

UNIVERSITE DE KISANGANI

FACULTE DES SCIENCES



B.P. 2012 Kisangani

**Méthodes non invasives d'inventaire et de suivi écologique des Chiroptères
(*Mammalia : Chiroptera*) par Capture-Marquage-Recapture au Plateau Lendu et
en Réserve de Faune à Okapis (Ituri, République Démocratique du Congo)**

Claude NDJABU MANDE

MEMOIRE

Présenté et défendu en vue de l'obtention de Diplôme
d'Etudes Approfondies (D.E.A.) en Biodiversité,
Gestion et Aménagement Forestier Durable

Option : Forêt-Environnement

Promoteur : **Pr. Guy-Crispin GEMBU TUNGALUNA**
Université de Kisangani, RDC

Co-promoteur : **Dr. Anne LAUDISOIT**
CIFOR-FCCC, RDC
Université de Kisangani, RDC
Université d'Anvers, Belgique

Année Académique 2015 – 2016

**Méthodes non invasives d'inventaire et de suivi écologique des Chiroptères
(*Mammalia : Chiroptera*) par Capture-Marquage-Recapture au Plateau Lendu
et en Réserve de Faune à Okapis (Ituri, République Démocratique du Congo)**

Claude NDJABU MANDE

Université de Kisangani

Faculté des Sciences

Programme de Diplôme d'Etudes Supérieures (D.E.S.) / Diplôme d'Etudes
Approfondies (D.E.A.) / Masters

Cohorte II

JURY

DUDU AKAIIBE : Professeur Ordinaire, Université de Kisangani/RDC, Président du Jury

JUAKALY MBUMBA : Professeur, Université de Kisangani/RDC, Secrétaire

GEMBU TUNGALUNA : Professeur, Université de Kisangani/RDC, Promoteur

Anne LAUDISOIT : Docteur, Université d'Anvers/Belgique, Co-Promoteur

DANADU MIZANI : Professeur, Université de Kisangani/RDC, Membre

UPOKI AGENONG'A : Professeur, Université de Kisangani/RDC, Membre suppléant

KAHINDO MUHONGYA : Professeur, Université de Kisangani/RDC, Membre suppléant

Octobre 2016

Déclaration

Ce travail a été réalisé grâce à l'appui apporté par le Projet « Forêts et Changement Climatique au Congo » financé par l'Union Européenne et mis en œuvre par le Centre de Recherche Forestière Internationale. Les opinions et résultats présentés dans ce travail ne reflètent pas la position de l'Union Européenne ni la position du CIFOR.

Dédicace

A la mémoire de

Faïda

Le seul survivant de 15 Okapis abattus le 24 juin 2012, à la suite du vandalisme perpétré par un groupe de braconniers à la station d'Epulu (Réserve de Faune à Okapis), succombé à ses blessures le 2 juillet 2012. Sans les Okapis, cette aire protégée ne serait peut-être pas établie.

Remerciements

Cette étude est le fruit d'un véritable travail d'équipe avec l'engagement de nombreux partenaires. Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude au Professeur Guy-Crispin Gembu, promoteur de ce travail. Il nous a fait bénéficier de sa grande expérience en étude des Chiroptères, ce qui est une motivation essentielle à notre engagement pour les études appliquées à la conservation. Son appui scientifique et ses qualités humaines nous ont fort marqués.

Notre reconnaissance envers Dr. Anne Laudisoit, co-promoteur de ce mémoire. Sa détermination et encouragement à explorer des orientations scientifiquement utiles nous sont restés un acquis. De son expertise technique à la participation aux activités de terrain, elle nous a tout simplement modelé, et nous avons pris le goût à la carrière qui nous attend.

Notre vive reconnaissance au Dr. Erik Verheyen de son appui à l'acquisition de bagues, au travers de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. Malgré le statut sécuritaire de « zone rouge permanente » de l'Ituri, son partage d'expériences sur le terrain, en techniques de marquage des Chiroptères dans une approche de suivi par Capture-Marquage-Recapture, a été déterminant pour la réussite de cette étude préliminaire. Que son équipe du Laboratoire d'Ecologie Evolutionnaire de l'Université d'Anvers reçoive nos sincères remerciements pour l'analyse d'ADN à l'identification des spécimens échantillonnés.

Nous remercions les membres du Comité Scientifique Local de la RFO, monsieur Robert Mwinyihali, chef de Projet de Conservation des Forêts de l'Ituri de WCS. Leur agrément à notre projet d'étude, leur assistance technique et accueil nous ont soutenus. Notre gratitude au Professeur Corneille Ewango, le Directeur du CEFRECOF. Sa vocation d'homme de sciences, manifestée au travers des orientations techniques, suivi permanent des activités de terrain et sa contribution à la relecture du manuscrit ont été un appui inestimable à la réalisation de cette étude.

Notre reconnaissance à l'UNIKIS, CSB, IDEA WILD et la coordination de FCCC, leur appui scientifique, logistique et financier à la formation nous a été bénéfique. Merci aux Chiroptérologues Yann Gager (University of Konstanz) et Angelica Menchaca (University of Bristol), leur apport en littérature spécialisée a été opportun. Que le botaniste Justin Asimonyio et les techniciens de terrain Malo et Papy Bombo reçoivent notre gratitude pour le service rendu.

Notre profonde gratitude à notre chère famille biologique pour leur encouragement tout au long de notre cursus académique. Aux collègues apprenants MSc, merci de leur partage scientifique, notamment Evariste Loke, Grâce Wani, Jean-Baptiste Ndamiyehe, Jean-Baptiste Muhindo, Isaac Ahanamungu, Désiré Katembo et Jean-Claude Rizinde.

Résumé

Cette étude présente des méthodes non invasives d'inventaire et de suivi écologique des Chiroptères par Capture-Marquage-Recapture, appliquées à la conservation des espèces. Pour tester la performance des méthodes par description du patron d'activité spécifique, les Chiroptères étaient capturés aux filets, toutes les 2 heures de 18h–6h, dans des fragments forestiers du flanc de Plateau Lendu (FPL) et en forêts humides de la Réserve de Faune à Okapis à Epulu. En quatre sessions (30 nuits-filets/session), 54 individus en une session au FPL et 195 individus en trois sessions à Epulu étaient capturés. Une biopsie par poinçonnage du patagium et des écouvillons buccaux étaient prélevés sur chaque individu avant d'être marqué par bague. La cicatrisation du patagium était complète le 30^{ème} jour post-poinçonnage chez *Epomops franqueti* (Tomes, 1860). Pendant que le succès de capture était favorable aux zones humides avec une stabilité de répartition des femelles en toutes les sessions, les taux de recapture à Epulu étaient enregistrés chez *E. franqueti* à 10,2% et *Hipposideros ruber* (Noack, 1893) à 6%. La mortalité était limitée à 2,4%. L'intercorrélacion entre l'espèce, l'heure d'activité des Chiroptères et la session a assorti le patron d'activité crépusculaire chez *H. ruber*, alors qu'un pic de mouvement strictement nocturne était observé chez *Rousettus aegyptiacus* (É. Geoffroy, 1810). Tant au FPL qu'à Epulu, aucun pic d'activités n'était défini chez *E. franqueti*, tandis qu'une analogie du patron d'activité était observée entre *H. ruber* et *Pipistrellus hesperidus* Temminck, 1840 au FPL. Donc, les méthodes testées ont prouvé leur efficacité et faisabilité.

Mots-clés. Méthodes non invasives, capture-marquage-recapture, Chiroptères, patron d'activité, Plateau Lendu, Réserve de Faune à Okapis.

Summary

This study reports the non-invasive methods of bats inventory and ecological monitoring by Capture-Mark-Recapture, applied to the species conservation. To test the methods performance through the specific activity pattern description, bats were captured in nets every 2 hours from 6: 00 pm to 6: 00 am in mountainous fragmented forest at Lendu Plateau flank (FPL) and humid lowland forest in Okapi Faunal Reserve at Epulu. During four sessions (30 netting nights/session), 54 individuals in one session at FPL and 195 individuals in three sessions at Epulu were captured. A wing punching biopsy and buccal swabs were done for each individual before the ring marking. The wing scarring was complete the 30th day post-punching at *Epomops franqueti* (Tomes, 1860). While the trap success was favorable to wetlands with a stable female's distribution in all sessions, the recapture rates were recorded at Epulu to *E. franqueti* at 10.2% and *Hipposideros ruber* (Noack, 1893) at 6 %. The global mortality rate was limited to 2.4%. The correlation between species, bat's activity time and session matched the specific activity patterns. The *H. ruber* population showed a crepuscular foraging pattern, while a strictly nocturnal movement was observed at *Rousettus aegyptiacus* (É. Geoffroy, 1810). Both FPL and Epulu, no activity pattern was defined at *E. franqueti*, and a similar foraging pattern was observed between *H. ruber* and *Pipistrellus hesperidus* Temminck, 1840 at FPL. So, non-invasive methods tested have proven their effectiveness and feasibility.

Keywords. Non-invasive methods, capture-mark-recapture, bats, activity pattern, Lendu Plateau, Okapi Faunal Reserve.

Résumé i

Summary..... ii

Table des matièresiii

Table des figures..... v

Table des tableaux v

Table des annexes..... v

Liste des acronymes et sigles vi

CHAPITRE 1. INTRODUCTION 1

 1.1. Contexte 1

 1.2. Revue de littérature 4

 1.2.1. Diversité taxinomique des Chiroptères 4

 1.2.2. Influence environnementale et patron d’activité des Chiroptères 4

 1.2.3. Saisonnalité, structure de populations et d’habitats 6

 1.2.4. Sociabilité et cycle de reproduction des Chiroptères 7

 1.2.5. Marquage non invasif et *fitness* des individus dans la recapture 8

 1.3. Problématique de recherche 9

CHAPITRE 2. MATERIEL ET METHODES 13

 2.1. Milieu d’étude 13

 2.1.1. Plateau Lendu 13

 2.1.2. Réserve de Faune à Okapis 14

 2.2. Méthodes 15

 2.2.1. Critères de sélection des sites et des unités d’échantillonnage 15

 2.2.2. Principes d’application de CMR dans une population fermée 16

 2.2.3. Echantillonnage 16

 2.2.4. Capture active 18

2.2.5. Paramètres morphométriques et démographiques.....	19
2.2.6. Biopsie.....	19
2.2.7. Patron d'activité, cicatrisation et relevé environnemental	19
2.2.8. Traitement statistique	20
2.3. Limitation de l'étude.....	24
CHAPITRE 3. RESULTATS.....	25
3.1. Description de populations et d'habitats, effort d'échantillonnage	25
3.1.1. Diversité taxinomique	25
3.1.2. Structure des populations fermées.....	27
3.1.3. Variabilité de structure d'habitats et effort d'échantillonnage.....	28
3.2. Performance du protocole d'échantillonnage à suivi régulier au filet	30
3.2.1. Patron d'activité nocturne des espèces.....	30
3.2.2. Succès de capture intra- et inter-sessions	32
3.2.3. Recapture, mortalité et taille des populations	33
3.2.4. Essai d'estimation de la taille et densité de la population coloniale	34
3.2.5. <i>Fitness</i> des individus : évolution de recapture et de cicatrisation du patagium	35
CHAPITRE 4. DISCUSSION.....	36
4.1. Performance de capture nocturne et de suivi régulier au filet	36
4.1.1. De la partition de niches trophiques à la variabilité taxinomique	36
4.1.2. Influence de structure de populations et d'habitats sur l'échantillonnage	38
4.2. Performance du marquage : <i>fitness</i> des individus.....	40
5. CONCLUSION	43
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	44

