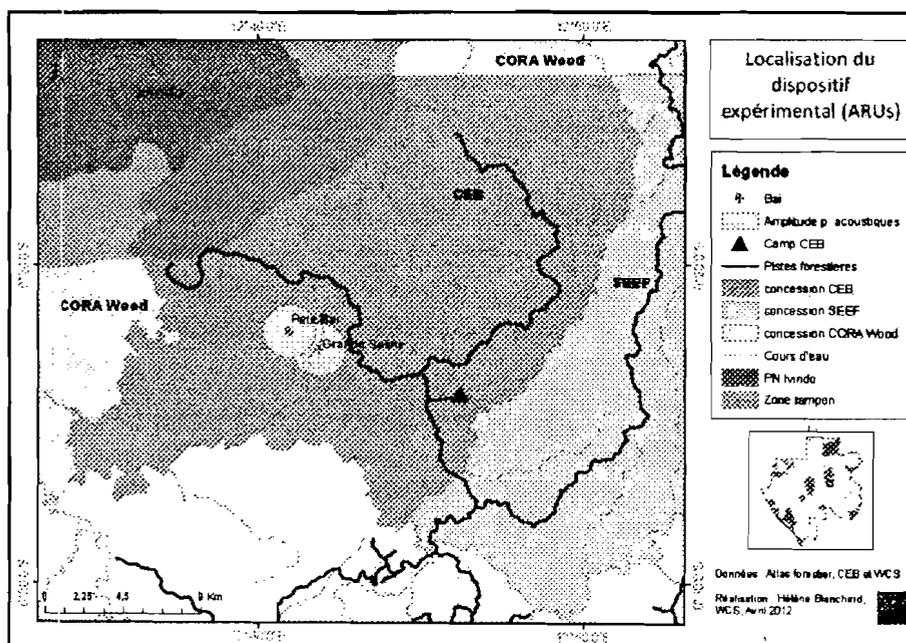


Figure 3: Localisation du dispositif expérimental (ARU)

- *Installation des ARU*

Dans chaque site, une unité d'enregistrement autonome (ARU) a été positionnée à un tronc d'arbre d'une hauteur allant de 7 à 15 m (photo 2), pendant 21 semaines, d'avril à août 2011 (donc durant 5 mois x 30 jours).

Cependant, l'enregistrement en continu (24h/24) des vocalisations d'éléphants sur une surface de plus de 2 km² a nécessité le paramétrage (annexe 5) des ARU (réglage de l'ampérage, du microphone, de l'heure d'enregistrement (24h00...) puis leur emplacement dans une boîte plastique pour les protéger de la pluie, du vent, etc.



Photo 2 : ARU installé (source: Ogombet T., 2011)

Par ailleurs, des points GPS ont été pris après chaque installation des ARU afin de les retrouver plus facilement et de les cartographier.

- *Acquisition des données*

Pendant 21 semaines, les signaux ont été numérisés à toutes les heures de la journée et stockés sur des cartes mémoires. Les fichiers numériques audio ainsi obtenus des ARU ont été transférés dans un ordinateur doté du programme de conversion des données WAC2WAV 2.5.

Ce programme WAC2WAV 2.5 transforme les données téléchargées sur cartes mémoires du format WAC en format WAV lisible par le logiciel de traitement de ces données, RAVEN pro 1.4.

I.2.1.2. Observations directes

Au sein de la CFAD de Milolé de la CEB, une équipe composée de trois (3) assistants de recherche réalise alternativement des observations directes qui permettent d'identifier les éléphants et de déceler leur comportement. Ces observations se déroulent principalement de jour dans chacune des clairières (petit bai et grande saline) de 7h30 à 16h00 et quelques rares fois de 18h30 à 6h00. S'agissant de notre période d'étude, trois missions ont été organisées respectivement du 22 mars au 20 avril; 19 mai au 28 juin et 09 juillet au 10 août 2011.

Par ailleurs des marches de reconnaissance sont effectuées autour des clairières et sur d'anciennes routes de l'exploitation forestière.

I.2.2. Paramètres observés

Les paramètres que nous avons observés tout au long de notre étude sont : la fréquence (Hz), le temps (s), la variabilité temporelle et saisonnière des vocalisations ou des appels jours/nuits des éléphants dans les deux clairières de l'UFA Milolé de la CFAD de la CEB, les coups de feu et le comportement de ces individus.

I.2.3. Matériel et ressources humaines mobilisés

Pour mener à bien notre collecte des données, nous avons eu recours au matériel et aux moyens humains qui sont listés en annexe 6.

I.3. Traitements et analyses des données

I.3.1. Analyses des données

I.3.1.1. Analyses des données acoustiques

o Principe de l'analyse avec RAVEN Pro 1.4

Pour enregistrer, traiter, analyser et visualiser nos données acoustiques, nous avons eu recours à RAVEN PRO 1.4, un logiciel qui a été développé aux USA, par le programme de recherche bioacoustique de l'université de Cornell.

Comme les ARU captent dans le milieu naturel les sons provenant de sources distinctes (animaux, humains) et puisqu'il n'est pas possible de traiter toutes les vocalisations d'une espèce animale donnée 24h/24, le projet d'écoute d'éléphants (ELP) a retenu une méthodologie qui facilite le traitement et l'analyse des données dans RAVEN pro 1.4.

Pour ce qui sont des sons émis par les éléphants durant 21 semaines, nous avons d'abord dressé un calendrier (voir annexe 7) qui définit les jours choisis aléatoirement pour

l'analyse des données et nous avons écouté et visualisé les bandes d'enregistrements dans RAVEN PRO 1.4 aux heures d'analyse définies dans le protocole de Wrege (2011).

En effet, pour les 21 semaines assignées à la collecte des données sur les deux sites, trois (3) jours ont été choisis chaque semaine et de façon aléatoire, soit un total de 63 jours pour lesquelles les données enregistrées ont été analysées.

Ainsi, pour chaque jour choisi, des bandes (espaces) d'enregistrements ont été écoutées et visualisées aux heures suivantes: 6h00-7h00, 10h00-11h00, 14h00-15h00, 18h00-19h00, 22h00-23h00, et 2h00-3h00 avec un intervalle de 4 heures, soit 6 heures d'analyse/jour. L'objectif étant d'identifier les harmoniques (signes visuels) qui témoignent de la présence des éléphants et les signes des activités humaines (coup de feu, etc.) (Wrege et al. 2011).

Chaque signe vu a été sélectionné et enregistré automatiquement dans le tableau de sélection de RAVEN PRO 1.4 au format texte (figure 5). Les données obtenues étaient compilées dans un fichier Excel pour des traitements statistiques avec des logiciels appropriés (Excel, R, etc.).

Ajoutons qu'au-delà de l'activité des éléphants dans les deux clairières, nous avons également effectué un suivi des sons d'origine anthropique, principalement les coups de feu. Le but étant de déceler les signes des activités humaines qui peuvent influencer les fréquentations des éléphants dans les sites échantillonnés.

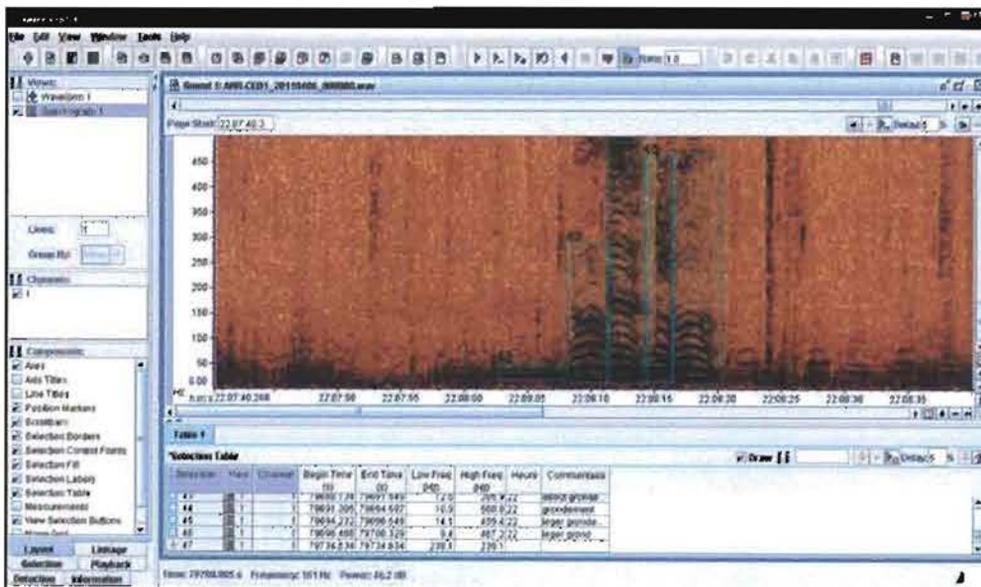


Figure 4: Sélection des harmoniques des éléphants (en bleu)

Contrairement au procédé employé pour l'analyse des sons émis par les éléphants, les coups de feu ont été analysés sur tous les fichiers numériques enregistrés et à chaque heure.

- **Analyses statistiques des données acoustiques**

L'analyse statistique de nos données acoustiques a été réalisée avec le test t de Student qui nous permet de mieux comparer les moyennes de nos deux échantillons. Le choix de ce test porte sur la taille (>30) des échantillons que nous avons.

I.3.1.2. Analyses des données d'observations directes

L'analyse des données collectées par les assistants de recherches a tenu compte de la période à laquelle les enregistreurs acoustiques ont été placés aux baïs. Ainsi, une proportion des éléphants qui s'enfuient dès la présence humaine, la durée moyenne de visite d'un éléphant aux baïs, ainsi que la structure de la population ont pu être examinées en fonction des jours d'observations.

Par ailleurs, une comparaison des données de la même période d'étude est faite entre les clairières de la CFAD Milolé de la CEB et le baï de Langoué du Parc National de l'Ivindo sur la proportion des éléphants qui s'enfuient ou non face à la présence humaine et la durée moyenne de visite d'un éléphant aux baïs.

I.3.2. Traitement des données

- *Calcul des appels/jour*

Les données compilées sur fichier Excel ont permis de trier et d'obtenir par tableaux croisés, le nombre total des sons émis par les éléphants durant 63 jours (exemple de tableau en annexe 8 et 9).

Par ailleurs, les tableaux croisés obtenus ont facilité l'application des formules standards (Wrege et al. 2011) qui déterminent le nombre de vocalisations ou d'appels/jour des éléphants qui ont fréquenté le petit baï et la grande saline.

Les formules sont les suivantes:

$$\text{Total vocalisation/jour} = \text{Total vocalisations de la journée (06h00-17h59)} + \text{Total vocalisations de la nuit (18h00-05h59)}.$$

Avec :

✚ **Total vocalisations de la journée** (06h00-17h59) = 2.625 + 0.713 (vocal06¹)
+4.128 (vocal10²) +2.443 (vocal14³) +0.950 (vocal18⁴);

✚ **Total vocalisations de la nuit** (18h00-05h59)= 10.008+1.144 (vocal18) +2.88
(vocal22⁵) +4.732 (vocal26⁶).

Soulignons que les ARU ont été programmés pour enregistrer des données de 6h à 23h59min. Or, dans les 6 heures pour lesquelles les données sont analysées chaque jour, l'analyse prend en compte les 2 heures du lendemain.

- *Traitement supplémentaire*

En plus des traitements effectués plus haut, l'utilisation de ArcView, du logiciel « R » et de Excel, nous a permis, respectivement de concevoir les cartes à partir des coordonnées géographiques relevées, d'effectuer des calculs statistiques (test t de Student) et d'élaborer des graphiques et tableaux.

¹ Vocalisations enregistrées à 6 heures

² Vocalisations enregistrées à 10 heures

³ Vocalisations enregistrées à 14 heures

⁴ Vocalisations enregistrées à 18 heures

⁵ Vocalisations enregistrées à 22 heures

⁶ Vocalisations enregistrées à 26 heures c'est-à-dire à 02heures du lendemain

Chapitre II : Résultats

Les données acoustiques enregistrées durant cinq (5) mois dans les deux clairières de l'UFA 2 exploitée de 2000-2004 et de 2005-2009 à partir du chantier de Milolé de la CEB, nous ont permis d'obtenir les résultats que nous présentons ci-dessous.

II.1. Evaluation de la fréquentation des éléphants dans le petit baï

II.1.1. Fréquentation moyenne mensuelle des éléphants

La figure 5 donne une vue sur les vocalisations moyennes mensuelles des éléphants qui ont fréquenté la zone du petit baï durant cinq (5) mois, d'avril à août 2011.

Nous observons une variation au niveau des fréquentations mensuelles des éléphants au petit baï. Une prédominance de la biophonie est observable en avril (mois inclus dans la période de la saison pluvieuse) avec une moyenne de 99,40 appels, contrairement aux quatre (4) autres mois (mai, juin, juillet, août, correspondant tous à la grande saison sèche) où les vocalisations des éléphants sont faibles (<50 appels).