Table des figures

Figure 1. Topographie du milieu d'étude : flanc du Plateau Lendu et Epulu.....	15
Figure 2. Schéma d'échantillonnage en deux sessions de CMR	17
Figure 3. Illustration de deux modalités de marquage des Chiroptères.....	18
Figure 4. Caractérisation de deux communautés des Chiroptères.....	26
Figure 5. Comparaison d'effectif des femelles en fonction de cycle de reproduction	27
Figure 6. Cartographie de couvert forestier des sites d'échantillonnage.....	28
Figure 7. Effort d'échantillonnage par session suivant la structure d'habitats	29
Figure 8. Patron d'activité spécifique des Chiroptères.....	30
Figure 9. Extrait du cliché de caméra installée à l'entrée de la colonie de <i>H. ruber</i>	34
Figure 10. Cicatrisation du patagium par jour post-poinçonnage	35

Table des tableaux

Tableau 1. Synthèse de capture par session en 30 nuits-filets.....	25
Tableau 2. Patrons d'activité spécifiques par session	31
Tableau 3. Succès de capture et comparaisons multiples inter-sessions	32
Tableau 4. Taux de recapture, mortalité et taille des populations	33
Tableau 5. Fiche d'enregistrement de données de capture-recapture (terrain).....	54
Tableau 6. Fiche d'enregistrement de données de biopsie (laboratoire de terrain).....	55
Tableau 7. Données synoptiques de la diversité.....	56
Tableau 8. Données morphométriques	57

Table des annexes

Annexe 1. Formulaire d'enregistrement de données de CMR des Chiroptères.....	54
Annexe 2. Données d'inventaire et de suivi des Chiroptères	56
Annexe 3. Collecte de mensurations	57
Annexe 4. Planche photographique des Chiroptères	59

Liste des acronymes et sigles

ADN : Acide désoxyribonucléique

CEFRECOF : Centre de Formation et Recherche en Conservation Forestière

CIFOR : Centre for International Forestry Research

CMR : Capture-Marquage-Recapture

CSB : Centre de Surveillance de la Biodiversité

FCCC : Forêts et Changement Climatique au Congo

FPL : flanc du Plateau Lendu

IBA : Important Bird and Biodiversity Areas

INERA : Institut National d'Etude et de Recherches Agronomiques

ISPT : Institut Supérieur Pédagogique et Technique

IUCN : International Union for the Conservation of Nature

LC : Least Concern

MNT : Modèle Numérique de Terrain

PIT : Passive integrated transponder

RDC : République Démocratique du Congo

RFO : Réserve de Faune à Okapis

UNIKIS : Université de Kisangani

UTM : Universal Transverse Mercator

WCS : Wildlife Conservation Society

CHAPITRE 1. INTRODUCTION

1.1. Contexte

La mise en place d'un plan d'inventaire et de suivi de l'évolution des effectifs d'une population et de la biodiversité en général, ainsi que des processus qui sont à l'origine de leur dynamique, est un domaine de recherche important en écologie. Une option intégrée vise à concilier les objectifs d'une recherche scientifique fondamentale à ceux de la conservation appliquée *in situ*. Cette démarche requiert la mise au point de méthodes qui soient idéalement faciles à implémenter, peu onéreuses en particulier dans les pays émergents, pragmatiques du point de vue bioéthique, écologiquement performantes et statistiquement robustes pour mesurer les divers paramètres afférents à la conservation des écosystèmes. Le suivi de la faune par capture-marquage-recapture (CMR) est l'une de ces méthodes, qui a permis une meilleure compréhension des paramètres biologiques et démographiques de populations animales très diversifiées, notamment les oiseaux (par baguage) et les grands Mammifères par collier radio-émetteur (Gager & Ménage, 2014). Ces techniques visent le suivi des espèces ciblées tout en limitant au maximum le sacrifice et le stress mortel des individus.

De nouvelles technologies faisant usages de puces (*PIT tag*) sous cutanés ou de GPS insérés dans des structures de l'animal (défense d'éléphant, cornes de rhinocéros) sont idéales pour un suivi permanent mais leur utilisation est souvent limitée (Galanti, *et al.*, 2000), soit par la taille des espèces ciblées, soit par les moyens logistiques et financiers pour leur mise en œuvre (Pastorini, *et al.*, 2015). Ainsi, la technique du CMR par baguage combinée à des méthodes non invasives de prélèvement d'échantillons présente d'énormes avantages, tels que la préservation de l'intégrité de l'individu étudié, un temps de manipulation limité, la prise de mensurations et d'échantillons, tout en limitant au maximum la mortalité des individus. Ces méthodes sont incontournables pour la grande faune et pour les espèces protégées ou étudiées dans des parcs et réserves à protection partielle ou intégrale. Face à la multitude de méthodes de marquage, le choix doit être adapté à l'espèce ciblée en tenant compte de sa taille. Toutefois, la clé initiale à toute étude par CMR est la mise au point d'une technique et d'un protocole de capture adapté afin de limiter les pertes. Tels sont les challenges de ce travail qui s'est consacré à développer des méthodes non invasives d'inventaire et de suivi des Chiroptères.

Face aux difficultés d'inventaire de certains groupes taxinomiques, notamment les Chiroptères occupant une niche nocturne (Santana, *et al.*, 2011), le CMR est l'une des approches optimales pour le suivi de leurs populations (Humphrey & Oli, 2015). Considérés tantôt comme des

indicateurs précieux de la biodiversité et de la santé de l'écosystème notamment par leur rôle fondamental dans la pollinisation d'espèces végétales menacées ou d'importance médicinale ou économique (Donkpegan, *et al.*, 2014) ; tantôt comme des réservoirs de virus hautement mortels pour l'homme, entre autres le virus d'Ebola (Pourrut, *et al.*, 2009 ; Baush & Schwarz, 2014) ou pour l'animal, tel que le virus *Hendra* chez les chevaux (McFadden, 2005 ; Baker & Murcia, 2014) ; tantôt comme des esprits malveillants dans de nombreuses sociétés humaines (Labie & Gilgenkrantz, 2006), les Chiroptères fascinent. Ce groupe est également hautement diversifié en taxon avec 925 espèces décrites au monde et 222 connues en Afrique (Calisher, *et al.*, 2006). Par une distribution géographiquement globale, exceptée l'Antarctique, leur diversité taxinomique et fonctionnelle les caractérise par une sensibilité à l'altération naturelle et anthropique de leur habitat ; un corollaire des changements de conditions environnementales associés partiellement au changement climatique (Meyer, *et al.*, 2014).

Intrinsèquement liés à leur habitat, la dynamique des populations de Chiroptères est un facteur très important qui explique non seulement la complexité de leur mode de vie, mais aussi la qualité de leur habitat. Ainsi, les Chiroptères sont reconnus les plus essentiels dans la relation faune-flore en forêts tropicales. La dispersion des diaspores, la pollinisation, le contrôle des insectes ravageurs, etc. constituent un des éléments primordiaux pour le maintien de la biodiversité et l'équilibre des écosystèmes (Charles-Dominique, *et al.*, 1981 ; Donkpegan, *et al.*, 2014). Manifestement dans ce mécanisme, les Chiroptères sont qualifiés d'agents disséminateurs privilégiés sous les tropiques, plus importants que les oiseaux frugivores (Reis & Guillaumet, 1983). Du reste, le rôle d'espèce clé de voûte dans le fonctionnement et le maintien des forêts humides leur est défini, impliquant donc une priorité de conservation de leurs populations afin d'éviter des disparitions en cascade (Prévost, 1983).

Depuis qu'ils ont été reconnus indicateurs biologiques de l'état d'écosystèmes, le suivi de leurs populations est devenu un outil très important pour comprendre l'évolution de ceux-ci (Tsang, *et al.*, 2016). Bien des méthodes ont déjà été adaptées au suivi des Chiroptères dans divers écosystèmes, mais la plupart d'elles n'ont jamais été comparées ou validées systématiquement afin d'affiner l'estimation des divers paramètres démographiques caractérisant leurs populations (Witmer, 2005). Par l'approche non invasive, l'application du CMR à l'inventaire et au suivi des populations de Chiroptères permet une meilleure compréhension de la structure et de l'éthologie des populations, de leur statut biologique et taxinomique, de la dynamique et de la dispersion de leurs populations (Debrot, 1984 ; Hayman, *et al.*, 2012 ; Bobrowiec, *et al.*,

2014), ainsi que de l'apparition et circulation d'agents pathogènes intra- et interspécifiques (Beaucournu, *et al.*, 2015).

Nonobstant, très peu d'études CMR ont été réalisées en Afrique (Bell, 1987) et certainement pas en République Démocratique du Congo (RDC), ce qui renforce des lacunes considérables dans le suivi des Chiroptères dans la région. Par les approches du CMR, cette étude est pionnière en RDC, de fait, elle constitue une ébauche à la compréhension plus large du statut des populations des Chiroptères en habitat forestier. Par ailleurs, dans un contexte de santé publique et vétérinaire, pour rappel la RDC est le berceau du virus Ebola. En effet, 66 agents pathogènes ont déjà été isolés chez ce groupe zoologique, ce qui en fait des organismes hautement intéressants d'un point de vue de leur système immunitaire mais les place en tête du risque zoonotique (Calisher, *et al.*, 2006).

En outre, les Chiroptères présentent une kyrielle de traits biologiques qui les mettent en contact régulier avec l'homme et l'animal. Leur mode de vie (diurne/nocturne, grégaire/solitaire, cavernicole/arboricole, sédentaire/migrateur), leurs stratégies alimentaires (frugivores, insectivores, nectarivores) ou encore leur longévité de 25 à 35 ans (Racey & Entwistle, 2000 ; Furey & Racey, 2016) accentuent leur potentiel épizootique et épidémique à long terme et sur de longues distances (Baker & Murcia, 2014). Contrairement à d'autres petits Mammifères, leur croissance lente, la maturité sexuelle tardive au début, une durée de gestation relativement longue de quatre mois en moyenne (Heideman, *et al.*, 1992) associé à une faible portée (un jeune par an, rarement des jumeaux) sont d'autres particularités de leur cycle biologique (Gembu, 2012).

Par conséquent, suivre les populations de Chiroptères permet également de prédire l'apparition d'un agent pathogène dans une région. De manière régulière et systématique, la séro-surveillance au travers des prélèvements sanguins ou la surveillance moléculaire par biopsie du patagium ou par les écouvillons buccaux est une garantie s'inscrivant dans les stratégies de contrôle et de prévention des épidémies qui peuvent surgir au sein des populations consommatrices de Chiroptères. Bref, le CMR et le suivi régulier des populations ont des nombreux avantages que les prélèvements ou sacrifices exclusifs ne peuvent clamer.

En conclusion, les méthodes de suivi non invasives par l'approche du CMR des Chiroptères s'inscrivent dans une vision intégrée conciliant les objectifs de recherche fondamentale, les besoins de conservation de la biodiversité et les intérêts de la santé publique.

1.2. Revue de littérature

1.2.1. Diversité taxinomique des Chiroptères

Les chauves-souris sont les seuls Mammifères qui ont développé et perfectionné le vol actif avec les mains et méritent l'appellation de « Chiroptères », du grec *Khier* et *pteros* signifient respectivement, mains et ailes (Ndara, 2014). Appartenant à la Classe de *Mammalia* dans l'Ordre des *Chiroptera*, les Chiroptères sont les plus diversifiés en espèces, après les Rongeurs (Dudu, 1991 ; Schneeberger & Voigt, 2016). Cet Ordre est subdivisé en deux Sous-ordres, les *Megachiroptera* et *Microchiroptera*. Les premiers sont représentés par une seule famille, les Pteropodidae, avec 166 espèces décrites. Elles sont généralement de grande taille, et se nourrissent de fruits (frugivores) et de nectar (nectarivores). Ces espèces ont une très bonne vision crépusculaire et n'ont généralement pas développé d'écholocation. Cette fonction est limitée au seul genre *Rousettus* (Barclay & Jacobs, 2011). Les 759 espèces de *Microchiroptera* regroupent toutes les autres familles relativement de plus petites tailles (Calisher, *et al.*, 2006). Elles émettent des ondes ultrasonores pour se déplacer et localiser leurs proies : insectivores et quelquefois hématophages (Javid, 2011).

Les Chiroptères présentent des tailles variées allant de 13 cm d'envergure et 3 cm de long chez *Craseonycteris thonglongyai* Hill, 1974 à 170 cm d'envergure et 42 cm de long chez *Pteropus vampyrus* Erxleben, 1777 (Lapie & Gilgenkrantz, 2006). Grâce à cette diversité morphologique, les Chiroptères ont la capacité d'effectuer des vols puissants à longue distance à la quête de ressources vitales. Ainsi, en fonction de leur régime alimentaire et la diversité spécifique, leur mode de déplacement est lié à la disponibilité des ressources alimentaires sous l'influence des conditions environnementales.

En Afrique, les Chiroptères sont très peu étudiés, voire en RDC. Les publications qui couvrent presque l'ensemble du pays sont celles de Schouteden (1948) et de Hayman *et al.* (1966), qui estimaient leur diversité à 161 espèces sur les 222 décrites en Afrique, dont 11 Mégachiroptères et 150 Microchiroptères.

1.2.2. Influence environnementale et patron d'activité des Chiroptères

Si l'objectif clé du CMR adapté aux Chiroptères est d'acquérir des données solides sur la biologie et l'écologie de leurs espèces, l'influence des conditions d'environnement ambiant sur leurs modes d'activités est à considérer. Le mode de déplacement des Chiroptères est une variable à prendre en compte pour caractériser le patron d'activité spécifique. Le schéma de mouvement des Chiroptères est principalement influencé par l'intensité de la lumière, la

température et l'humidité de l'air (Navara & Nelson, 2007). Les Chiroptères modifient leur comportement et activités nocturnes en fonction de changements des conditions de luminosité relatifs au cycle de lune ou aux interférences créées par les éclairages publics en zones urbanisées (Kuijper, *et al.*, 2008). Généralement, l'adaptation au risque de prédation et la disponibilité de proie sont souvent présumées comme une réponse à ces conditions (Brigham & Barclay, 1992). Bien d'études ont documenté la réduction des activités de Chiroptères pendant la pleine lune. Des tendances similaires ont été rapportées chez les Mégachiroptères tropicaux, notamment *Artibeus jamaicensis* Leach, 1821 (Lang, *et al.*, 2006). Ces auteurs ont présumé que ce comportement avait principalement émergé en réponse à l'augmentation de la pression de prédation, résultant de la meilleure visibilité des Chiroptères par leurs principaux prédateurs, tels que les rapaces nocturnes ou les Ophidiens (Lang, *et al.*, 2006). Dès lors, l'évitement de prédateurs est typiquement cité comme la cause principale de la photophobie.

Globalement, la photophobie est plus remarquée chez les Chiroptères tropicaux que ceux de la région tempérée. La taille de ces derniers les rend plus susceptibles à la prédation que ceux des zones tempérées. Comme la prédation sur les Chiroptères est difficile à évaluer, une mise au point sur la disponibilité de leurs proies pourrait aider à distinguer les différentes formes de pressions. Cependant, les études quantitatives qui s'y rapportent sont encore fragmentaires. La relation entre la température de l'air et la disponibilité en insectes, par conséquent le succès de chasse et le coût de la thermorégulation en vol a été étudiée. Il a été démontré que la diminution de l'humidité de l'air augmente le niveau d'activités de vol des Chiroptères (Lacki, 1984). Bien que les activités de mâles restent significativement importantes sous les deux conditions : haute température et haute humidité relative, un pic d'activité négativement corrélé à l'intensité de la lumière leur est reconnu (Mills, 1986).

Les études récentes renseignent que les Chiroptères tropicaux sont dominés par des espèces à vol lent (frugivores, nectarivores), tandis que ceux de zones tempérées sont principalement composés des insectivores à vol rapide (Saldaña-Vázquez & Munguía-Rosas, 2012). En conclusion, l'humidité, la température et l'intensité lumineuse sont les principaux facteurs influençant les déplacements des Chiroptères, avec comme corollaire les modifications des habitats, en particulier l'ouverture des milieux forestiers, perturbent leurs mouvements.

1.2.3. Saisonnalité, structure de populations et d'habitats

Dans un programme de suivi des populations par CMR, les effets de la saisonnalité sont susceptibles d'entraîner de bais à la suite de la dynamique des populations. Sous l'influence des changements périodiques des conditions d'habitat, les Chiroptères sont capables d'effectuer des mouvements saisonniers en réponse à la modification temporaire des conditions d'habitats. Bobrowiec, *et al.* (2014) ont rapporté que dans le bassin Amazonien, une différence significative a été observée entre les assemblages de populations des Chiroptères vivant en forêts inondables et celles des forêts de terres fermes pendant les saisons des grandes pluies. En forêts de terre ferme, une dissimilarité remarquable de la composition spécifique dans la capture pendant le pic des précipitations est la règle. Bien que l'assemblage des populations diffère significativement entre ces types d'habitat, les frugivores dominent dans les deux formations, alors que l'abondance des insectivores augmente significativement pendant les inondations. Ces faits illustrent les effets complexes de la saisonnalité et de son incidence sur la structure et la dynamique des populations de Chiroptères.

Par ailleurs, les effets du gradient altitudinal se manifestent dans la dispersion et la structure taxinomique des populations. En Guinée équatoriale, la population de *Scotonycteris zenkeri* Matshie, 1894 a été observée avec une faible capacité de dispersion. Le déplacement des individus est limité en dessous de 400 m d'altitude, alors que le *Megaloglossus woermanni* Pangenstecher, 1885 présente une large amplitude de dispersion, atteignant 1800 m (Juste & Perez Del Val, 1995). En dépit de toute autre exigence écologique, la quête de nourriture détermine le sens de mouvement des Chiroptères, tels que chez les *Eidolon helvum* (Kerr, 1792) (Racey & Entwistle, 2000 ; Hayman, *et al.*, 2012).

Le mode de déplacement des Chiroptères est un trait clé qui caractérise leur susceptibilité au changement des conditions d'habitat et en particulier, aux contraintes environnementales locales. Jung, *et al.* (2012) ont prouvé que l'intensité des activités de Chiroptères est corrélée à l'hétérogénéité de la structure forestière. Bader *et al.* (2015) rapportent que les espèces les plus mobiles sont plus communes aux habitats altérés que les habitats primaires. Disposant des petites surfaces alaires et étroites, elles volent très vite. Parcourant des longues distances entre les sites dorts et les sites d'approvisionnement, ces espèces prédominent les espaces ouverts. Cependant, les espèces les moins mobiles sont plus communes en forêt primaire que les habitats altérés. Disposant des larges surfaces alaires, elles volent plus lentement avec une puissante capacité de manœuvre en chasse dans les habitats à grande complexité structurale. D'où, la

composition spécifique locale des populations de Chiroptères est fortement corrélée à la relation « structure d'habitats » et traits « morphologiques spécifiques ».

1.2.4. Sociabilité et cycle de reproduction des Chiroptères

En dépit de toute forme de déplacement, des systèmes sociaux s'établissent au sein des populations de Chiroptères. Ils sont présentés comme une fonction de l'organisation sociale décrivant la taille et la composition des espèces, ainsi que les systèmes d'accouplement et génétiques de reproduction (Kerth & Van Schaik, 2012). Bell (1987) a rapporté que les ressources-défense et femelle-défense ont été identifiées comme facteurs essentiels de la sociabilité des Chiroptères. Ce type de système social très complexe a été documenté pour plusieurs espèces de la famille des Hipposideridae, qui peuvent entretenir un système polygamique dans l'accouplement en colonie. En conclusion, pour une gestion de la conservation, la connaissance de tempérament des espèces permet, non seulement d'adapter les méthodes à leur suivi, mais aussi de préserver les biotopes caractéristiques (Lachat, *et al.*, 2014), tels que les bois morts, les grottes, les arbres à creux.

En lien avec l'organisation sociale, le cycle biologique des Chiroptères est une variante importante à maîtriser dans le suivi de leurs populations. Racey & Entwistle (2000) rapportent que la reproduction, particulièrement la lactation est énergétiquement coûteuse. La disponibilité de nourriture est un facteur déterminant la capacité des femelles à allouer de l'énergie de reproduction. Etant donné qu'en forêt tropicale, la nourriture apparaît abondante toute l'année, la plupart des Mégachiroptères affichent des modèles non saisonniers dans la reproduction. Par contre, du fait que les variations saisonnières, en termes de température, ne peuvent être extrêmes dans les régions tropicales, les Microchiroptères éprouvent un degré de saisonnalité lié au modèle des précipitations.

Puisque la disponibilité de fruits mûrs est souvent concentrée du milieu de saison sèche à la première moitié de saison des pluies (Molinari & Soriano, 2014), les Mégachiroptères femelles sont généralement en gestation en juillet-août, la parturition en fin novembre-décembre et la lactation a lieu de décembre à janvier (Heideman, *et al.*, 1992). A la lactation, les femelles sont mobiles avec les jeunes allaitant portés au ventre. Chez les Microchiroptères, la parturition a généralement lieu au début des pluies et la lactation durant le pic de la saison pluvieuse. Donc, la synchronisation de la reproduction avec les périodes de grande disponibilité des ressources alimentaires est souvent considérée, sous les tropiques, d'être le facteur principal influençant la reproduction des Chiroptères. D'où, la planification d'une campagne CMR doit assurément

tenir compte des variables biologiquement liées au taxon ciblé pour éviter de stresser les femelles reproductrices en grand nombre.

1.2.5. Marquage non invasif et *fitness* des individus dans la recapture

En vue d'accroître les efforts de conservation et de gestion des populations, le suivi des Chiroptères a évolué par le développement de techniques de marquage variées. En tenant compte des questions d'éthique, les méthodes à forte probabilité de dommage sur les individus ont progressivement été abandonnées. Selon Hitchcock (1957), depuis 1921, des marques métalliques ont été utilisées pour le marquage aux pattes, tant chez les Chiroptères que les Oiseaux. A partir de 1932, le marquage temporaire a dû être adopté. Les tatouages, le marquage à gel, le marquage à chaleur, l'amputation d'orteil ou de phalange et le perçage d'oreilles ont été couramment utilisés. Avec l'émergence de l'éthique biologique, ces pratiques sont actuellement soumises à des restrictions (Rudran, 1996).