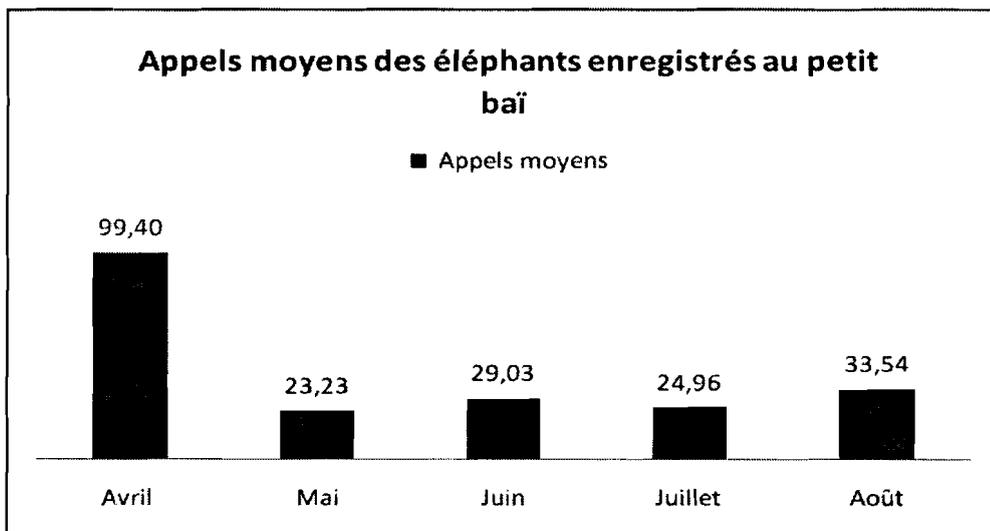


Figure 5: Nombre moyen de vocalisations des éléphants par 24 heures au petit baï

II.1.2. Fréquentation des éléphants au cours des différentes périodes de la journée

A partir des enregistreurs acoustiques autonomes, nous avons pu évaluer l'activité des éléphants aux différentes périodes de la journée. La figure 6 présente la variation journalière du nombre de vocalisations des éléphants qui ont été détectées durant 63 jours, sur un espace de 2 km² autour du petit baï.

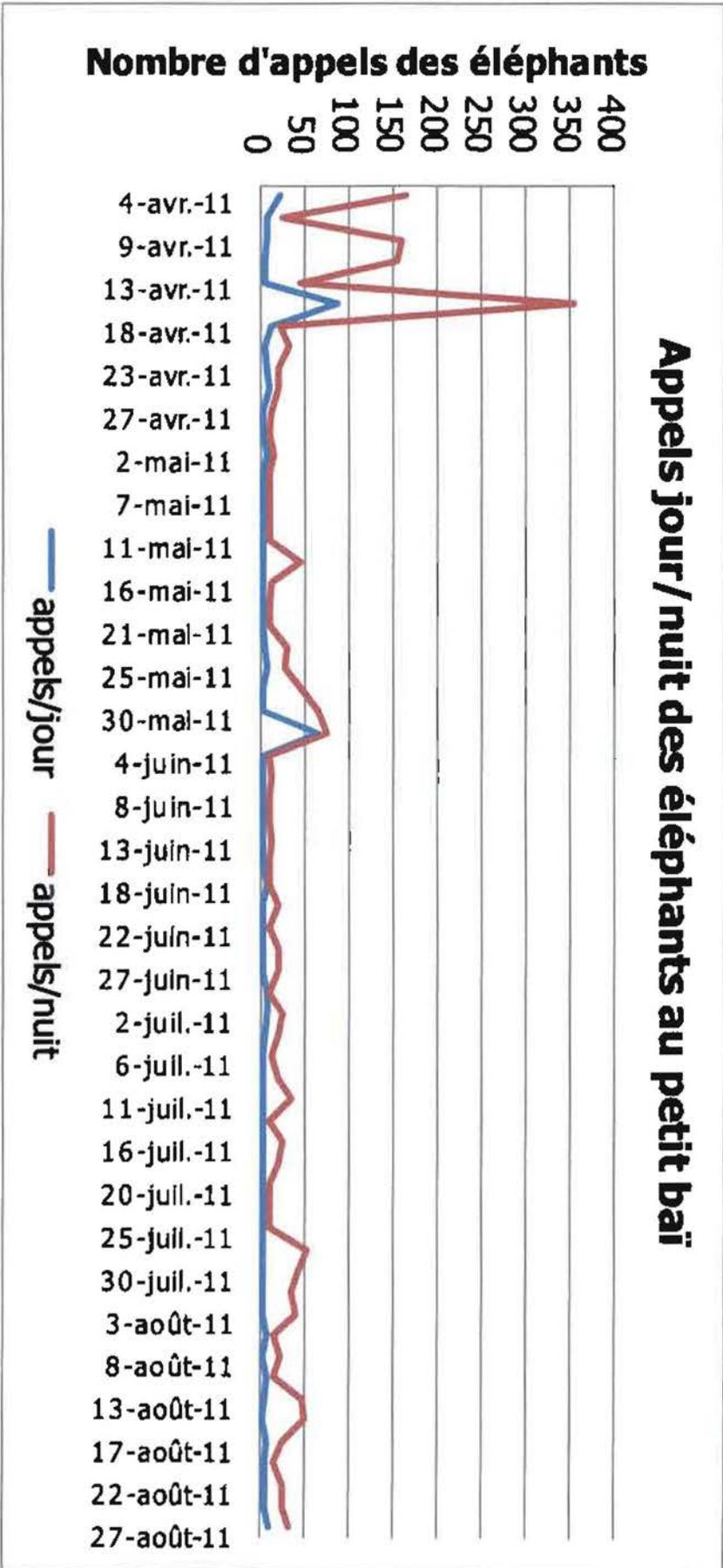


Figure 6: Variation journalière du nombre de vocalisations des éléphants au petit bai

Le graphique montre que les fréquentations des éléphants sont plus importantes la nuit.

Le jour, à l'exception des pics observés le 16 avril et le 1^{er} juin où l'activité des éléphants a été importante, avec respectivement 87 et 64 appels, celle-ci est très faible et quasiment constante en mai, juin et juillet. Au vu de ces observations, nous pouvons dire que les éléphants ont peu fréquenté la zone du petit baï, la journée.

Par contre la nuit, les éléphants sont plus actifs au petit baï. En effet, on observe une variation des vocalisations considérable aux jours suivants : 4 avril (164,32), 9 avril (159,77) et 16 avril (354,78), le 14 mai (44,57), le 1^{er} juin (75,84), le 27 juillet (52,59) et le 13 août (48,18). Par contre, les appels des éléphants détectés du 18 avril au 15 mai et du 4 juin au 27 juillet 2011 ont peu varié.

Par ailleurs, avec une valeur de probabilité $P > 0,05$, nous pouvons affirmer par le test de Student qu'il y a une différence significative (moyenne = 27,59; 95% IC 20.42-34.77; $p = 1,47 \times 10^{-12}$) entre les données de jour et de nuit du petit baï.

II.2. Evaluation de la fréquentation des éléphants dans la grande saline

II.2.1. Fréquentation moyenne mensuelle des éléphants

La variation en nombre de vocalisations moyennes des éléphants dans notre second site d'étude (figure 7) montre que seul le mois d'avril 2011 a eu un grand nombre de vocalisations des éléphants à la grande saline tout comme dans le premier site (petit baï), avec une moyenne de 101,30 appels. Ce qui n'est pas le cas pour les quatre (4) autres mois (mai, juin, juillet, août) où le nombre d'appels est moins important (< 50).

Notons que juillet est le mois qui a enregistré le moins de vocalisations, avec une moyenne de 23,80 appels.

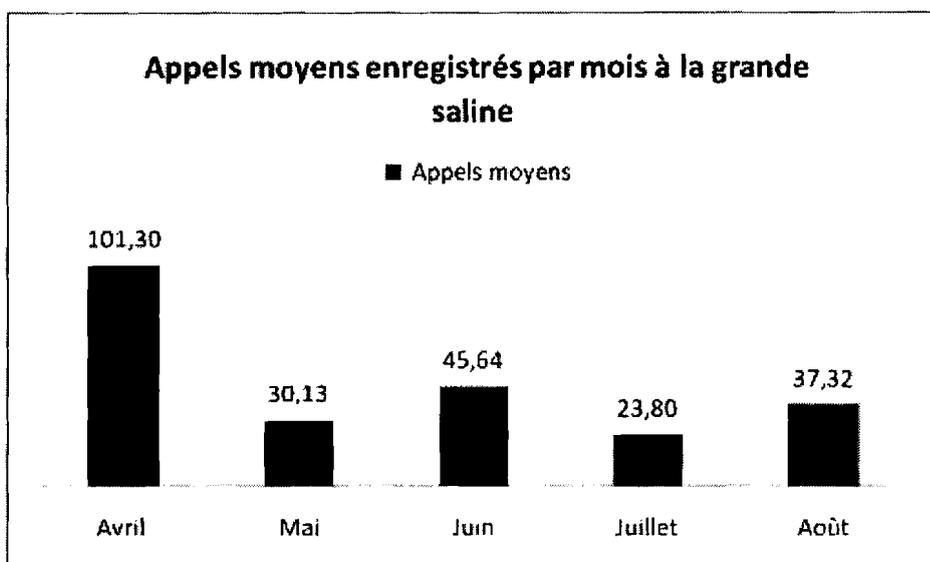


Figure 7: Nombre moyen de vocalisations des éléphants par 24 heures à la grande saline

La grande saline où les données de janvier à mars 2011 (tableau 1) ont été analysées par Manvoudou (2011), révèlent que l'activité des éléphants fut très importante au cours des trois (3) premiers mois de l'année 2011. Cependant, cette dernière baisse considérablement à partir du mois d'avril 2011.

Tableau1 : Appels moyens obtenus de janvier à mars 2011 à la grande saline

Site	Appels moyens		
	Janvier	Février	Mars
Grande saline	143,8	140,02	428,96

Source : MANVOUNDOU O., 2011

II.2.2. Fréquentation des éléphants au cours des différentes périodes de la journée

La figure 8 présente la variation journalière du nombre d'appels des éléphants dans un espace de 2 km² autour de la grande saline et a permis de faire ressortir sur un échantillon de 63 jours deux types d'activités des éléphants : une activité diurne et nocturne.

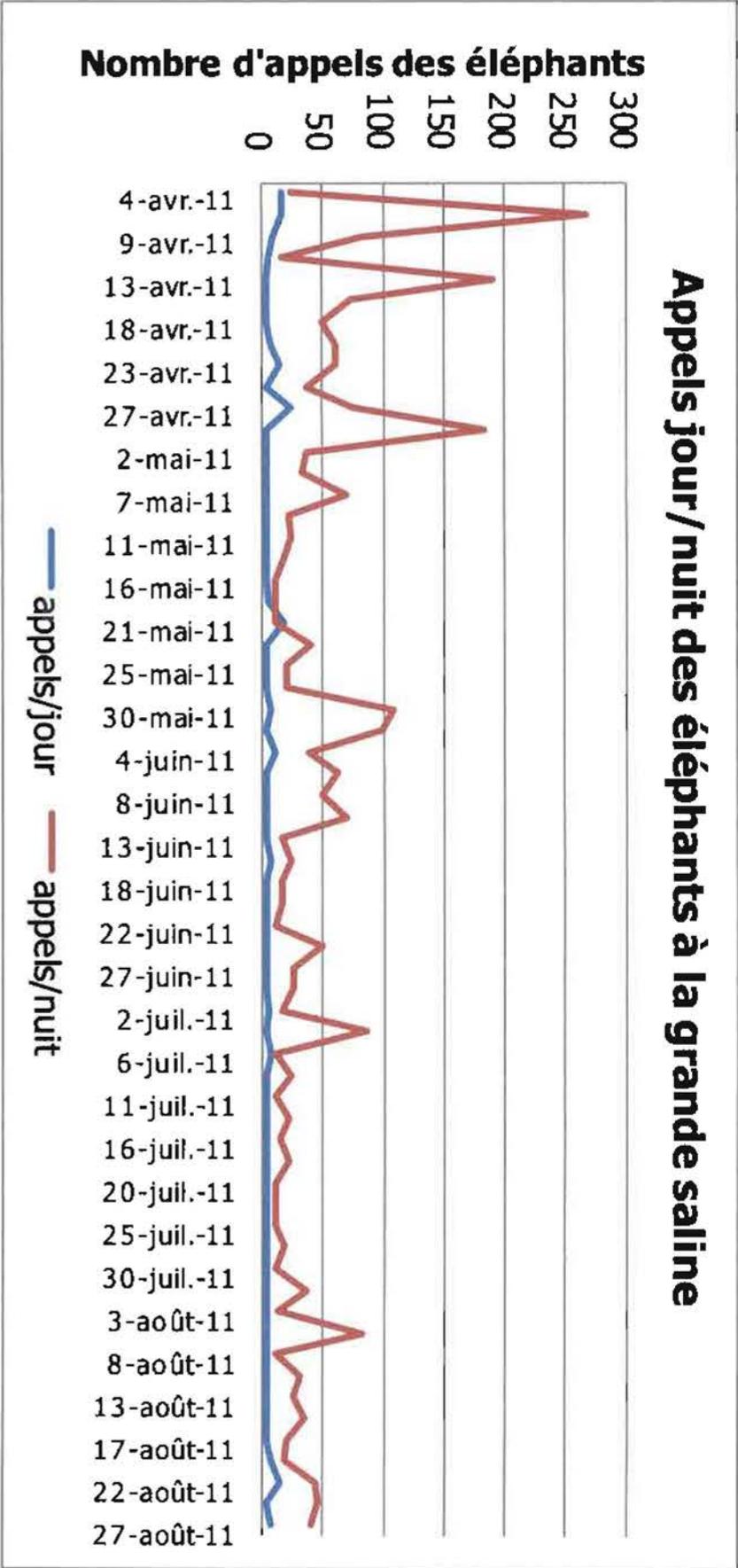


Figure 8: Variation journalière du nombre de vocalisations d'éléphants à la grande saline

Nous remarquons que les éléphants sont très actifs la nuit avec plusieurs pics ≥ 50 appels, dont le plus important est celui du 6 avril 2011 (266,88 appels). Mais, leur fréquentation est infime le jour.

En effet, par le test t de Student, nous pouvons donc attester avec une valeur de probabilité $P > 0,05$ de la disparité significative (moyenne = 31,69; 95% IC 25.56-37.83; $p = 2,2 \times 10^{-16}$) entre l'activité diurne et nocturne.

II.3. Fréquentation des éléphants sur l'ensemble des sites

II.3.1. Fréquentation moyenne mensuelle des éléphants dans les deux sites

La figure 9 présente la variation du nombre moyen de vocalisations des éléphants dans le petit baï et la grande saline.

Dans l'ensemble des deux sites, une tendance similaire est observable pour ce qui est de la fréquentation mensuelle des éléphants. C'est-à-dire que la fréquentation de l'espèce est moins marquée de mai à août.

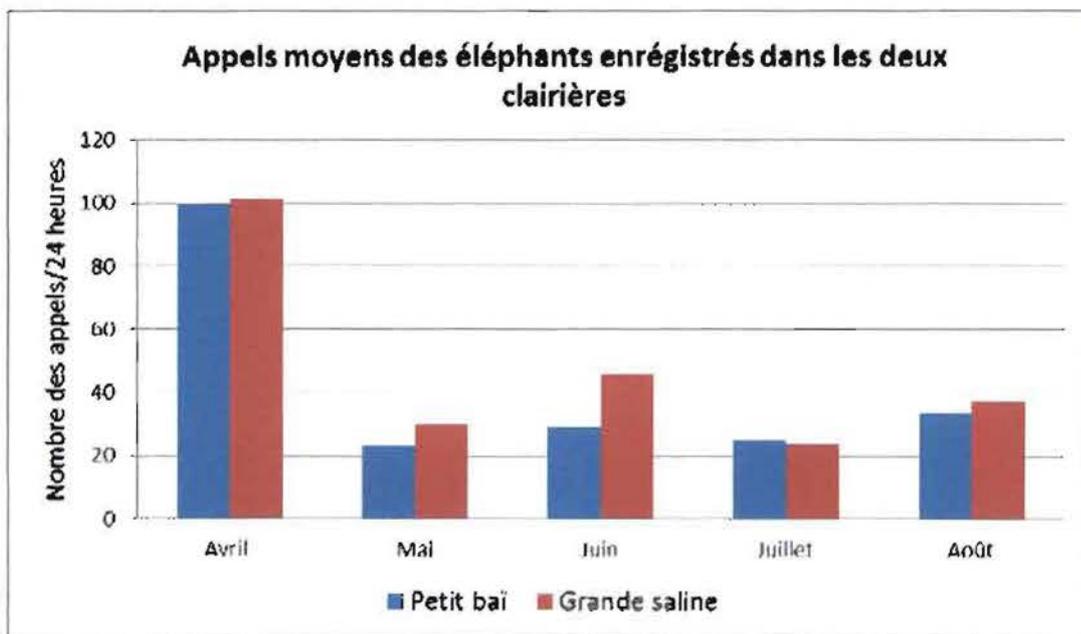


Figure 9: Nombre moyen de vocalisations des éléphants par 24 heures dans les deux clairières

II.3.2. les vocalisations enregistrées le jour dans les deux sites

La figure 10 ci-dessous permet de comparer le nombre d'appels des éléphants dans les deux clairières et donc de commenter l'activité diurne des éléphants dans les deux sites.

Statistiquement, la comparaison de moyennes par le test t de Student dans les deux sites montre qu'il existe une différence considérable pour ce qui est de l'activité diurne des éléphants dans les deux sites, avec une valeur de probabilité égale à 1.091×10^{-09} , donc $p < 0,05$.

En effet, par rapport à la figure 10, les éléphants sont plus présents le jour dans le petit baï que dans la grande saline.

Appels jour des éléphants dans les deux clairières

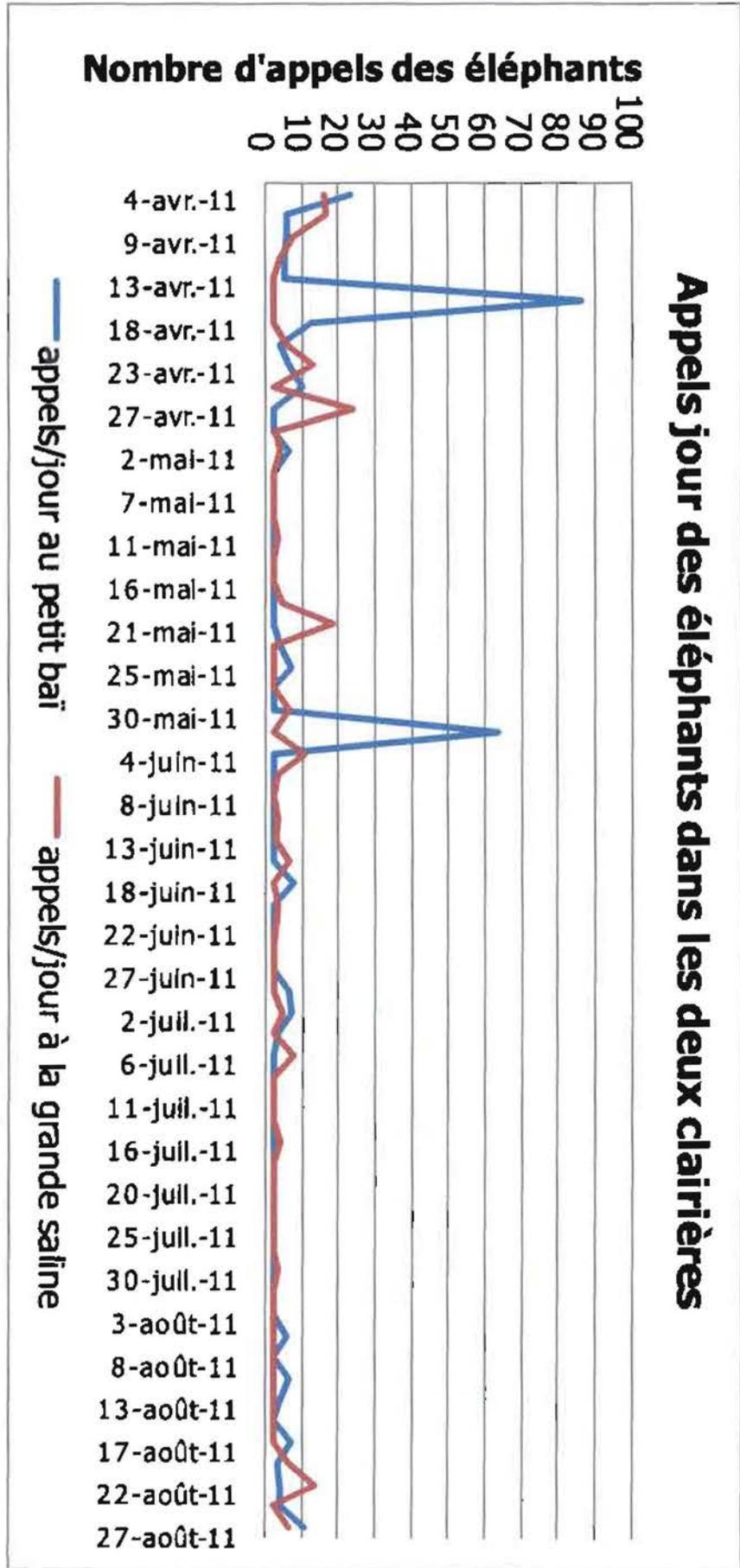


Figure 10: Variation du nombre de vocalisations jour des éléphants dans les deux clairières

II.3.3. les vocalisations enregistrées la nuit dans les deux sites

Bien que l'activité nocturne dans les deux sites soit intense dans l'ensemble des sites, une dissemblance (moyenne=38,71 ; $p=1.047^e (-14)$; 95% IC 29,98-47,44) existe tout de même entre les sites avec une valeur de probabilité $p<0,05$.

La comparaison entre les deux sites par rapport à l'activité nocturne des éléphants (figure 11) montre que mis à part quelques périodes où la fréquentation des éléphants a été basse dans la grande saline, celle-ci serait plus intense la nuit dans ce site.

Aussi, lorsque la présence des éléphants est considérable dans un site, elle l'est moins dans le second site, et vice versa.

Appels nuit des éléphants dans les deux clairières

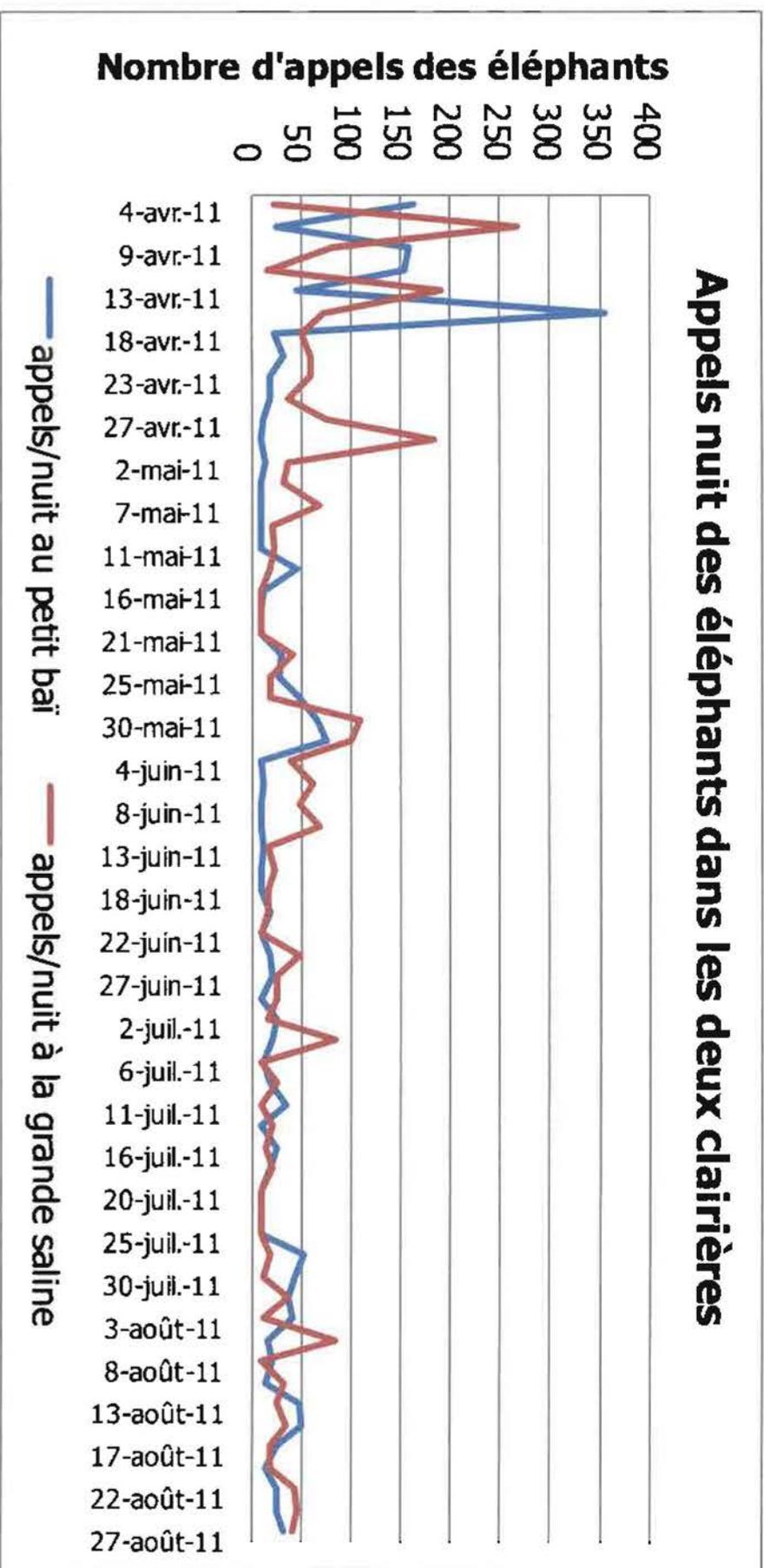


Figure 11: Variation du nombre de vocalisation nuit des éléphants dans les deux clairières

II.3.4. Les heures d'affluence des éléphants

La figure 12 ci-dessous nous présente les sons émis par les éléphants aux différentes heures de la journée.