En 1934, les marques métalliques ont été complètement abandonnées avec l'avènement des bagues en aluminium, des bagues en acier inoxydable ou en plastique, des colliers en chaîne, des étiquettes et de la teinture à composés organiques fluorescents (de courte à longue durée). Avec une large adoption de marquage à bague d'aluminium à l'avant-bras, on estimait jusqu'à 1957 près de 200 000 Chiroptères marqués (Hitchcock, 1957). Toutefois des cas de malformation de l'avant-bras ont été notés chez les individus marqués à leur âge de croissance. En regard de ce constat, Bonaccorso & Smythe (1972) ont initié le marquage par le poinçonnage du patagium, à partir duquel aucune lésion grave n'avait été détectée. Bien que la durée de marquage par poinçonnage soit rapide (en moyenne d'un individu marqué en une minute), si aucune norme aseptique n'est prescrite pour son application, le risque d'infection massive des individus marqués est élevé.

Dès 1980, le transpondage ou *Passive Integrated Transponder (PIT tag)*, comme techniques de marquage des Chiroptères, a été appliqué pour collecter des données écologiques et comportementales par la télémétrie (Gager & Ménage, 2014). Des puces à code-barres unique, biologiquement inertes à circuit intégré, ont été utilisées par injection sous-cutanée. Les Chiroptères marqués sont détectés à distance, ou en utilisant une boucle d'antenne, par exemple aux abords du site dortoir (Stebbing, 2004).

Actuellement une combinaison des techniques non invasives de marquage associées à l'approche moléculaire est disponible. Elle permet de collecter des données biologiques, démographiques et écologiques avec une durée de manipulation très limitée des individus au

travers de poinçonnage, les écouvillons buccaux, la collecte de poils et de fèces (Kohn, *et al.*, 1999 ; Corthals, *et al.*, 2015). Donc, il apparaît aujourd'hui que seule une combinaison de techniques permettra d'accroître les possibilités de distinguer les individus marqués à faible coût et moindre effort.

Si le taux de capture est influencé par les paramètres écologiques, le taux de recapture est relativement influencé par les atteintes physiques liées à la capture au filet, le stress dû à la manipulation et à l'intensité des dommages infligés à l'individu lors du marquage. Très peu de publications portent sur l'évaluation du taux de recapture et la *fitness* des individus en région tropicale. Schorr, *et al.*, (2014) ont rapporté des taux de recapture de Chiroptères migrants en régions tempérées avec des valeurs extrêmement variables allant de 34% chez une espèce migratrice (*Lasiurus cinereus*) à 3% dans une colonie des *Lasionycteris noctivagans*.

Le CMR effectué dans des colonies en Bulgarie, ont rapporté des moyennes de recapture de 7,8% (*Rhinolophus ferrumequinum*), 4,3% (*Rhinolophus euryale*) et 4,3% chez *Rhinolophus mehelyi* (Dietz, *et al.*, 2006). D'aucuns tentent d'expliquer la probabilité de recapture par certaines variables non encore élucidées, notamment la discrétion de la plupart des espèces de Chiroptères (Humphrey & Oli, 2015). Au regard de cette complexité de comportement, l'évitement de piège (*trap shyness*) ou la bravoure de piège (*trap happiness*) en réponse à la recapture sont également mis en évidence pour expliquer la probabilité de recapture et le biais qu'il induit dans les diverses estimations de paramètres démographiques des populations (Kunz, 2003 ; Akanda & Alpizar-Jara, 2014). En définitive, puisqu'aucune information sur les taux de recapture spécifiques en zones tropicales n'est disponible, le présent travail s'avère à cet égard pionnier.

1.3. Problématique de recherche

Le CMR se révèle être un outil efficace de diagnostic des populations dans une perspective de conservation. Cependant, au regard des difficultés d'inventaire des Chiroptères, des pratiques invasives perdurent (O'Shea & Bogan, 2003 ; Kerth & Van Schaik, 2012). En outre, les études quasi approximatives des Chiroptères en RDC ne tiennent presque guère en compte le statut des espèces (selon la classification IUCN), encore moins du statut des aires de recherche (selon les législations congolaises). Sans forcément veiller aux questions de la bioéthique, ces pratiques usuelles de capture induisent des dommages notables sur la faune sauvage. Tenant compte des préoccupations actuelles du courant conservacionniste, le suivi des animaux par des approches non invasives constitue donc, un devoir de tout chercheur du 21^{ème} siècle.

De nombreux laboratoires, y compris ceux des Universités congolaises, continuent à piéger au filet demeurant ouvert toute la nuit (Ifuta, 1993 ; Gembu, 2012). Bien de fois, ces pratiques aboutissent à un relevé unique des filets et les spécimens morts, dans 75% de cas, sont parfois dévorés par des fourmis. Les individus encore vivants sont généralement sacrifiés par dislocation des vertèbres cervicales ou, dans des plus rares cas, euthanasiés. Il existe ainsi des milliers de tissus ou d'individus, conservés en éthanol ou en formol, collectés pour des besoins d'inventaire de la biodiversité. Malheureusement dans les faits, il s'agit de prélèvements non supervisés, peu utiles, et surtout excessifs car ces spécimens ne sont que rarement exploités scientifiquement *in toto*. Au mieux, ces collections permettent de réaliser des cartes de présence/absence d'individus. Toutefois, des analyses quantitatives et intégrées tenant compte de la phénologie, des préférences écologiques au sein des mosaïques d'habitats échantillonnés, des patrons d'activité (uniquement possible par un suivi des captures au filet par CMR) afin de rendre compte de leur densité et abondance spécifique sont rares. Hors, il est d'autant plus fondamental d'évoluer dans un contexte actualisé de gestion durable des espèces afin d'acquérir des échantillons biologiques selon des approches non invasives et éthiques.

En effet, les nouveaux accords de Nagoya et la restriction de certains journaux scientifiques spécialisés, aux facteurs d'impact importants (*Acta Chiropterologica*, *Journal of Mammalogy*, *Ecology and Evolution*, etc.), de publier des études n'ayant pas sacrifié les animaux ont récemment mis à jour les jalons régissant la possibilité d'une publication de résultats de recherche scientifique. Il est toutefois évident que les spécimens de référence, provenant notamment de régions peu prospectées ou qui suggèrent l'existence d'une espèce nouvelle pour la science, devront encore être prélevés et sacrifiés. Néanmoins, le nombre d'individus à éliminer sera, dans ces deux contextes, limité et justifié par les enjeux de l'étude.

En effet, une compréhension complète de la démographie et de la dynamique des populations requiert des données continues de CMR, collectées sur un minimum d'une année et idéalement sur une dizaine d'années, ce qui est rare pour les Chiroptères (Chauvenet, *et al.*, 2014). Le CMR permet, en outre, la génération de série temporelle « *time series* » par le suivi d'individus et à long terme, de voir les patrons saisonniers ou pics saisonniers d'activité des individus afin de prédire le devenir de leurs effectifs. Bien que les Chiroptères soient très peu étudiés en régions tropicales, ils représentent néanmoins un intérêt particulier pour les tests de fiabilité et de performance de suivi par le CMR (Puechmaille & Petit, 2007).

Comme soubassement à l'essor des méthodes durables de suivi, la véritable explosion de l'approche moléculaire apporte des précieux renseignements sur l'identité spécifique ou

individuelle, l'origine de certains taxons et leurs relations de parenté avec d'autres entités taxinomiques (Caizergues, 2005). Dès lors, la biopsie du patagium, la collection de cellules par écouvillons buccaux et de fèces pour collecter des quantités suffisantes d'ADN, permettent sans sacrifier l'individu, le séquençage en vue d'obtenir l'identité spécifique de l'individu et la surveillance de certaines infections zoonotiques (Corthals, *et al.*, 2015 ; Field, *et al.*, 2015). Des bases de données génétiques préexistantes, publiées et centralisées sur *GenBank* ou dans des collections de musées, sont donc nécessaires afin de comparer les échantillons collectés avec ceux déjà renseignés dans les collections mondiales.

Puisqu'un test, en toutes les disciplines, doit être soumis à diverses conditions de vérification, en tenant compte des facteurs influençant les activités des Chiroptères (en particulier la relation structure d'habitat – morphologie spécifique – régime alimentaire), les fragments de forêts claires du FPL et les forêts humides de la Réserve de Faune à Okapis (RFO) à Epulu ont été retenus pour cette étude. Dans le massif forestier du FPL existe une diversité biologique et génétique particulières dues à son isolement relativement plus ancien des autres paysages du Rift Albertin (Plumptre *et al.*, 2007). Ce paysage est, cependant, peu connu et moins exploré scientifiquement vu son statut sécuritaire de zone rouge permanente. Les rares inventaires faunistiques menés ont fait état d'un niveau élevé d'endémisme, en particulier de l'avifaune et de l'herpétofaune (Demey & Louette, 2001 ; Fishpool & Collar, 2006 ; Evans *et al.*, 2011). Quelques prospections ornithologiques réalisées dans la région par Vrijdagh (1949) et Pedersen (1997) renseignent sur la présence de 37 espèces d'oiseaux. Des inventaires de biodiversité mammalienne sont en cours, par une équipe conjointe du CIFOR-UNIKIS-ISPT Rethy. Ils ont déjà fait état de la présence de 16 espèces de primates et d'une population non décrite de chimpanzés orientaux (*Pan troglodytes schweinfurthii*), s'élevant à au moins 36 individus (Laudisoit, *et al.*, 2016b).

Ce paysage héberge vraisemblablement de nombreuses espèces de Chiroptères, dont les populations forestières sont probablement fragmentées au même titre que leur habitat. Hormis la reconnaissance très récente de deux nouvelles espèces du groupe *Rhinolophus maclaudi* (*Rhinolophus willardi* sp. nov. Kerbis Peterhans & Fahr) et *Rhinolophus kahuzi* sp. nov. Fahr & Kerbis Peterhans, décrites dans le sud du Rift Albertin (Kerbis Peterhans, *et al.*, 2013), aucune donnée relative aux Chiroptères des montagnes s'élevant du lac Albert au Plateau Lendu n'est disponible. La pratique du CMR au FPL a donc eu pour but de débiter l'inventaire des Chiroptères de cette région.

Dans une optique d'étude des populations de Chiroptères dans une aire à vocation de protection, la RFO a offert un cadre idéal pour l'expérimentation de la performance de CMR. De par sa richesse biologique, elle est établie dans un sanctuaire de mégabiodiversité du paysage à forêt humide, pour la protection d'habitat naturel de l'Okapi : *Okapia johnstoni* (Sclater, 1901) et d'autres espèces emblématiques de la RDC (Katuala, *et al.*, 2005). Toutefois, la connaissance lacunaire d'une gamme d'espèces faunistiques, notamment les Chiroptères (Blake, *et al.*, 2005), constitue une faiblesse notable pour l'intégration des propriétés spatiales d'habitats dans une approche de l'aménagement durable de la réserve. En regard de rôles biologiques des Chiroptères et de vocation de la RFO, l'instauration d'un mécanisme de suivi de leurs populations serait un exemple applicable à d'autres groupes, en généralisant l'implémentation de CMR à partir de la RFO, idéalement à l'ensemble de 49 aires protégées de la RDC.

Dans une visée d'inventaire des Chiroptères, l'option pour le FPL était également d'expérimenter le CMR dans un contexte des paysages à forêts claires de montagnes, comparativement aux forêts humides de basse altitude de la RFO. Par conséquent, cette étude se fonde sur une question et une hypothèse principale d'ordre méthodologique à savoir : l'efficacité du CMR de Chiroptères est-elle liée au patron d'activité nocturne spécifique ? D'autres questions liées au mouvement des individus au sein d'une population fermée ont été testées soit i) l'influence du cycle de reproduction sur la distribution des femelles en sessions d'étude et, ii) les causes et effets de variabilité de performances des méthodes non invasives testées.