A travers les sons obtenus, nous pouvons dire que les éléphants fréquentent les deux clairières de la CFAD de Milolé à toutes les heures. Mais, leurs visites sont plus grandes la nuit c'est-à-dire à partir de 18 heures. Nous constatons qu'au-delà de 2 heures, cette espèce est de moins en moins présente dans lesdites zones. Aussi, cet histogramme vient corroborer avec les observations qui ont été faites sur l'activité journalière des éléphants au petit baï et à la grande saline (figures 6 et 8).

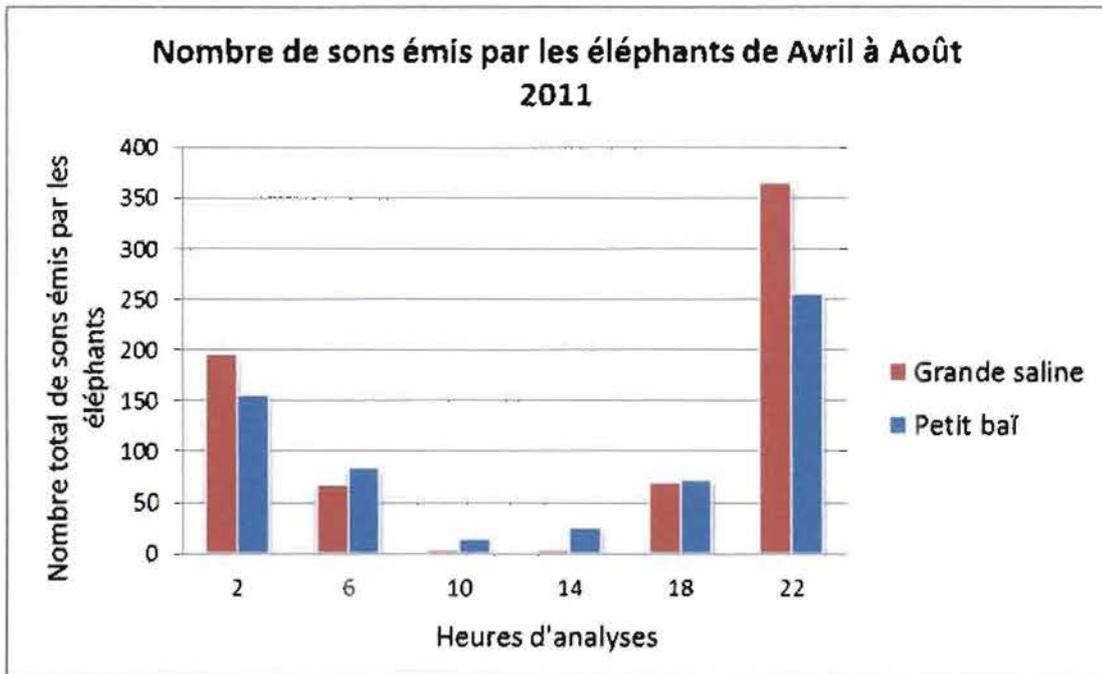


Figure 12: Heures d'affluence des éléphants dans les deux clairières

II.4. Indices des activités anthropiques

Concernant les indices des activités humaines, deux catégories d'indices sont évoquées dans ce document. Il s'agit des indices directs comme les coups de feu détectés par l'acoustique et des indices indirects (carcasses d'éléphants, fumoirs, pièges, douilles, etc. identifiés pendant les marches de reconnaissance).

II.4.1. Détection acoustique des coups de feu dans les deux clairières

Dans l'ensemble, cinq (5) coups de feu ont été identifiés acoustiquement durant notre période d'étude (figure 13). Le petit bai est la zone où le plus grand nombre de coups de feu a été constaté de jour comme de nuit, soit quatre (4) coups de feu contre un (1) de nuit à la grande saline (annexe 10).

En liant les coups de feu avec la présence des éléphants dans chacun des sites, nous constatons une baisse en nombre de leurs vocalisations après les jours qui ont suivi l'activité de chasse, à l'exception de la période allant du 25 mai au 01 juin 2011 où les coups de feu ne semblent pas influencer directement sur leurs fréquentations puisqu'une hausse en nombre de leurs vocalisations est perceptible les jours qui ont suivi l'évènement (annexes 8 et 9).

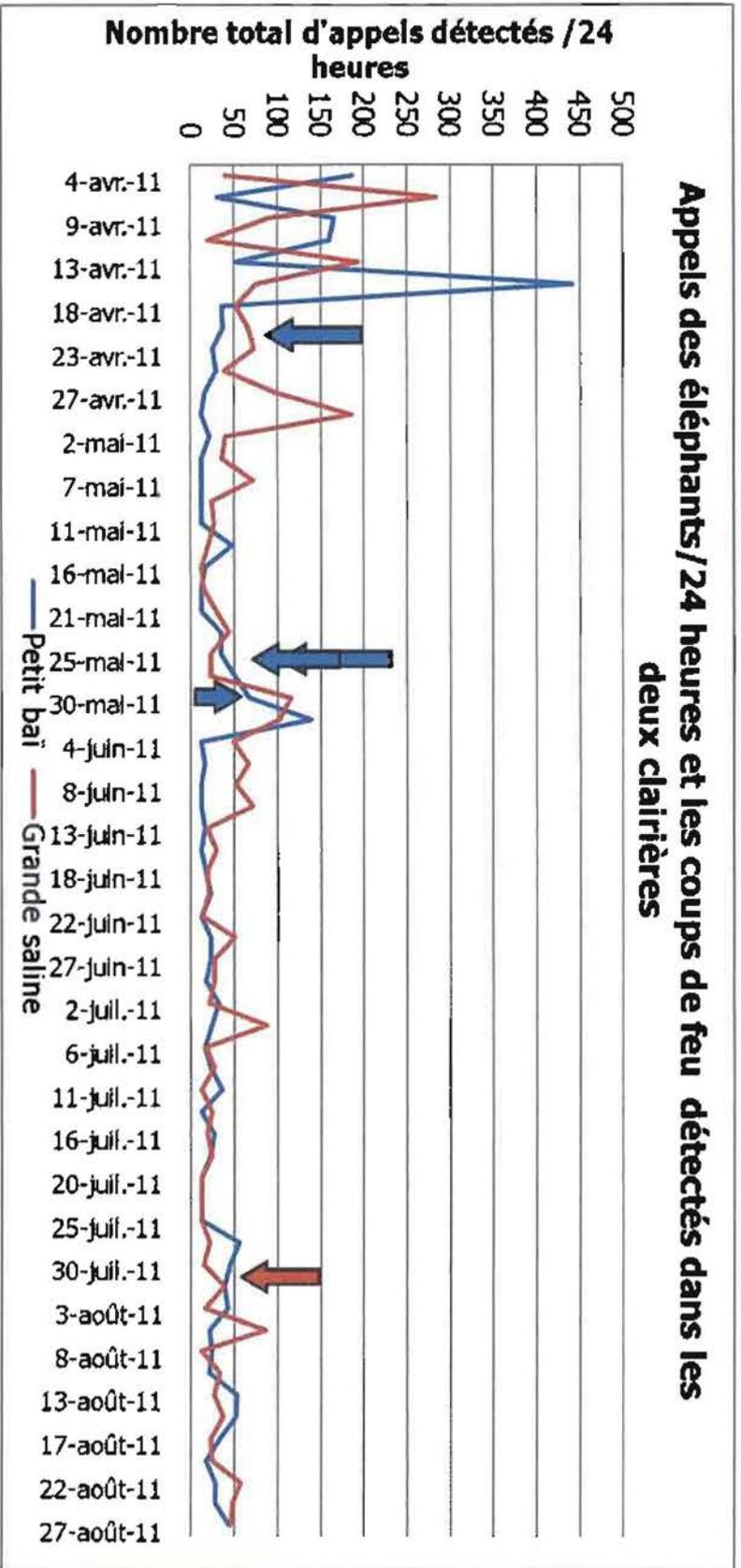


Figure 13: Coups de feu détectés acoustiquement dans les deux clairières ((coups de feu dans le petit bai), (coup de feu dans la grande saline))

II.4.2. Indices anthropiques détectés pendant les observations directes

Hormis, les coups de feu identifiés acoustiquement, d'autres indices anthropiques ont été notés par les travailleurs de la CEB et par l'équipe WCS pendant les marches de reconnaissance autour des clairières et sur d'anciennes routes exploitées par la CEB.

Des récentes carcasses d'éléphants, espèce intégralement protégée, ont été trouvées dans notre zone d'étude. Au total trois (3) carcasses d'éléphants, soit une (1) par les travailleurs de la CEB au nord-ouest du petit baï et deux (2) autres au sud des deux clairières (WCS, 2011 et annexe 11).

Par ailleurs, en plus des campements d'orpaillage et du sciage artisanal identifiés aux alentours de la CFAD de Milolé, d'autres indices anthropiques comme les campements de chasse, les fumoirs, les pièges, les douilles et les chasseurs, qui témoignent d'une chasse organisée furent également notés.

II.5. Evaluation du comportement des éléphants dans les clairières

Les données issues des observations directes dans le petit baï et dans la grande saline par l'équipe WCS, dont le but est d'évaluer la structure de la population d'éléphants et de faire une identification individuelle, nous ont permis d'avoir des données dans ces sites et d'évaluer leur comportement face à la présence humaine.

II.5.1. Proportion des éléphants observés qui s'enfuient des clairières

Lors des observations dans la zone de conservation de la CFAD de Milolé, un constat a été fait sur les éléphants qui fréquentent ladite zone.

En effet, les populations d'éléphants qui rentrent aux baïs réagissent automatiquement devant la présence humaine. Ce qui rend difficile leur description ainsi que leur identification.

En comparant les données de 2011 du baï de Langoué à celles des clairières de la CFAD de Milolé de la CEB, nous remarquons que les éléphants s'enfuient le plus desdites clairières dès qu'ils s'aperçoivent de la présence humaine. Ce qui n'est pas le cas dans le baï de Langoué où la proportion des éléphants qui s'enfuient est < 50% (figure 14, page suivante).

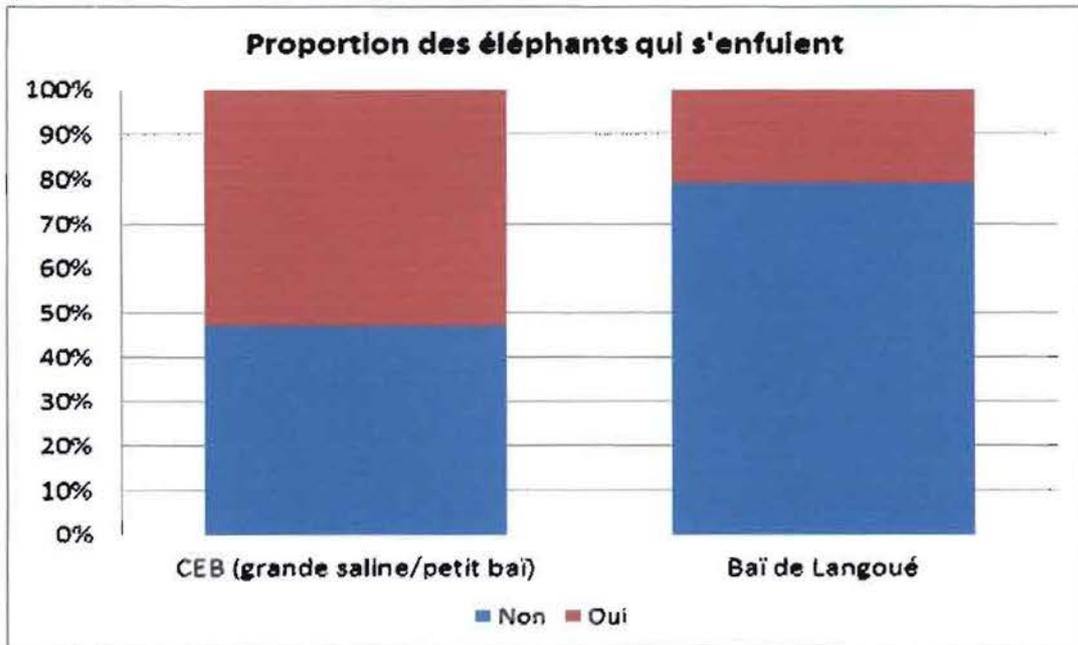


Figure 14: Proportion des éléphants observés qui s'enfuient des clairières

II.5.2. Durée moyenne de visite des éléphants dans les clairières

La figure 15 nous permet de faire une comparaison sur le temps que met un éléphant en moyenne dans deux zones différentes dans lesquelles les observations ont été faites. Il ressort de cet histogramme que les éléphants observés à la grande saline et au petit bai passent moins de temps (une trentaine de minutes) que dans le bai de Langoué (dans le Parc National de l'Ivindo), périphérique à la CFAD de Milolé de la CEB au nord-ouest, où cette espèce y consacre plus de temps (166 minutes).

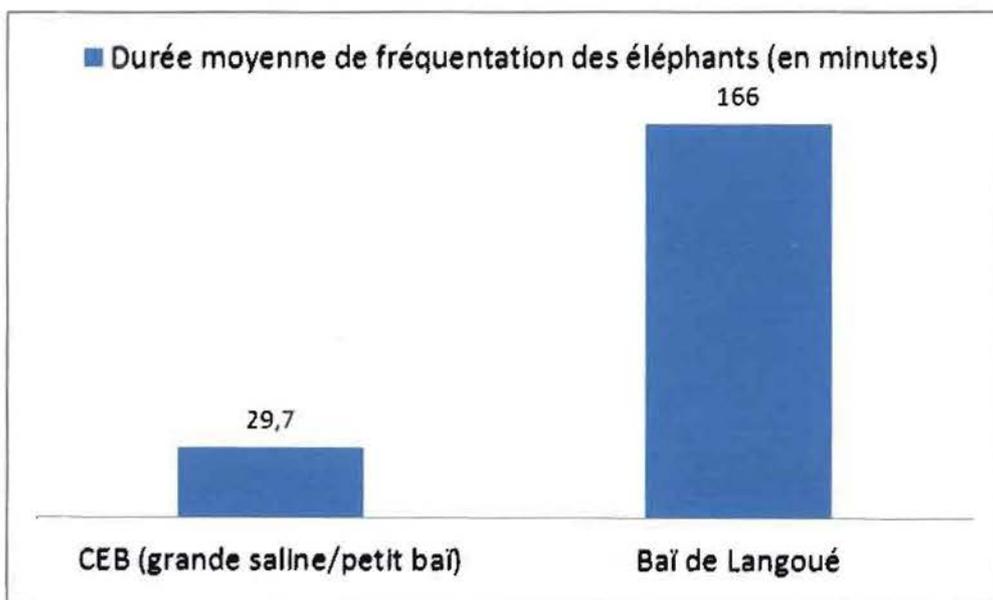


Figure 15: Durée moyenne de fréquentation des éléphants dans les clairières

Au-delà du comportement des éléphants décrit dans les clairières de la CEB, la structure de la population de cette espèce a été également décrite.

II.5.3. La structure de la population des éléphants

Les données d'observation directes présentent dans la figure 16, la structure de la population des éléphants qui ont été dénombrés dans les deux sites. Dans l'ensemble, toutes les classes d'âges y sont représentées.

Les femelles (68%) et leurs petits (59% de jeunes mâles, 41% de jeunes femelles) fréquenteraient plus le petit baï et la grande saline.

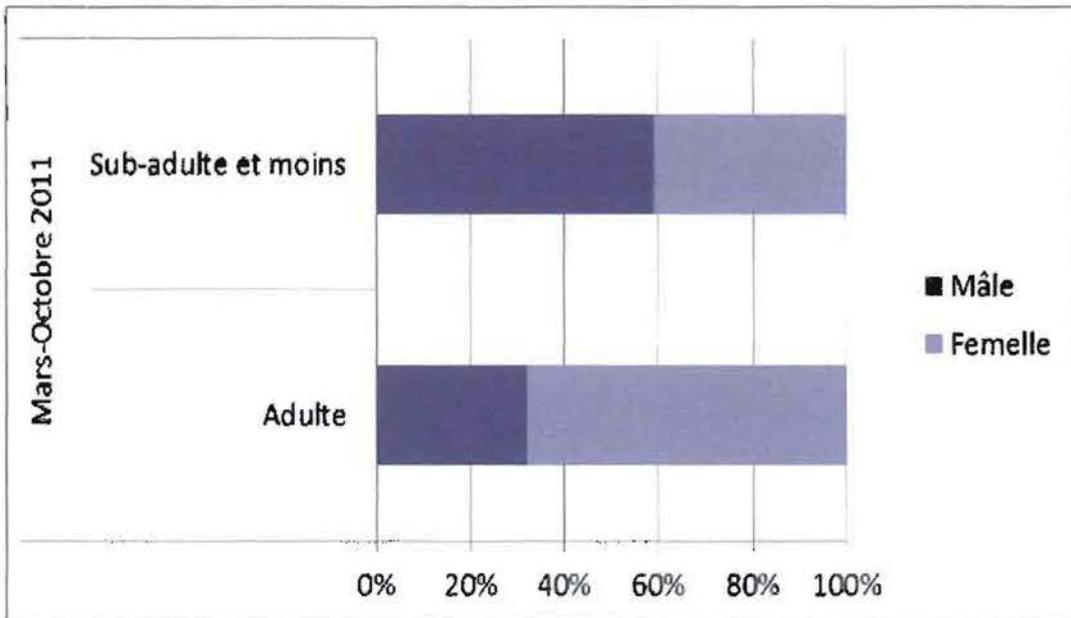


Figure 16: Proportion des mâles et femelles éléphants par deux classes d'âge

Chapitre III : Analyses et discussion

Reconnues comme lieux de rassemblement majeur d'animaux sauvages tels que les éléphants (Turkalo et Fay, 1995, Turkalo, 1996), les clairières dans les forêts de l'Afrique Centrale servent alors de sites favorables pour faire le suivi de la faune sauvage.

Face aux informations que l'on peut collecter dans ces zones sur l'écologie des populations animales, des suivis acoustiques sur les éléphants de forêt aux baïs sont peu à peu réalisées dans le petit baï et la grande saline de l'UFA 2 de Milolé de la CEB où l'exploitation s'est achevée définitivement en 2006 (UFG 1) et en 2011 (UFG 2).

III.1. Evaluation de la méthode de suivi acoustique des éléphants

Bien qu'en expérimentation dans les clairières de la CFAD de CEB, la méthode de suivi acoustique de *Loxodonta africana cyclotis* est un outil de recherche sur lequel les chercheurs pourraient s'appuyer pour suivre cette espèce de forêt.

En effet, en plus des données diurnes (densité, identification, structure sociale, réaction, etc.,) sur les éléphants qui sont obtenues par observations visuelles, la méthode acoustique a permis de faire une évaluation sur les fréquentations journalières (diurnes et nocturnes) des éléphants sur une surface de plus de 2 km² autour des ARU installés aux baïs, de déceler l'activité cynégétique qui se déroule dans ces séries de conservation.

Au sortir de notre étude ainsi que de celles qui ont été réalisées auparavant au Gabon, comme celles de Wrege et al. (2010) et de Wrege et al. (2011), il est donc possible d'inclure l'approche bioacoustique comme indicateur de présence des éléphants dans les projets de conservation de la WCS car elle fournit des informations sur lesquelles les conversationnistes et les chercheurs peuvent aussi s'appuyer scientifiquement.

Autant, les enregistreurs acoustiques autonomes n'influencent pas sur le comportement de ces animaux, autant, ce dispositif n'est pas limité dans l'espace (collecte des données en continu dans divers milieux ouverts, boisés, accessibles et difficiles d'accès), dans le temps (enregistrements possibles pour chacune des périodes de la journée et de l'année) et financièrement (méthode peu coûteuse) contrairement aux méthodes d'observations directes (Gasc, 2011).

III.2. Une fréquentation plus importante des éléphants selon les périodes de la journée dans chacun des sites

L'outil acoustique a permis à partir des vocalisations des éléphants de révéler la présence de cette espèce à toutes les périodes de la journée bien qu'il existe statistiquement une différence entre leurs fréquentations de jour et celles de nuit. En effet, la période pour laquelle la présence de l'espèce est très marquée correspond à la nuit quelque soit le site.

Les données obtenues autour du petit baï et de la grande saline font ressortir deux types d'activités chez les éléphants qui fréquentent ces sites: l'activité diurne et nocturne.

Dans l'ensemble, nous remarquons que le jour (au-delà de 6 heures du matin jusqu'à l'après-midi), les éléphants fréquentent moins les deux clairières de la CFAD de Milolé. Le petit baï est le site qui a enregistré le plus de vocalisations (419,105) le jour soit un taux de fréquentation de 16%. Tandis qu'à la grande saline, le nombre de vocalisations est de 305,53 soit 10,21%.

En revanche, la nuit, les éléphants sont très actifs dans les deux sites. En effet, la figure 11 démontre que cette espèce fréquente, en grand nombre, la grande saline (2689,256 vocalisations), soit un taux de 89,79% dès 18 heures (figure 12).

De telles variations journalières pourraient-être liées aux activités anthropiques (exploitation forestière, chasse, trafic routier, etc.), à la composition des individus qui accèdent aux clairières et à la saisonnalité.

Concernant les activités anthropiques, principalement l'exploitation forestière qui en principe aurait dû s'achever en 2009 (lot 2 2004-2009) dans l'UFG 2 de la CFAD de Milolé de la CEB, mais qui s'est poursuivie jusqu'en 2011, date de fermeture définitive (Jeanmart, 2004), aurait eu pour conséquence: la faible fréquentation des populations d'éléphants principalement le jour dans les clairières, leur fuite immédiate face à la présence humaine (proportion >50%) et la réduction de leur durée moyenne (30 minutes) dans ledit massif forestier. En effet, il est à mentionner que ces animaux ont tendance à fréquenter les zones dans lesquelles l'anthropophonie se fait le moins ressentir, d'où leur forte présence la nuit où ils se sentiraient probablement plus en sécurité.

Aussi, les activités forestières qui se déroulent dans les concessions forestières qui sont en périphériques de la CFAD de Milolé de la CEB (annexe 11): CORA WOOD (au nord-est, avec le lot 16 qui comprend l'UFG1 (2006-2010) et l'UFG2 (2011-2015)); SEEF (à l'est, lot 17 qui a été exploité hors aménagement avant 2007 et qui est exploité désormais selon les normes de l'exploitation forestière).

Ces concessions proches des clairières expliqueraient la faible migration des populations d'éléphants le jour dans ces sites et leur concentration la nuit.

Nos observations viennent corroborer avec celles faites par les autres études qui démontrent que les éléphants de forêt sont plus nombreux loin des bruits anthropiques (Vanleeuwe et al, 1997; Laurance et al, 2006; Buij et al, 2007; Blaque et al, 2008; Vliet et al, 2008). Cependant, lorsqu'ils sont exposés à des perturbations humaines (trafic routier, bruit des appareils (tronçonneuses), coups de feu, etc.), des changements sur leur activité quotidienne s'opèrent immédiatement (Graham, Douglas-Hamilton, 2009; Wrege et al, 2010). Ce même phénomène a été observé sur les populations d'éléphants du parc national de Loango (ouest du Gabon) dès l'entame de l'exploitation pétrolière à sa périphérie.

Mais, si nous prenons en compte les points de vue de Graham et al. (2009) et de Wrege et al. (2010) qui ont montré que les perturbations anthropiques, notamment la chasse, influent sur l'activité quotidienne des éléphants, cela pourrait aller à l'encontre des observations que nous avons faites pendant la période allant du 25 mai 2011 au 01 juin 2011. Car, une hausse en nombre de vocalisations des éléphants est constatée, plusieurs jours après l'activité de chasse qui s'est déroulée dans les deux clairières (figure 13 et annexes 8 et 9).

Cependant, une baisse de leurs fréquentations est perceptible les jours qui ont suivi d'autres activités de chasse. Au vu de ces observations, nous pensons que l'activité cynégétique a eu une double conséquence sur les éléphants, à savoir: une influence sur l'accès des éléphants aux baïs et sur leur comportement en favorisant leur réaction de stress face à l'Homme, d'où leurs fuites constantes au contact de l'Homme.

Toutefois, l'effet induit de la chasse n'a pas été visible à une certaine période probablement à cause de la diversité des groupes d'éléphants qui proviendraient de diverses zones (CFAD de CEB, CORAWOOD, SEEF, Parc National de l'Ivindo, etc.).

Autant la composition de chaque groupe d'éléphants qui visitent les clairières serait un facteur qui peut expliquer le fait que la conséquence de la chasse sur les éléphants en particulier ne soit pas perçue immédiatement, autant elle peut être la cause des variations observées sur leurs activités quotidiennes. En effet, s'agissant de l'organisation sociale des éléphants, l'identification de certains individus observés par l'équipe WCS relève que se sont les femelles (68%) et leurs progénitures (59% de jeunes mâles, 41% de jeunes femelles) qui sont les plus présentes dans le petit baï et la grande saline. D'après Houston et al. (2001), Momont (2007) et Mills et Milewski (2007), les clairières sont des lieux de rencontre qui permettent aux éléphants particulièrement de

rencontrer un grand nombre de leurs congénères. Elles permettent par ailleurs aux jeunes individus d'avoir de nombreux contacts sociaux.