1.4. Hypothèse

L'efficacité du CMR est liée au relevé de capture adapté aux pics d'activité nocturne de chaque espèce. Au regard de mouvement des individus, i) le cycle de reproduction des femelles n'a pas d'incidence sur leur distribution dans une population fermée et ii) la performance de méthodes non invasives dépend des effets du marquage sur la *fitness* de l'individu.

1.5. Objectif

Cette étude vise principalement à tester la performance de CMR par échantillonnage au filet (relevé toutes les deux heures) pour décrire le patron d'activité nocturne des espèces de Chiroptères. En outre, i) déterminer l'influence du cycle de reproduction sur la distribution des femelles en sessions d'étude, ii) évaluer les causes et effets de variabilité de performance des méthodes non invasives testées.

CHAPITRE 2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Milieu d'étude

2.1.1. Plateau Lendu

Le Plateau Lendu est un massif forestier au nord-est de la RDC, situé à l'extrême nord du Rift Albertin en Ituri, dans les Monts Bleus sur une superficie de 410 000ha (Figure 1). Le relèvement du plateau le long de son bord oriental présente un certain nombre de cônes montagneux. Situé à l'ouest du lac Albert (620 m d'altitude), le point culminant est à 2 455 m (Mont Aboro), autrefois sous le statut d'une réserve forestière naturelle à l'époque coloniale (Ssemmanda & Fuller, 2005). Le plateau et le versant du lac Albert sont classés une région de biodiversité et avifaune importantes (IBA) ou « *Important Bird and Biodiversity Areas* » (Demey & Louette, 2001). La conversion rapide des forêts d'altitude en surface agricole a défiguré la région, de manière silencieuse mais définitive. Ses versants plongeant vers le lac Albert sont aujourd'hui les derniers refuges d'une faune et flore autrefois abondante dans toute la région (Fishpool & Collar, 2006).

La végétation du paysage est actuellement dominée par la savane herbeuse. Des fragments forestiers de type « forêt galerie » persistent sur les pentes escarpées du versant de lac Albert. Ces reliques sont des forêts secondaires claires ou fermées et bordent les différentes rivières qui se déversent dans le lac Albert (Figure 6). Elles sont riches en espèces appartenant aux familles des Sapotaceae, Annonaceae, Cannabaceae, Putrangivaceae, Fabaceae, Sapindaceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Boraginaceae. En général, le sous-bois est clair avec quelques arbustes, essentiellement représentés par des Euphorbiaceae, Thomandersiaceae, Acanthaceae et Rubiaceae (Laudisoit, *et al.*, 2016b). En première approximation, les forêts galeries fragmentées couvrent une superficie d'environ 2 500 ha et sont séparées par des zones cultivées et des jachères jeunes et vieilles (Laudisoit, *et al.*, 2016a).

Le climat est équatorial (Af) du type montagneux selon la classification de Köppen, la température moyenne annuelle varie de 18 – 25°C. Les périodes de fortes pluies sont observées aux mois d'avril, septembre et octobre. La saison relativement sèche se situe entre décembre, février et août. Un volume moyen de précipitations enregistré par l'INERA à Nioka donne des valeurs de 1 100 mm à 1 400 mm annuellement (Laudisoit, *et al.*, 2016b).

2.1.2. Réserve de Faune à Okapis

La RFO est située au nord-est de la RDC, en forêt humide de l'Ituri entre 700 et 1000 m d'altitude (Figure 1). Elle jouit du statut d'une réserve naturelle, créée en 1992 sur une superficie de 1 372 625 ha et inscrite sur la liste des sites du Patrimoine mondial de l'UNESCO en 1996. La RFO est l'un des paysages d'Afrique les plus diversifiés, abritant une faune d'oiseaux et de mammifères exceptionnellement riches.

La végétation de la RFO peut être caractérisée en utilisant quatre types d'habitats décrits par White et Edwards (2000). La forêt monodominante à *Gilbertiodendron dewevrei* (DE WILD.) J. LEONARD (Fabaceae-caesalpinoidae) est un habitat moins diversifié en espèce. La forêt mixte, habitat le plus diversifié est généralement représenté par *Julbernardia seretii* (DE WILD.) TROUPIN ou *Cynometra alexandri* C. H. WRIGHT (Fabaceae-caesalpinoidae) et *Klainedoxa gabonensis* PIERRE var. *oblongifolia* ENGLER ex DE WILD. (Irvingaceae). La forêt marécageuse le long des cours d'eau ou sur les sols régulièrement inondés est représentée par *Uapaca guineensis* MULL. ARG., *Macaranga schweinfurthii* PAX (Rubiaceae), *Hallea stipulosa* (DC.) LEROY ou *Mitragyna stipulosa* (DC.) KUNTZE (Rubiaceae). On note enfin, la forêt secondaire à dominance de *Musanga cecropioides* R. BR. (Moraceae), *Trema guineensis* (K. SCHUM. & THONN.) FICALHO (Ulmaceae).

La réserve jouit d'un climat équatorial chaud et humide (Af de la classification de Köppen). La température moyenne annuelle est supérieure à 24°C, avec une amplitude thermique très faible. Un volume de précipitations enregistré à la Station d'Epulu, là où cette étude a été réalisée, varie entre 1 600 mm et 1 800 mm (Bujo & Batido, 2009).

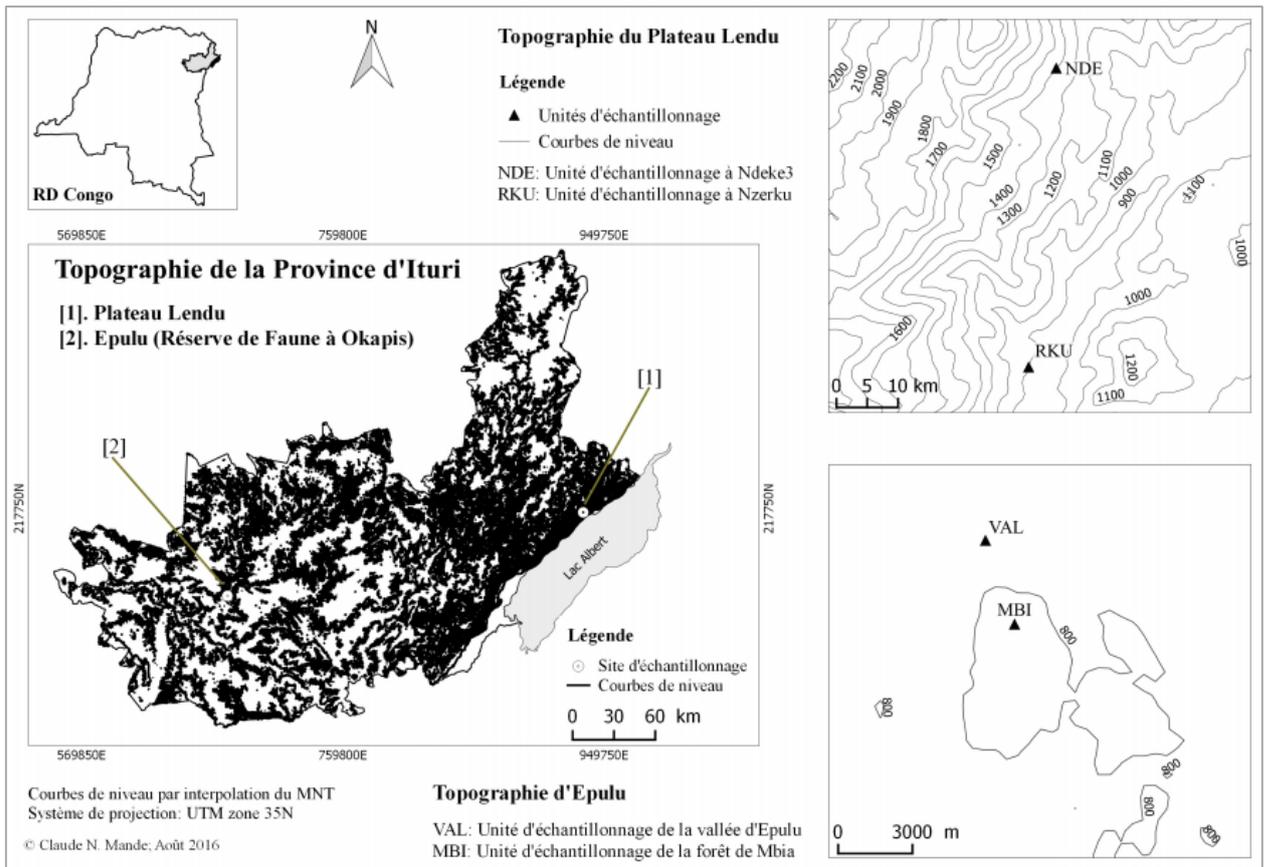


Figure 1. Topographie du milieu d'étude : flanc du Plateau Lendu et Epulu

2.2. Méthodes

2.2.1. Critères de sélection des sites et des unités d'échantillonnage

La sélection fondamentale du Plateau Lendu et de la RFO a été basée sur la richesse de leur biodiversité et la structure d'habitats les caractérisant. Trois critères majeurs ont été prédéfinis pour retenir ces deux sites d'étude (i) l'existence de deux paysages aux caractéristiques distinctes d'habitats (FPL et RFO) ; (ii) la présence d'une forêt naturelle non perturbée ou dégradée dans chaque paysage et (iii) deux paysages à potentiel biologique avéré (IBA pour le Plateau Lendu et Patrimoine Mondial de l'UNESCO pour la RFO).

Dans chaque paysage, un site a été retenu. Au sein de chaque site, deux unités d'échantillonnage ont été sélectionnées en tenant compte de l'hétérogénéité spatiale et structurale d'habitats. Etant donné la fragmentation des habitats optimaux, les corridors à Chiroptères, les micro-habitats présentant de l'abri/gîte de refuge et les ressources alimentaires suffisantes (arbres en fructification, berge des cours d'eau) ont été privilégiés. Puisque les zones humides offrent une diversité spécifique, potentiellement élevée, les zones humides (1^{ère} unité d'échantillonnage) et les habitats sur la terre ferme (2^{ème} unité d'échantillonnage) ont été retenus dans chaque site.

En effet, deux unités d'échantillonnage ont été retenues au FPL. A Ndeke3 (1^{ère} unité d'échantillonnage), les abords d'une grotte dans une relique forestière ripicole a été prospectée (1°58'59,2"N ; 30°55'00,6"E ; 1383m). A Nzerku, deux fragments forestiers ont été échantillonnés (1°56'29,2"N ; 30°54'17,8"E ; 1114m et 1°56'27,9"N ; 30°54'23,1"E ; 855m). A Epulu, la forêt ripicole de la vallée d'Epulu (1°23'56,5"N ; 28°34'06,5"E ; 739 m) et la forêt primaire mixte de Mbia (1°23'21,6"N ; 28°34'31,4"E ; 864m) ont respectivement constitué la 1^{ère} et la seconde unité d'échantillonnage (Figure 1).