Aussi, les sels minéraux qui sont contenus dans les trous à sels des clairières jouent sans nul doute un rôle essentiel, entre autres, dans le régime alimentaire des éléphants en compensant la pauvreté de leurs aliments en minéraux et en oligo-éléments (Klaus et al, 1998), dans l'accroissement de la fécondité des femelles (Mills & Milewski, 2007), dans la gestation et l'allaitement ainsi que dans la reproduction (Klaus et al, 1998).

Partant du fait que la période de collecte de nos données correspond à la saison sèche (juin à mi-septembre), et que les fréquentations moyennes mensuelles des éléphants soient faibles à partir du mois de mai, nous pouvons supposer que le facteur saison aurait eu une influence sur l'activité quotidienne de cette espèce.

En revanche, en combinant les données de la grande saline de janvier à mars (Manvoudou, 2011) avec celles que nous avons obtenues d'avril à août, qui correspondent à deux saisons, c'est-à-dire à la saison pluvieuse (janvier à mai) et à la saison sèche (juin à mi-septembre), nous pouvons dire au vu des résultats (figure 9 et tableau 1) que la saison des pluies favorise la concentration des éléphants dans la concession forestière de la CEB, notamment dans les clairières. En effet, les précipitations moyennes qui sont de l'ordre de 1300mm (Jeanmart, 2004), remplissant dès lors les clairières et favorisant la fructification des arbres et le développement des végétaux qui sont consommés par les éléphants (herbes, marantacées, etc.), sont autant des paramètres qui pourraient expliquer le nombre important des vocalisations enregistrées durant la saison des pluies. Mais, dès que commence la saison sèche, période qui se caractérise par la raréfaction des fruits, l'utilisation de ces zones semble baisser au profit des migrations orientées vraisemblablement vers les autres habitats.

Suite à ces résultats, nous épousons l'hypothèse de White (1994b), Blake (2002), Blake et al. (2007) qui ont démontré que le degré de fructification en forêt semble guider les éléphants dans leur utilisation des différents habitats. Donc, en période de forte fructification, ces animaux utilisent les forêts matures riches en fruits puis ils s'orientent vers les forêts jeunes ou secondaires riches en feuilles ou dans des zones de plantation en saison de faible production (Momont, 2007).

Donc, l'alimentation qui dépend du type de saison influence directement sur le taux de fréquentation des éléphants dans leurs habitats. D'autres facteurs peuvent influencer la fréquentation des éléphants dans un habitat particulier.

III.3. effets induits des activités humaines sur les fréquentations et/ou le comportement des éléphants dans les clairières

L'analyse de nos données acoustiques et visuelles dans le massif forestier nous permette de décrire le comportement des éléphants rencontrés. Leur attraction nocturne, leur fuite à la présence humaine et leur durée de fréquentation pourraient-être comptées parmi les effets induits des activités anthropiques (principalement l'exploitation forestière et l'activité cynégétique) sur cette espèce.

L'utilisation plus nocturne de la CFAD (petit baï et grande saline) par les éléphants est un comportement qui est vraisemblablement causé par les activités humaines qui se déroulent principalement la journée réduisant dès lors la capacité de les rencontrer durant cette période.

Aussi, le fait que les éléphants soient plus actifs la nuit, très craintifs et prêt à fuir au moindre bruit et à la présence humaine ainsi que de leur durée de fréquentation (une trentaine de minutes) dans ce massif forestier pourrait être le signe que des rencontres entre éléphants et chasseurs ont souvent lieu, parfois avec des conséquences négatives pour ce mammifère.

Ces comportement pourraient entraîner la baisse de leur fréquentation dans cette zone à forte activités anthropiques ainsi que des conséquences à terme sur le fonctionnement écologique du milieu. Il s'agit entre autres:

- de la difficulté de régénération naturelle des forêts de la zone de Milolé, puisque que les éléphants sont des espèces clés qui influencent le fonctionnement des écosystèmes entre autres, en dispersant les graines de nombreuses espèces végétales (Chapman et al, 1997) et en créant des conditions favorables à leur germination;
- de la perte des espèces animales (oiseaux, céphalophes, etc.) qui se nourrissent des graines contenues dans les crottes d'éléphants;
- de la reprise forestière rapide dans les clairières, zone de forte attraction des populations animales à cause de l'abondance en herbacées et de leur richesse des sols en eau et en sels minéraux et donc la baisse d'attraction de plusieurs espèces animales telles que le sitatunga, le gorille, antilopes, potamochères, etc.;
- une plus grande difficulté pour les chercheurs de faire un suivi des populations d'éléphants, de les décrire et de les identifier.

Toutefois, les informations sur: les fréquentations spatio-temporel des éléphants, la densité et l'identification des éléphants, que nous pourrions obtenir à partir des méthodes telles que le suivi

des éléphants par télémétrie, les photos-pièges, le comptage des crottes, pourraient-être associées avec la surveillance acoustique et l'observation visuelle des éléphants. Car les informations qui seront obtenues contribueront à mieux orienter les stratégies de gestion (à mieux protéger les séries de conservation dans les UFA de la CEB, à mieux limiter les impacts environnementaux) qui favorisent le bon fonctionnement du massif forestier de la CEB.

Conclusion et recommandations

Le suivi de la biodiversité dans les zones boisées demande l'utilisation des méthodes rapides et efficaces afin de localiser les centres de diversification maximales et des changements temporels dans une zone et auprès de ses espèces animales (Sueur et al, 2008).

Puisqu'il est difficile de faire un suivi au quotidien de la faune par observations visuelles dans les deux clairières de la concession forestière de la CEB, notre étude intitulée « Réponses des éléphants de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*) aux activités humaines à l'aide des enregistreurs acoustiques à la grande saline et au petit baï de la Compagnie Equatoriale de Bois (CEB), au sud-est du Gabon », vise à évaluer les fréquentations saisonnières des éléphants et le comportement de ces mammifères face aux activités humaines. Ces activités qui se déroulent au sein de l'Unité Forestière d'Aménagement (UFA) de Milolé de la CFAD de ladite concession, nous a permis de déceler le caractère plus nocturne des éléphants dans une zone marquée principalement à l'intérieur et à sa périphérie par les activités de l'exploitation forestière.

Bien que certains facteurs (activités anthropiques, composition des individus, saisonnalité) semblent expliquer les variations observées sur les activités quotidiennes des éléphants de forêt au sein de la CFAD de Milolé ; une plus longue surveillance acoustique est souhaitable pour disposer d'informations sur toutes les saisons de chaque année afin de décrire et confirmer ces influences. Par ailleurs, un modèle de calculs permettant de déterminer le nombre d'éléphants de forêt qui s'y trouvent, à partir des fréquences obtenues, doit-être intégré.

Aussi, des études (suivi des éléphants par télémétrie, les photos-pièges, le comptage des crottes, analyse bromatologique des bouses d'éléphants, etc.), complémentaires sur les éléphants sont nécessaires pour permettre d'obtenir des données supplémentaires sur l'utilisation journalière de leurs habitats, l'effectif et l'identification des individus de chaque groupe social qui fréquentent le petit baï et la grande saline. A cela, il faudra accentuer les missions de lutte anti-braconnage au sein de toute la CFAD de CEB pour renforcer les mesures de contrôle qui sont établies par le concessionnaire et dissuader les chasseurs autour des séries de conservation, pourtant proscrites de toute exploitation selon le code forestier gabonais (loi n°16/01 du 31 décembre 2001).

Si ces efforts sont mis en place au sein de la CFAD de la CEB, ils permettront à long terme de limiter une pénétration massive des chasseurs et de bien asseoir les stratégies de la gestion de la faune sauvage de ladite concession.

Bibliographie

1. **Baptista, L.F., & Gaunt, S.L.** 1997. Bioacoustics as a tool in conservation studies. In J. R. Clemmons, & R. Buchholz (Eds), *Behavioral approaches to Conservation in the Wild*. Cambridge University Press, Cambridge.
2. **Binot, A., & Cornelis, D.** 2004. *Synthèse bibliographique du secteur "viandes de brousse" au Gabon*. Rapport final [en ligne]. Cirad-emvt. 105p. Disponible sur internet http://www.virtualcentre.org/fr/ele/econf_02_faune/download/t1_01_synth_gabon.pdf (consulté le 5 janvier 2012).
3. **Blake, S.** 2002. The ecology of forest elephant distribution and its implications for conservation. University of Edinburgh, Edinburgh. 303p.
4. **Blake, S., Deem, S., Strindberg, S., Maisels, F., Moment, L., Isia, I.B., Douglas-Hamilton, I., Karesh, W. B., & Kock. M. D.** 2008. Roadless wilderness area determines forest elephant movements in the Congo Basin. Page3546. PLOS ONE.
5. **Blake, S., & Simon, H.** 2004. Sinking the flagship: the case of forest elephants in Asia and Africa. *Conservation Biology*, 18, 1191-1202. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1523-1739.2004.01860.x/full> (consulté le 26 janvier 2012).
6. **Blake, S., Strindberg, S., Boudjan, P., Makombo, C., Bila-Isia, I., Ilambu, O., Grossmann, F., Bene-Bene, L., De Semboli, B., Mbenzo, V., Hwa, D., Bayogo, R., Williamson, L., Fay, M., Hart, J., & Maisels, F.** 2007. Forest Elephant Crisis in the Congo Basin. *PLoS Biology* 5, 945-953.
7. **Blanc, J.J., Thouless, C.R., Hart, J.A., Dublin, H.T., Douglas-Hamilton, I., Craig, G.C., & Barnes, R.F.W.** 2003. Rapport de situation de l'éléphant d'Afrique: une actualisation de la base de données de l'éléphant d'Afrique. UICN/CSE, n°29. 320p. african-elephant.org/aed/pdfs/aesr2002fr.pdf (consulté le 05 janvier 2012).
8. **Blumstein, D., Mennill, D., Clemins, P., Girod, L., Yao, K., Patricelli, G., Deppe, J., Krakauer, A., Clark, C., Cortopassi, K., Hanser, S., McCowan, B., Ali, A., & Kirschel, A.** 2011. Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus. *Journal of Applied Ecology*, 48, 758-767.
9. **Bonneau, O., Jeanmart, P., & Laporte, J.** 2008. Document de discussions avec les parties prenantes pour le maintien des forêts à hautes valeurs pour la conservation. CEB-Precious Wood, version 1. TERA (Terre Environnement Aménagement), (pp. 1-166). Libreville-Gabon.
10. **Bout, N.** 2011. L'éléphant de forêt du Gabon: un jardinier qui reste vulnérable. *Gabon Magazine*, 14, 40-48.
11. **Bradbury, J. W., & Vehrencamp, S.L.** 1998. Principles of animal communication. Departement of biology, University of California, San Diego, Sinauer Associates Inc. Sunderland. 882p.
12. **Brumm, H.** 2004. The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. *Journal of Animal Ecology*, 73, 434-440.
13. **Buij, R., McShea, W. J., Campbell, P., Lee, M. E., Dallmeier, F., Guimondou, S., Mackaga, L., Guisseougou, N., Mboumba, S., Hines, J. E., Nichols, J. D., & Alonso, A.** 2007. Patch-occupancy models indicate human activity as major determinant of forest elephant *Loxodonta cyclotis* seasonal distribution in an industrial corridor in Gabon. *Biological Conservation* 135,189-201.
14. **Caballé, G.** 1978. Essai sur la géographie forestière du Gabon. *Adansonia*, vol. 17, ser. 2(4), pp. 425-440.