2.2.2. Principes d'application de CMR dans une population fermée

L'évaluation de la structure, le statut et l'état des populations animales exige la mise au point d'un protocole d'échantillonnage standard. De fait, le CMR est appliqué à des populations supposées fermées (Duplantier, *et al.*, 1984 ; Nichols & Dickman, 1996 ; Ellison, 2008). Une population fermée se définit comme une population n'enregistrant pas de gain (pas de naissance ; ni d'immigration), ni de perte (pas de décès ; ni d'émigration) d'individus durant la période d'étude. Ensuite, le marquage à appliquer doit être inaltérable pendant la période d'étude et ne peut affecter la survie des individus marqués. Enfin, la probabilité de capture et recapture de chaque individu doit être identique à chaque session, ce qui implique que l'intervalle de temps entre les deux sessions de capture-recapture doit être relativement court.

2.2.3. Echantillonnage

Cette étude a été effectuée au cours de quatre sessions endéans 50 jours (du 24 mai au 12 juillet 2016), concomitamment entre le FPL et Epulu/RFO. Pour chaque session, la répartition spatiale des stations de capture était fonction de la qualité d'habitat et de la cible visée (couloir de circulation, les abords de sites dorts et de cours d'eau, les arbres à fructification dans un rayon d'au plus 500 m). Pour contrarier le comportement de l'évitement de pièges, les stations étaient continuellement ajustées. En fonction de la qualité d'habitat, un décalage de filets d'au plus 500 m en chaque nouvel événement de CMR était exigé. Au regard de fidélité des Chiroptères à leurs habitats, pendant le suivi des populations, la réinstallation des filets s'organisait scrupuleusement aux mêmes endroits qu'à l'inventaire.

Dans chaque unité d'échantillonnage, les 5 stations CMR ont été mises en place, représentées par les 5 filets japonais de sous-canopée (12 m de long, 3 m de hauteur et 2 cm de maille) pour 6 événements de CMR par session (1 événement = 1 nuit de CMR ; son unité = 5 nuits-filets d'effort de capture). Au cours d'une session de CMR, les 2 unités ont été alternativement échantillonnées en raison de 3 événements par unité en 48 heures d'intervalle. La figure 2

explicite le cycle itératif d'échantillonnage, dont le schéma est reproductible tant en inventaire qu'au suivi. En somme, 120 nuits-filets ont été effectués en 4 sessions de 30 nuits-filets/session.

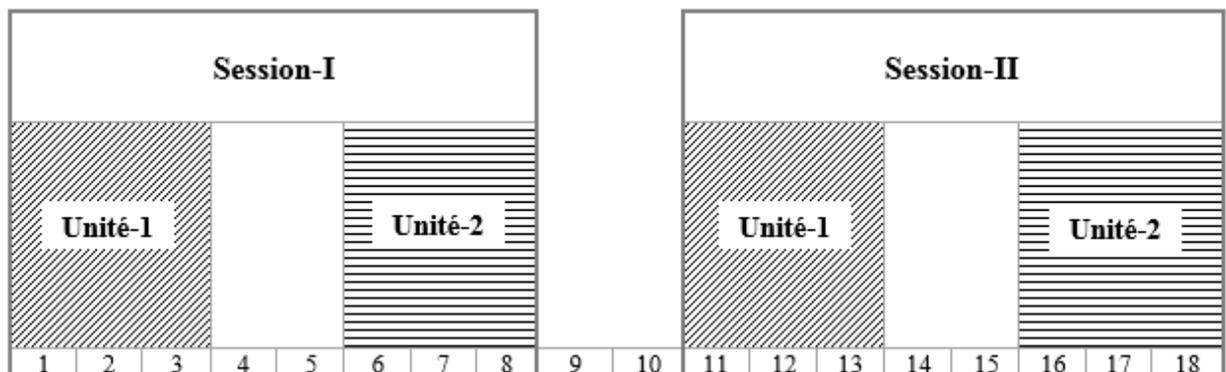


Figure 2. Schéma d'échantillonnage en deux sessions de CMR

Session-I ou II : 1^{ère} ou 2^{ème} session CMR ; Unité-1 ou 2 : 1^{ère} et 2^{ème} unité d'échantillonnage ; [1 à 18] : 1^{er} au 18^{ème} événement de CMR

Etant donné qu'Epulu était retenu pour une expérimentation complète, deux types de marquage y ont été testés. Au FPL, le marquage permanent en une session a été appliqué. Les trois autres sessions ont été réparties à Epulu à l'inventaire et au suivi. Au cours de l'inventaire (phase test), une série de combinaison des techniques de marquages temporaires a été testée, soit l'association de la teinture à la rhodamine (Rhodamine B) au rasage filiforme du pelage pectoral et au poinçonnage du patagium (section : 12,5mm²). La mise au point de ces techniques et la manipulation avaient, par ailleurs, connu une phase de test préliminaire au cours d'un stage de terrain dans une autre aire protégée de la RDC, le Domaine de Chasse de Rubi-Tele, Province du Bas-Uélé, au cours d'un stage de formation en avril 2016.

En phase de suivi, le marquage permanent à bagues, commandées spécifiquement pour la RDC au format mixte Microchiroptères et Mégachiroptères, a été mis en application (codes uniques allant de RDC0001 à RDC1000 ; masse : 0,07 gramme ; taille 2 ; Aluminium ; National Band & tag ; www.nationalband.com). Pour les deux sites, une caractérisation des bagues a été adoptée, du RDC0001 à RDC0200 (200 bagues au FPL) et RDC0201 à RDC0500 (300 bagues à Epulu). Les 500 bagues restant (RDC0501 – RDC1000) seront utilisées pour les suivis ultérieurs dans ces deux sites.

En respect de normes éditées pour le marquage des Microchiroptères (Kunz, *et al.*, 1996), après une incision (stérilisation de matériel à l'éthanol-70% au préalable), une bague se posait à l'avant-bras (individu mâle au côté droit et la femelle à gauche). En regard de la dimension de

bagues, des nouvelles modalités de marquage ont été testées. Les individus de grande taille, généralement les Mégachiroptères, ont été bagués au 3^{ème} doigt.



Figure 3. Illustration de deux modalités de marquage des Chiroptères

[1] : Marquage au 3^{ème} doigt d'*Epomops franqueti* (Tomes, 1860)

[2] : Marquage à l'avant-bras d'*Hipposideros ruber* (Noack, 1893)

Par ailleurs, dans une colonie de *H. ruber* à Epulu, occupant un creux d'arbre (*Klainedoxa gabonensis* PIERRE) en forêt de Mbia, un essai pilote d'estimation de la taille et de la densité de population par le piège photographique a été effectué. L'appareil a été placé à l'entrée du gîte à 5 m du sol, en visant le mieux possible la zone de repos. Programmé en mode hybride avec divers paramètres de sensibilité (3 images consécutives par déclenchement de résolution 14 mégapixels, 1 vidéo de résolution 1080p, une impression systématique de la date, de l'heure et de marque de l'appareil), le piège caméra a été immobilisé durant 72 heures.

2.2.4. Capture active

Testant des approches non invasives d'inventaire et de suivi des Chiroptères, les relevés des filets ont été planifiés à une fréquence de 2 heures entre 18h00 et 6h00 du matin avec une pause entre 22h00 et 2h00. Les filets restaient fermés durant la journée, du fait que les Chiroptères tropicaux ont des mœurs nocturnes (Racey & Entwistle, 2000 ; Santana, *et al.*, 2011). Les deux sous-ordres, Microchiroptera et Megachiroptera ont été échantillonnés. A chaque relevé, les mensurations d'au moins 3 spécimens/espèce ont été prélevées. Pour tout spécimen non identifié *in situ*, un mâle et une femelle de l'espèce (si possible) ont été sacrifiés, un code unique NDU-### (001 à 015 ; FPL) et EPU-### (001 à 019 ; Epulu) attribué, et préservé en formol en vue d'une détermination ultérieure basée sur la craniométrie.

2.2.5. Paramètres morphométriques et démographiques

Pour la détermination des taxons *in situ*, une description morphologique et cinq paramètres morphométriques, dictés par les clés d'identification de Patterson & Webala (2012) : masse corporelle (gramme ; M), longueur avant-bras (mm ; LAB), longueur tibia (mm ; Lti), longueur oreille (mm ; Lo) et longueur totale (mm ; Lto) ont été mesurés. Une série de caractéristiques démographiques soit l'âge, le sexe et les conditions sexuelles (nullipare, gestation, allaitement et multipare chez les femelles ; le niveau de développement des testicules : scrotum visible ou non chez les mâles) ont été notées. Après examen morphologique, les mensurations, la biopsie et le marquage, les individus capturés vivants ont immédiatement été relâchés. Dans le cas où l'identification spécifique préliminaire n'était pas possible ou si la prise de photographie s'avérait nécessaire à la lumière du jour, les spécimens ont été maintenus vivants individuellement dans un sac en toile à l'abri de la lumière pour les relâcher sur le site de leur capture en fin de journée (18h00).

2.2.6. Biopsie

La collection biologique visait à retracer avec certitude la phylogénie des taxons et éventuellement la recherche de pathogènes par voie moléculaire. Sur tout individu vivant, la biopsie du patagium par poinçonnage (mâle au côté droit ; femelle à gauche) et la collection de poils ont été réalisées sur les individus capturés la première fois et conservé en éthanol (70%). Par ailleurs, en vue d'identifier les porteurs d'agents pathogènes dans la salive, les écouvillons buccaux ont été prélevés sur tous les individus et conservés à sec, et tout ectoparasite collecté était préservé en éthanol (70%). En cas de mort accidentelle, le sang cardiaque adsorbé sur le sérobuvard a été gardé à sec au silica gel au terme de la dissection. Le fœtus amputé au museau (femelle gestante), les segments d'organes vitaux (langue, cœur, poumons, foie, reins et rate) préservés en *duplicata* en éthanol (70%) et RNA later *invitrogen* et les carcasses ont été conservées en formol (10%). Portant un code unique au préfixe NDU-### (001 – 040, FPL) et EPU-### (001 – 121, Epulu), toutes les biopsies de l'échantillon ont ainsi été standardisées.

2.2.7. Patron d'activité, cicatrisation et relevé environnemental

Afin de décrire le patron d'activité nocturne pour chaque espèce, la date et les heures de relevés de chaque individu ont été notées. En toute recapture, le niveau de reconstitution du patagium était estimé. Les données botaniques ont été collectées pour servir à la description sommaire des sites d'étude. Essentiellement basés sur les observations directes, le relevé botanique a été focalisé sur le dénombrement à vue des arbres émergents. Tant au FPL qu'à Epulu, des *transects*

ont été réalisés dans les différentes unités d'échantillonnage, sous la conduite des botanistes. Les individus présents dans la voûte forestière ont été systématiquement recensés. Une paire de jumelle a été utilisée pour affiner les observations dans la canopée. Par ailleurs, une série d'échantillons d'organes de plantes ont été collectés, séchés dans une presse ou en silica gel en vue de l'identification ultérieure. Les coordonnées géographiques des unités d'échantillonnage et des stations CMR ont été enregistrées au GPS manuel (Garmin GPSmap 62stc).

2.2.8. Traitement statistique

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel gratuit R (R-cran, version 3.1.2) et PAST. Toutes les sessions étant considérées indépendantes dans l'analyse des données, elles ont été standardisées et ramenées à une unité de 30 nuits-filets d'effort de capture. Dans les simulations statistiques, les quatre sessions CMR équivalent à quatre sites temporellement différenciés. Suivant le système d'encodage adopté, on interprète, [NDU] : la session d'inventaire au FPL ; [EPU] : la session d'inventaire à Epulu ; [EPU1] : la 1^{ère} session de suivi à Epulu ; [EPU2] : la 2^{ème} session de suivi à Epulu.