15. **Caughley, G., & Gunn, A.** 1996. Conservation Biology in Theory and Practice. Blackwell Science, Inc. London & New York. 459p.
16. **CBD.** 2003. Convention on Biological Diversity. Monitoring and indicators: designing national level monitoring programmes and indicators. Montreal.
17. **Chapman, C. A., & Chapman. L. J.** 1997. Forest regeneration in logged and unlogged forests of Kibale National Park, Uganda. *Biotropica* 29,396-412.
18. **Christy, P.** 2003. L'Afrique Centrale, dix ans après. *Canopée*, 23, 3-4. Libreville: ECOFAC.
19. **Cornell Lab of ornithology.** 2009. Why monitoring bird? http://www.birds.cornell.edu/nestinginfo/extra/why_monitor (consulté le 10 janvier 2012).
20. **Delègue, M.A., Fuhr, M., Schwartz, D., Mariotti, A., & Nasi, R.** 2001. Recent origin of most of the forest cover in the Gabon coastal area. *Oecologia*, 129, 106-113.
21. **DeWalt, S. J., Maliakal, S. K., & Denslow, J.S.** 2003. Changes in vegetation structure and composition along a tropical forest chronosequence: implications for wildlife. *Forest Ecology and Management*, 182 (2003), (pp.139-151). <http://www.clemson.edu/biosci/sdewalt/DeWaltetal2003FEMpdf>. (consulté le 05 janvier 2012).
22. **Drouineau, S., & Nasi, R.** 1999. L'aménagement forestier au Gabon : historique, bilan, perspectives. Montpellier : CIRAD-Forêt, série FORAFRI, document 19, 76p.
23. **Gasc, A.** 2011. Estimation de la biodiversité: les points forts des méthodes acoustiques. *Muséum National D'histoire Naturelle*. p.54. <https://intranet.sfa.asso.fr/archives/bioacoustique/conferences/a.gasc.pdf> (consulté le 10 février 2012).
24. **Galeotti, P., & Pavan, G.** 1991. Individual recognition of male tawny owls (*Strix aluco*) using spectrograms of their territor calls. *Ethology, Ecology & Evolution*, 113-126.
25. **George, J. C.C., Zeh, J., Suydam, R., & Clark, C.** 2004. Abundance and population trend (1978-2001) of western Arctic bowhead whales surveyed near Barrow, Alaska. *Mammal Science*, 20, 755-773.
26. **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. *Animal Conservation* 12, 445-455.
27. **Houston, D. C., Gilardi, J. D., & Hall, A. J.** 2001. Soil consumption by elephant might help to minimize the toxic effects of plant secondary compounds in forest browse. *Mammal Review*, 31 (3-4), 249-254.
28. **Jacobs, P., & Monro, D.** 1986. Conservation with equity: Strategies for sustainable development. [en ligne]. Disponible sur internet http://fr.wikipedia.org/wiki/Conservation_de_la_Nature (consulté le 07 janvier 2012).
29. **Jeanmart, P.** 2004. Plan d'aménagement de la Concession Forestière sous Aménagement Durable de la société Thanry-CEB 2004-2025. 192p.
30. **Jordan, C.** 2000. Les multiples facettes de la conservation. *La recherche*, 333, juillet-août 2000. p. 97. http://fr.wikipedia.org/wiki/Conservation_de_la_Nature (consulté le 07 janvier 2012).
31. **Kadzo, K.** 1996. L'étude des éléphants. African Wildlife Foundation, Nairobi, Kenya. 190p.
32. **Klaus, G., Klaus-Hugi, C., & Schmid, B.** 1998. Geophagy by large mammals at natural salt licks in the rain forest of the Dzanga National Park, Central African Republic. *Journal of Tropical Ecology* 14, 829-839.

33. **Laiolo, P., Vögeli, M., Serrano, D., & Tella, J. L.** 2007. Testing acoustic versus physical marking: two complementary methods for individual-based monitoring of elusive species. *Journal of Avian Biology*, 38 (6), 672-681.
34. **Laurance, W. F., Croes, B. M., Chignoumba, L. T., Lahm, S. A., Alonso, A., Lee, M. E., Campbell, P., & Ondzeano, C.** 2006. Impacts of roads and hunting on central African rainforest mammals. *Conservation Biology*, 20, 1251-1261.
35. **Leong, K.M., Ortolani, A., Burks, K.D., & Savage, A.** 2003a. Quantifying acoustic and temporal characteristics of vocalizations for a group of captive African elephants (*Loxodonta africana*). *Bioacoustics*, 13, 213-231;
36. **Leong, K. M., Ortolani, A., Graham, L. H., & Savage, A.** 2003b. The use of low frequency vocalizations in African elephant (*Loxodonta africana*) reproductive strategies. *Hormones and Behavior*, 43, 433-443.
37. **Loh, J., Green, R.E., Ricketts, T., Lamoreux, J., Jenkins, M., Kapos, V., & Randers, J.** 2005. The living planet index: using species population time series to track trends in biodiversity, *The Royal Society*, 360, 289-295.
38. **Maganga, B.H.W.** 2010. Evaluation de l'efficacité de la méthode du suivi acoustique des éléphants de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*) sur les salines de Kessala et Langoué. Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme d'Ingénieurs des Techniques des Eaux et Forêts. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, (pp. 1-45).
39. **Manvoudou, P.O.G.** 2011. Evaluation de la fréquentation des éléphants à l'aide des enregistreurs acoustiques (cas d'une saline de la Compagnie Equatoriale du Bois à Lastourville). Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Techniques des Eaux et Forêts. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, (pp. 1-50).
40. **Martin, D.** 1981. Les sols du Gabon - Pédogenèse, Répartition et Aptitudes. ORSTOM, Paris. 66p.
41. **McNeely, J.A., Miller. Reid., Mittermeier., & Werner.** 1990. Conserving the world's biological diversity [en ligne]. Gland: UICN. Disponible sur internet http://fr.wikipedia.org/wiki/Conservation_de_la_Nature (consulté le 09 janvier 2012).
42. **MEF.** 2001. Loi n°16/01 portant code forestier en République gabonaise. 64p.
43. **MEF.** 2002. Décret n°612/PR/MEFEPEPN du 30 août 2002 portant classement du Parc National de l'Ivindo. MEF, Libreville. 4p.
44. **MEF.** 2007. Loi n°3/2007 relative aux parcs nationaux en République gabonaise. 7p.
45. **MEF.** 2011a. Le décret n°161/PR/MEF du 19 janvier 2011 fixant les conditions de délivrance des permis et licences de chasse et de capture.
46. **MEF.** 2011b. Le décret n°163/PR/MEF du 19 janvier 2011 fixant les conditions de détention, de transport et de commercialisation des espèces animales sauvages, des trophées et produits de la chasse.
47. **MEF.** 2011c. Le décret n°164/PR/MEF du 19 janvier 2011 réglementant le classement et les latitudes d'abattage des espèces animales.
48. **MEFEPEPN.** 2002. Décret n°612/PR/MEFEPEPN du 30 août 2002 portant classement du Parc National de l'Ivindo. 3p.
49. **Mills, A., & Milewski, A.** 2007. Geophagy and nutrient supplementation in the Ngorongoro Conservation Area, Tanzania, with particular reference to selenium, cobalt and molybdenum. *Journal of Zoology* 271, 110-118.

50. **Momont, L.** 2007. Sélection de l'habitat et organisation sociale de l'éléphant de forêt, *Loxodonta africana cyclotis* (Matschie 1900), au Gabon. PhD. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris. 192p.
51. **Noss, R. F.** 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4(4), 355-364.
52. **Obrist, M. K., Pavan, G., Sueur, J., Rede, K., Llusia, D., & Marquez, R.** 2010. *Bioacoustique approaches in biodiversity inventories*. http://sueur.jerome.perso.neuf.fr/WebPage_PapersPDF/Obristetel_AbcTaxa_2010.pdf (consulté le 26 janvier 2012).
53. **ONU.** 1968. Convention africaine pour la conservation de la nature et des ressources naturelles. 22p. http://www.africaunion_documents/Treaties_Conventions_fr/Convention_nature%20et%20ressources%20naturelles1.pdf (consulté le 14 janvier 2012).
54. **ONU.** 1971. Convention de Ramsar: Guide de la convention sur les zones humides, 4^e édition. Gland, Suisse. http://www.ramsar.org/pdf/lib/lib_manual2006f.pdf (consulté le 11 janvier 2012).
55. **ONU.** 1973. Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction. <http://www.cites.org/fra/disc/text.shtml> (consulté le 14 janvier 2012).
56. **ONU.** 1993. Convention sur la diversité biologique (avec annexes). Conclue à Rio de Janeiro le 5 juin 1992, 85p. <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-un-fr.pdf> (consulté le 16 janvier 2012).
57. **ONU.** 1994. Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier en Afrique. <http://www.agora21.org/desertification/texte.html> (consulté le 20 janvier 2012).
58. **Pavan, G.** 2008. Short field course on bioacoustics. Taxonomy Summer School, (pp. 1-15) septembre, 2008, centre interdisciplinaire de bioacoustique et recherche en environnement, Italie, Université di Pavia, 29 p.
59. **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. *African Journal of Ecology*, 41, 99-107.
60. **Provost, M. C., & Bonilla, C.** 2011. La bioacoustique : un outil permettant de faire le suivi de la diversité faunique. 3pp. http://www.sepaq.com/resources/docs/pq/pan/pan_bulletin_2011.pdf (consulté le 16 janvier 2012).
61. **Saunier, R., & Meganck, R.** 1995. Conservation of Biodiversity and New Regional Planning. http://fr.wikipedia.org/wiki/Conservation_de_la_Nature. (consulté le 11 janvier 2012).
62. **Scholtz, O.** 2010. Techniques acoustiques pour le suivi biologique et l'application de la loi. Fichier PDF, 2 p.
63. **Soltis, J.** 2009. Vocal communication in African elephants (*Loxodonta africana*). *Zoo Biology*, 28, 1-18.
64. **Soltis, J., Leong, K., & Savage, A.** 2005. African elephant vocal communication II: rumble variation reflects the individual identity and emotional state of callers. *Animal Behaviour*, 70, 589-599.
65. **Soulé, M. E.** 1986. Conservation biology: the science of scarcity and diversity [en ligne]. Disponible sur internet http://fr.wikipedia.org/wiki/Conservation_de_la_Nature (consulté le 6 janvier 2012).
66. **Sueur, J., Pavoine, S., Hamerlynck, O., & Duvail, S.** 2008. Rapid acoustic survey for biodiversity appraisal. *PLoS ONE*, 3(12): e4065.
67. **Thompson, M.** 2009. African forest elephant (*Loxodonta africana cyclotis*) vocal behavior and its use in conservation. . PhD thesis. Cornell University, Ithaca. 158p.

68. **Thompson, M., Schwager, S., & Payne, K.** 2009. Heard but not seen: an acoustic survey of the African forest elephant population at Kakum Conservation Area, Ghana. *African Journal of Ecology*, *48*, 224-231.
69. **Trombulak, S. C., & Frissell, C. A.** 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, *14*, 18-30.
70. **Turkalo, A.** 1996. Studying forest elephants by direct observation in the Dzanga clearing: an update. *Pachyderm* *22*: 59-60.
71. **Turkalo, A., & Fay, J. M.** 1995. Studying forest elephant by direct observation: preliminary results from the Dzanga Clearing, Central African Republic. *Pachyderm*, *20*, 45-54.
72. **UA.** 2003. Convention africaine pour la conservation de la nature et des ressources naturelles (révisée). 32p.
http://www.africaunion.org/Official_documents/Treaties_Conventions_fr/Convention%20sur%20la%20conservation%20de%20la%20nat%20et%20Res%20nat%20rev%20Adoptee.pdf (consulté le 16 janvier 2012).
73. **UICN., PNUD., & WWF.** 1980. Stratégie Mondiale pour la Conservation. Dans **Kasisi, R., & Jacobs, P.** (2002). Les stratégies et plans d'action pour la conservation de la diversité biologique : un défi culturel et scientifique. Ressources marines et traditions. *Bulletin de la CPS*, *13*: 1-10.
www.spc.int/coastfish/news/TradVF/13VF/Trad13-VF-Kasisi.pdf (consulté le 10 janvier 2012).
74. **Vanleeuwe, H., Gauthier-Hion, A., & Cajani, S.** 1997. Forest clearings and the conservation of elephants (*Loxodonta africana cyclotis*), north-east Congo Republic. *Pachyderm* *24*: 46-52.
75. **Vande Weghe, J.P.** 2006. Ivindo et Mwagna: eaux noires, forêts vierges et baïs. *Wildlife Conservation Society (WCS)*, Libreville. 272p.
76. **Vannoni, E., & McElligott, A. G.** 2007. Individual acoustic variation in fallow deer (*Dama dama*) common and harsh groans: A source-filter theory perspective. *Ethology*, *113*, 223-234.
77. **Vliet, N. V., & Nasi, R.** 2008. Mammal distribution in a Central African logging concession area. *Biodiversity and Conservation* *17*, 1241-1249.
78. **White, L.** 1994a. Biomass of rain forest mammals in the Lopé Reserve, Gabon. *Journal Animal Ecology*, *63*, 499-512.
79. **White, L.** 1994b. Patterns of fruit-fall phenology in the Lopé Reserve, Gabon. *Journal of Tropical Ecology* *10*, 289-312.
80. **White, L.J.T., & Abernethy, K. A.** 1996. Guide de la végétation de la réserve de la Lopé, Gabon. Multipress-Gabon, Libreville. 224p.
81. **White, L., & Edwards, A.** 2000. Estimation du statut des populations animales. Dans **White, L. Edwards, A. eds**, *Conservation en forêt pluviale africaine: méthodes de recherche*. Wildlife Conservation Society, New York (pp 1-14).
82. **Wildlife Conservation Society.** 2011. Rapport de mission: suivi des baïs de la Compagnie Equatoriale des Bois. *Wildlife Conservation Society*, Gabon. 5p.
83. **Wildlife Conservation Society.** 2009. Rapport final : inventaire des grands mammifères et impacts humains au Parc National d'Ivindo. *Wildlife Conservation Society*, Gabon. 32p.
84. **Wrege, P. H., Rowland, E. D., Bout, N., & Doukaga, M.** 2011. Opening a larger window onto forest elephant ecology. *African Journal of Ecology*, *50*, 176-186.