2.2.8.1. Analyse du patron d'activité nocturne spécifique

Le mouvement des Chiroptères est considéré comme une réponse au besoin d'alimentation. Par conséquent, l'heure d'activité pour chaque espèce est conditionnée par certains facteurs environnementaux qui régissent la disponibilité des ressources alimentaires et la capacité thermorégulatrice de l'espèce. Bien que ces facteurs n'aient pas été mesurés, intuitivement l'intensité de l'éclairement, la fluctuation de la température et de l'humidité de l'air en cycle circadien sont une preuve d'influence environnementale sur le déplacement des Chiroptères. Dans l'analyse du pic d'activité, nous considérons une échelle temporelle d'une nuit, divisée en une série d'observations effectuées à l'intervalle de deux heures, au cours desquelles la composition spécifique en relation avec l'heure de déplacement et la session de capture sont mesurées.

L'effet de l'échelle temporelle sur la composition spécifique des Chiroptères actifs (probabilité de capture au filet), est analysé par la méthode d'ordination directe. L'intercorrélation entre l'observation (session), la variable réponse ou descripteur (espèce) et la variable explicative (heure d'activité) est testée par l'analyse de redondance (RDA) à l'aide du package *vegan* dans R. Au regard de la dynamique des conditions de l'environnement ambiant en une nuit, les heures d'activité représentent l'équivalent d'un gradient environnemental au cours duquel toutes les espèces sont favorisées. L'espèce est ainsi utilisée comme un descripteur à mesurer

en différentes heures et sessions. Appliqué sur une matrice des données composites (NDU, EPU, EPU1 et EPU2), ce test a permis de relier la composition spécifique aux autres variables quantitatives (succès de capture) et qualitatives (heures et sessions) à différents relevés.

En projection orthogonale, les axes RDA1 (score du succès de capture par espèce) et RDA2 (score de la diversité spécifique par session) résument les informations de la majorité des données analysées. L'intercorrélation entre les variables est obtenue dans un cercle de corrélation suivant un modèle linéaire. L'inertie totale ou la variance totale du modèle donne ainsi une idée sur la structure des données. A l'inertie totale = 1, peu de variation ou échantillon problématique (aberrance) ; à l'inertie totale = [1 – 3], gradients ou variations observées en différentes heures d'activité, mais pas très fortes ; à l'inertie totale = [3 – 6], possibilité d'un gradient fort de plusieurs groupes taxinomiques ; à l'inertie totale > 6, nombre d'espèces rares très grand aux heures d'activités distinctes. En somme, il faut comparer les divers scores à l'inertie totale pour tirer une conclusion sur la relation entre espèce, heure d'activité et session.

2.2.8.2. Caractérisation des communautés dans l'échantillon

La richesse spécifique des communautés des Chiroptères du FPL et celle d'Epulu sont distinguées en quatre sessions (NDU, EPU, EPU1 et EPU2), ce qui représente les 4 sessions indépendantes d'inventaire et de suivi spécifique des Chiroptères. L'assemblage des espèces par session est obtenu par la classification hiérarchique de similarité spécifique à l'aide du package *vegan* dans R. Les données quantitatives des espèces ont été soumises au coefficient de Bray-Curtis pour définir la valeur numérique de similarité entre les sessions. Ce coefficient mesure l'assemblage spécifique entre sessions en appliquant la méthode de Ward pour calculer des distances euclidiennes. Il aboutit au calcul du niveau d'agrégation de deux groupes, dont les relations entre les regroupements sont présentées sur un dendrogramme hiérarchique valué (Rees, *et al.*, 2004). Donc, l'indice de Bray-Curtis, noté D, varie entre 0 (toutes les espèces en commun) et 1 (aucune espèce partagée).

L'indice de dominance de Simpson (D_s) est calculé pour caractériser la richesse spécifique dans chaque communauté des Chiroptères. Le logiciel PAST est appliqué à ce calcul, dont l'expression théorique de l'indice est $D_s = \sum f_i^2$ avec $f_i = \frac{n_i}{N}$, avec n_i : nombre d'individus de l'espèce i et N : nombre total d'individus. Le recours à cet indice est justifié par le fait qu'il accorde de l'importance aux espèces plus fréquentes qu'à la richesse spécifique totale (Fongzossie, *et al.*, 2008 ; Sirima, *et al.*, 2009). Sous la forme $(1-D_s)$, il exprime la probabilité

que deux individus, sélectionnés au hasard dans un échantillon, appartiennent à deux espèces différentes. Il varie de 0 (toutes les identiques dans l'échantillon) à 1 (aucune espèce identique).

Au sein de chaque communauté, l'évaluation de la régularité de distribution des espèces est effectuée par l'équitabilité de Pielou (J). Son expression théorique : $J = -\frac{\sum_{k=1}^S P_k \cdot \ln P_k}{\ln S}$; où P_k : proportion de l'espèce k calculée comme le nombre d'individus concernés sur le nombre total d'individus ; S : nombre d'espèces inventoriées. L'équitabilité de Pielou a la force de détecter le changement survenu dans la composition taxinomique d'une communauté. Donc, pour les espèces équitablement réparties, l'indice de Pielou aura une valeur proche de 1, alors qu'il aura une valeur proche de 0 pour des espèces non équitablement réparties. Ainsi de manière indirecte, cet indice permet d'interpréter la fidélité d'une espèce à un site déterminé.

2.2.8.3. Variabilité du cycle de reproduction

Les individus mâles des Chiroptères sont permanents en activité, contrairement aux femelles. L'activité de chasse des femelles est généralement fonction du cycle reproducteur et de l'état physiologique lié à la gestation ou à l'allaitement. Afin d'analyser si la probabilité de capture, dans une population supposé fermée, est influencée par l'état physiologique des femelles, le cycle de reproduction des femelles a été défini par quatre variables relatives à leur condition sexuelle (nullipare, gestante, allaitante et multipare). Etant donné la variabilité des données, un test non paramétrique de Kruskal-Wallis est appliqué pour comparer l'effectif des femelles reproductrices au cours de quatre sessions. Du fait que les variables à étudier sont mesurées sur une échelle ordinale, l'hypothèse à tester suppose que l'effectif des femelles à divers stades de reproduction est le même en toutes les sessions (seuil de signification $\alpha = 0,05$). Malgré le présumé de la permanence des mâles au FPL et à Epulu, le sexe ratio des populations est calculé entre ces deux sites.

2.2.8.4. Effort d'échantillonnage par type d'habitats

L'effort d'échantillonnage tient compte de la distribution de capture dans chaque type d'habitat échantillonné, soit la forêt claire de montagne (FCM) et la galerie forestière de vallée humide (VHu) au FPL, soit la forêt marécageuse (FMa) et la forêt primaire sempervirente (FPS) à Epulu. Testant l'hypothèse que la capture en zone humide et dans les habitats sur la terre ferme est indépendante de type d'habitats, le test d'indépendance du chi-carré (χ^2) est ainsi appliqué. En 4 sessions, la différence observée dans la capture par type d'habitat est validée au seuil de signification $\alpha = 0,001$. En vue de visualiser la structure d'habitat dans chaque site, une carte

de couvert forestier est élaborée. La superficie et le taux de recouvrement forestier sont calculés dans chaque aire d'échantillonnage.

2.2.8.5. Evaluation de la performance des méthodes non invasives

Le succès de capture, le taux de recapture, le taux de mortalité, le taux de cicatrisation et l'estimation de taille de la population sont des indicateurs fondamentaux de performance des méthodes non invasives dans le suivi des populations animales. Etant donné que chaque session CMR est indépendante, il est d'autant plus nécessaire d'attester les différences qui démarquent l'une de l'autre. Cette analyse établit les succès de capture par évènement CMR (5 nuits-filets) durant 6 nuits. Les moyennes par évènement sont rapportées à la session entière. Ainsi, les paires de sessions sont soumises au test de comparaison de moyennes de HSD de Tukey pour expliquer les différences entre les sessions comparées deux à deux, au seuil $\alpha = 0,05$.

Le taux de recapture est calculé entre la session d'inventaire (EPU) et les sessions de suivi (EPU1 et EPU2) à Epulu. La proportion de recapture pour chaque individu est calculée sur base d'une matrice d'histoire de capture-recapture traduite en une série binaire indiquant la séquence de capture et recapture pour chaque individu. Pour attester la dispersion des valeurs autour de la moyenne, une moyenne pondérée et l'écart-type pondéré des taux de recapture sont calculés pour ces 3 sessions. De plus, le coefficient de détermination est calculé pour expliquer la variation du taux de recapture en fonction de la durée à laquelle elle est intervenue. Par contre, le taux de mortalité tient compte de la proportion de tous les individus morts accidentellement en toutes les 4 sessions.

Les estimations de la taille des populations de Chiroptères se rapportent uniquement aux Chiroptères de la RFO, particulièrement aux individus marqués à l'inventaire et recapturés en suivi à l'intervalle de 20 et 30 jours. L'estimateur Lincoln-Petersen (Southwell, 1996 ; Ellison, 2008) est appliqué pour estimer la taille la plus probable des populations supposées constantes entre ces deux phases.

$$N = \frac{(n_1+1)(n_2+1)}{m_2+1} - 1 ; \text{ avec } \text{Var } N = \frac{(n_1+1)(n_2+1)(n_1-m_2)}{(m_2+1)^2(m_2+2)} ;$$

Où n_1 : nombre d'individus marqués à la première capture ; n_2 : nombre d'individus capturés à la deuxième capture ; m_2 : nombre d'individus marqués à la première capture et recapturés à la deuxième capture ; N : nombre le plus probable des Chiroptères ; $\text{Var } N$: variance de N . A l'intervalle de confiance à 95%, la taille la plus probable de la population est située dans l'intervalle de $[N-1,96\sqrt{\text{Var } N}$ à $N+ 1,96\sqrt{\text{Var } N}]$.

L'estimation du taux de cicatrisation était basée sur l'évolution de l'étendue de trou de l'aile des individus poinçonnés à la capture. En tenant le patagium tendu, une règle millimétrée a été utilisée pour mesurer le diamètre de trou à chaque recapture. L'étendue de cicatrisation a été notée et un facteur d'appréciation attribué (0% : jour du poinçonnage, le diamètre de trou est maximal, c'est-à-dire 4mm ; 50% : au n^{ième} jour de la recapture, le diamètre de trou est de 2mm ; 95% : patagium complètement reconstitué avec la trace de cicatrisation visible). La vitesse de cicatrisation du patagium a été ensuite déterminée par la régression linéaire.

2.2.8.6. Analyse des données géoréférentielles

Sur base d'un échantillon des coordonnées géographiques prises dans les unités d'échantillonnage, l'analyse des données a été effectuée par l'interpolation de données en mode raster. La discrimination de relief a été faite par la méthode de moyenne pondérée des valeurs les plus proches d'altitudes enregistrées sur le terrain. A l'aide de QGIS (version 2.8.1), la topographie des sites est obtenue par extraction des courbes de niveau du modèle numérique de terrain (MNT) et leur conversion en mode vectoriel. En vue d'un traitement adéquat dans le système de coordonnées de référence unique, les coordonnées du FPL (UTM zone 36 N) et celles d'Epulu (UTM zone 35 N) ont été reprojctées dans le système de projection WGS84, UTM zone 35 N.