85. **Wrege, P.H.** 2011. Protocol for handlogging elephant calls and gunshots for the Bai Study. 4p.
86. **Wrege, P. H., Rowland, E. D., Thompson, B.G., & Batruch, N.** 2010. Use of acoustic tools to reveal otherwise cryptic responses of forest elephant to oil exploration. *Conservation Biology*, 24, 1578-1585.

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1** : Situation géographique du Gabon
- Annexe 2** : Les 13 parcs nationaux du Gabon
- Annexe 3** : Quelques éléphants au petit bai
- Annexe 4** : Quelques éléphants dans la grande saline
- Annexe 5** : Paramétrage d'un ARU
- Annexe 6** : Moyens matériels et humains
- Annexe 7** : Calendrier des jours choisis aléatoirement pour l'analyse
- Annexe 8** : Le nombre d'appels obtenu dans le petit bai
- Annexe 9** : Le nombre d'appels obtenu dans la grande saline
- Annexe 10** : Coups de feu identifiés acoustiquement d'avril à août 2011
- Annexe 11** : Les carcasses d'éléphants retrouvées proches des clairières

Annexe 1 : Situation géographique du Gabon (source : Anonyme, 2012)



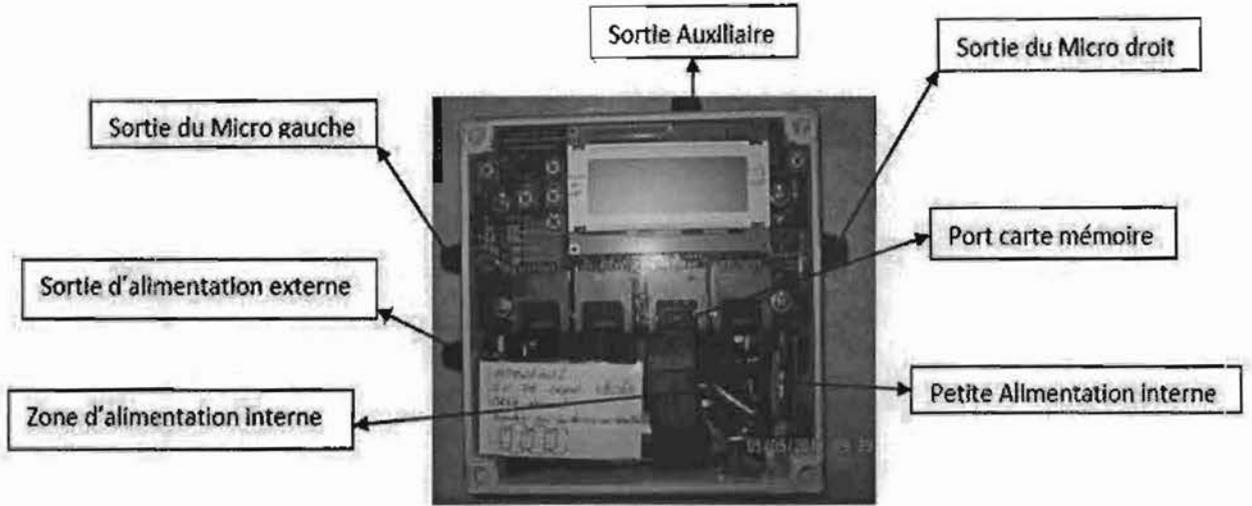
Annexe 3 : Quelques éléphants au petit bai (*source : Ogombet T., 2011*)



Annexe 4 : Quelques éléphants dans la grande saline (*source : Ogombet T., 2011*)



Annexe 5 : Paramétrage d'un ARU (*source : Makita, 2011*)



Annexe 6 : Moyens matériels et humains

Type de matériel	Moyens humains
GPS Garmin	Stagiaire (Kambissi Zyta Gaëlle)
ARUs (2)	Assistant de recherche pour l'installation des ARUs
Appareil photo numérique	Assistants (3) de recherche pour les observations directes aux baïs
Disque dur externe	
Jumelles	
Ordinateur portable	
Casque (écouteurs)	
Sécateur	
Montre	
Carnet de notes	
Stylo	
Véhicule	

Annexe 7: Calendrier des jours choisis aléatoirement pour l'analyse

Semaine choisie pour l'analyse	Mois	Jour 1 : lundi	Jour 2: mercredi	Jour 3: samedi
1	Avril	04 avril 2011	06 avril 2011	09 avril 2011
2	Avril	11 avril 2011	13 avril 2011	16 avril 2011
3	Avril	18 avril 2011	20 avril 2011	23 avril 2011
4	Avril	25 avril 2011	27 avril 2011	30 avril 2011
5	Mai	02 mai 2011	04 mai 2011	07 mai 2011
6	Mai	09 mai 2011	11 mai 2011	14 mai 2011
7	Mai	16 mai 2011	18 mai 2011	21 mai 2011
8	Mai	23 mai 2011	25 mai 2011	28 mai 2011
9	Juin	30 mai 2011	01 juin 2011	04 juin 2011
10	Juin	06 juin 2011	08 juin 2011	11 juin 2011
11	Juin	13 juin 2011	15 juin 2011	18 juin 2011
12	Juin	20 juin 2011	22 juin 2011	25 juin 2011
13	Juin	27 juin 2011	29 juin 2011	02 juillet 2011
14	Juillet	04 juillet 2011	06 juillet 2011	09 juillet 2011
15	Juillet	11 juillet 2011	13 juillet 2011	16 juillet 2011
16	Juillet	18 juillet 2011	20 juillet 2011	23 juillet 2011
17	Juillet	25 juillet 2011	27 juillet 2011	30 juillet 2011
18	Août	01 août 2011	03 août 2011	06 août 2011
19	Août	08 août 2011	10 août 2011	13 août 2011
20	Août	15 août 2011	17 août 2011	20 août 2011
21	Août	22 août 2011	24 août 2011	27 août 2011

Annexe 8 : Le nombre d'appels obtenu dans le petit bai

Semaines	Jours	Appels/jour	Appels/nuir	Appels/24 H
1	4-avr.-11	23,296	164,32	187,616
	6-avr.-11	6,19	24,408	30,598
	9-avr.-11	6,19	159,768	165,958
2	11-avr.-11	5,477	154,848	160,325
	13-avr.-11	5,475	45,944	51,419
	16-avr.-11	86,672	354,776	441,448
3	18-avr.-11	12,84	22,748	35,588
	20-avr.-11	4,525	32,252	36,777
	23-avr.-11	6,753	18,648	25,401
4	25-avr.-11	10,361	19,2	29,561
	27-avr.-11	2,625	12,888	15,513
	30-avr.-11	2,625	10,008	12,633
5	2-mai-11	6,425	14,5884	21,009
	4-mai-11	2,625	10,008	12,633
	7-mai-11	2,625	10,008	12,633
6	9-mai-11	2,625	10,008	12,633
	11-mai-11	2,625	10,008	12,633
	14-mai-11	2,625	44,568	47,193
7	16-mai-11	2,625	12,888	15,513
	18-mai-11	2,625	10,008	12,633
	21-mai-11	2,625	10,008	12,633
8	23-mai-11	4,525	29,576	34,101
	25-mai-11	7,375	27,248	34,623
	28-mai-11	2,625	47,864	50,489
9	30-mai-11	2,625	65,348	67,973
	1-juin-11	63,719	75,84	139,559
	4-juin-11	2,625	10,008	12,633
10	6-juin-11	2,625	12,888	15,513
	8-juin-11	2,625	10,008	12,633
	11-juin-11	2,625	10,008	12,633
11	13-juin-11	2,625	12,888	15,513
	15-juin-11	2,625	10,008	12,633
	18-juin-11	7,616	10,008	17,624
12	20-juin-11	2,625	19,472	22,097
	22-juin-11	2,625	10,008	12,633
	25-juin-11	2,625	19,472	22,097
13	27-juin-11	2,625	20,5	23,125
	29-juin-11	6,903	10,008	16,911
	2-juil.-11	7,466	24,408	31,874
14	4-juil.-11	3,575	19,792	23,367
	6-juil.-11	2,625	12,888	15,513
	9-juil.-11	2,625	19,472	22,097
15	11-juil.-11	2,625	33,668	36,293

	13-juil.-11	2,625	10,008	12,633
	16-juil.-11	2,625	24,408	27,033
16	18-juil.-11	2,625	19,472	22,097
	20-juil.-11	2,625	10,008	12,633
	23-juil.-11	2,625	10,008	12,633
17	25-juil.-11	2,625	10,008	12,633
	27-juil.-11	2,625	52,596	55,221
	30-juil.-11	2,625	43,132	45,757
18	1-août-11	2,625	35,928	38,553
	3-août-11	2,625	40,456	43,081
	6-août-11	5,951	15,176	21,127
19	8-août-11	2,625	21,528	24,153
	10-août-11	6,425	14,584	21,009
	13-août-11	4,288	48,184	52,472
20	15-août-11	2,625	49,096	51,721
	17-août-11	7,375	25,192	32,567
	20-août-11	3,575	14,032	17,607
21	22-août-11	4,051	24,204	28,255
	24-août-11	4,051	24,204	28,255
	27-août-11	10,881	32,844	43,725

Annexe 9 : Le nombre d'appels obtenu dans la grande saline

Semaines	Jours	Appels/jour	Appels/ nuit	Appels/24 H
1	4-avr.-11	16,468	23,736	40,204
	6-avr.-11	16,733	266,88	283,613
	9-avr.-11	7,853	81,92	89,773
2	11-avr.-11	4,525	15,176	19,701
	13-avr.-11	2,625	190,428	193,053
	16-avr.-11	2,625	72,552	75,177
3	18-avr.-11	2,625	49,3	51,925
	20-avr.-11	6,188	60,344	66,532
	23-avr.-11	13,32	59,384	72,704
4	25-avr.-11	2,625	35,928	38,553
	27-avr.-11	23,831	74,332	98,163
	30-avr.-11	3,338	182,824	186,162
5	2-mai-11	4,051	35,928	39,979
	4-mai-11	2,625	32,844	35,469
	7-mai-11	2,625	69,256	71,881
6	9-mai-11	2,625	21,528	24,153
	11-mai-11	3,575	22,672	26,247
	14-mai-11	2,625	17,62	20,245
7	16-mai-11	2,625	10,008	12,633
	18-mai-11	4,764	10,008	14,772
	21-mai-11	18,724	10,008	28,732
8	23-mai-11	2,625	40,66	43,285
	25-mai-11	2,625	19,472	22,097
	28-mai-11	2,625	19,472	22,097
9	30-mai-11	6,731	108,672	115,403
	1-juin-11	2,625	99,296	101,921
	4-juin-11	10,792	38,836	49,628
10	6-juin-11	3,575	62,38	65,955
	8-juin-11	2,625	48,892	51,517
	11-juin-11	3,575	68,752	72,327
11	13-juin-11	3,338	15,768	19,106
	15-juin-11	6,425	23,224	29,649
	18-juin-11	2,625	15,768	18,393
12	20-juin-11	3,575	16,912	20,487
	22-juin-11	3,338	10,008	13,346
	25-juin-11	2,625	48,272	50,897
13	27-juin-11	2,625	24,408	27,033
	29-juin-11	2,625	24,408	27,033
	2-juil.-11	5,001	16,912	21,913
14	4-juil.-11	2,625	84,896	87,521
	6-juil.-11	7,616	10,008	17,624
	9-juil.-11	2,625	24,204	26,829
15	11-juil.-11	2,625	10,008	12,633

	13-juil.-11	2,625	21,528	24,153
	16-juil.-11	4,051	14,74	18,791
16	18-juil.-11	2,625	21,528	24,153
	20-juil.-11	2,625	10,008	12,633
	23-juil.-11	2,625	10,008	12,633
17	25-juil.-11	2,625	10,008	12,633
	27-juil.-11	2,625	18,648	21,273
	30-juil.-11	3,575	11,152	14,727
18	1-août-11	2,625	35,928	38,553
	3-août-11	2,625	12,888	15,513
	6-août-11	2,625	83,044	85,669
19	8-août-11	2,625	10,008	12,633
	10-août-11	2,625	30,992	33,617
	13-août-11	2,625	24,408	27,033
20	15-août-11	2,625	34,696	37,321
	17-août-11	2,625	19,472	22,097
	20-août-11	6,425	17,464	23,889
21	22-août-11	13,618	43,14	56,758
	24-août-11	2,625	45,188	47,813
	27-août-11	6,425	40,504	46,929

Annexe 10 : Coups de feu identifiés acoustiquement d'avril à août 2011

	11:01	13:37 et 14:51	22:10	22:13
	21-avr-11	27-mai-11	30-mai-11	14-août-11
Petit bai	1	2	1	
Grande saline				1

Annexe 11 : Les carcasses d'éléphants retrouvées proches des clairières (source : WCS-Ivindo, 2011)