La cartographie du couvert forestier est faite par fusionnement des scènes Landsat correspondant à la région d'Ituri, de résolution 30m, caractérisant la perte du couvert forestier entre 2000 et 2012 (Hansen, *et al.*, 2013). Par la classification faite en mode panchromatique, chaque pixel contient le pourcentage du couvert forestier. Une aire d'échantillonnage en mode vectoriel est délimitée et la superficie calculée dans chaque site. La moyenne de taux de recouvrement forestier est déterminée par la classification de couvert en 5 classes [0% → 75%].

2.3. Limitation de l'étude

Les contraintes logistiques, matérielles et financières n'ont pas permis de mesurer certains paramètres environnementaux qui influencent l'intensité des déplacements de Chiroptères. L'humidité de l'air, la température de l'air et l'intensité de lumière, ainsi que la disponibilité des ressources alimentaires (la phénologie végétale et le patron d'activité des insectes) n'ont pas été mesurés. Afin d'affiner les estimations de taille des populations, la valeur écosystémique d'habitats caractéristiques d'espèces indicatrices ou endémiques, et de mieux interpréter la *fitness* des individus en fonction des effets du marquage/poinçonnage sur la recapture et les pics d'activité spécifiques, ces paramètres devraient être pris en compte lors des études ultérieures.

CHAPITRE 3. RESULTATS

3.1. Description de populations et d'habitats, effort d'échantillonnage

3.1.1. Diversité taxinomique

Cette étude préliminaire portant sur les performances de méthodes non invasives de suivi des Chiroptères s'est concentrée sur deux sites pour un total de 120 nuits-filets d'effort de capture total. Au cours de quatre sessions de CMR, un total de 249 individus a été capturé au sein de deux sous-ordres, soit 152 individus du Megachiroptera et 97 individus appartenant au Microchiroptera (Annexe 2). Au total, 13 espèces ont été inventoriées dans chaque site, mais la diversité spécifique diffère d'un site à l'autre avec seulement 3 espèces en commun. Au total, 54 individus pour 30 nuits-filets au FPL et 195 individus en 90 nuits-filets à Epulu ont été capturés (tableau 1).

Tableau 1. Synthèse de capture par session en 30 nuits-filets

Mégachiroptères	flanc du Plateau Lendu	Epulu		
	NDU	EPU	EPU1	EPU2
Famille	1	1	1	1
Genres	10	3	3	6
Espèces	11	3	3	6
N individus capturés	36	24	21	71
Microchiroptères				
Famille	2	2	1	2
Genres	2	2	1	2
Espèces	2	3	1	2
N individus capturés	18	68	9	2
N individus total	54	92	30	73

Le FPL est plus diversifié en familles, genres et espèces qu'Epulu. Une diversité spécifique importante a été constatée dans les deux sites avec une richesse plus élevée en forêts de montagnes du FPL (taxa = 13 espèces ; individus = 54 ; $D_s = 0,11$; $J = 0,92$) qu'en forêt humide d'Epulu (taxa = 13 espèces ; individus = 195 ; $D_s = 0,48 \pm 0,05$; $J = 0,54 \pm 0,06$). Donc, une diversité spécifique supérieure est calculée au FPL avec une probabilité de 0,89 et une régularité de répartition des espèces au sein de la communauté.

Cette différence nécessite d'être déterminée en fonction des affinités spécifiques entre les sites. L'hypothèse de l'existence de deux communautés entre ces sites est plausible. Par ailleurs, vu la différence de structures d'habitats entre les sites et la répartition spatiale et/ou temporelle des sessions, une classification hiérarchique des sessions est possible pour dégager des interprétations plus subtiles (Figure 4).

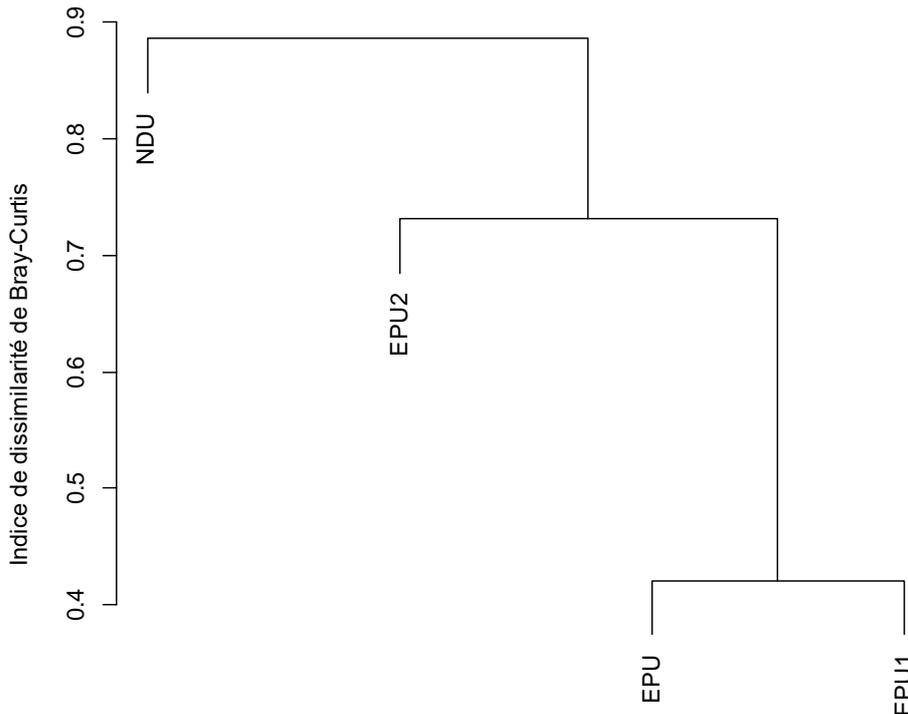


Figure 4. Caractérisation de deux communautés des Chiroptères

L'existence de deux communautés des Chiroptères entre le FPL et Epulu est démontrée sur base de la dissimilarité entre le *cluster* ou le regroupement [EPU1-EPU-EPU2] et [NDU]. L'échelle de l'indice de Bray-Curtis (D) à une valeur de 0,89 montre clairement qu'un assemblage spécifique distinct est présent dans ces deux sites. A Epulu, la diversité est restée presque identique entre les deux sessions [EPU-EPU1] à l'intervalle de 20 jours ($D = 0,42$). Par contre, une distance notable est enregistrée entre les deux sessions [EPU-EPU2] effectuées à 30 jours d'intervalle ($D = 0,76$). Donc, cet écart est dû à l'apparition d'au moins une nouvelle espèce dans les captures (*R. aegyptiacus*) au cours de la dernière session [EPU2].

3.1.2. Structure des populations fermées

La condition sexuelle est un facteur influençant la probabilité de capture et donc de recapture. Ainsi, la fréquence de capture des femelles nullipares, gestantes, allaitantes et multipares au FPL et à Epulu est analysée et présentée à la figure 5.

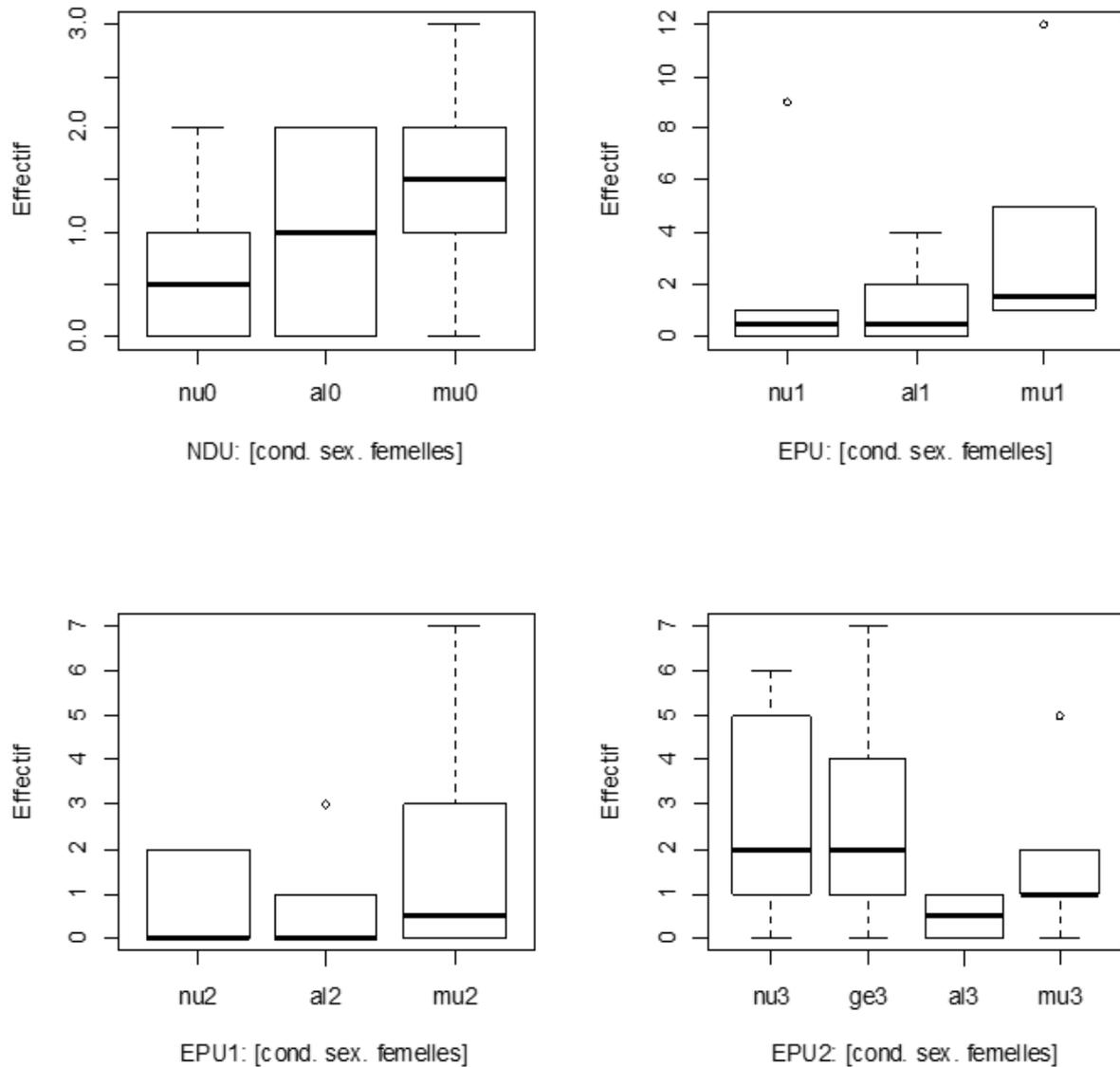


Figure 5. Comparaison d'effectif des femelles en fonction de cycle de reproduction
 [nu] : femelles nullipares ; [ge] : gestantes ; [al] : allaitantes ; [mu] : multipares
 [0,1,2,3] : suffixes qui distinguent ces variables en différentes sessions.

Au FPL, la proportion des mâles a été supérieure à celle des femelles (sexe ratio mâle/femelle=0,63/0,37) avec une abondance des multipares au sein des femelles ($\mu = 1,5 \pm 1$ individus). Dans l'ensemble, les mâles ont été mieux représentés dans les sessions d'Epulu avec un sexe ratio mâle/femelle à $(0,51/0,49) \pm 0,06$. De toutes les sessions d'Epulu, seule EPU2 a enregistré des caractéristiques démographiques très particulières où le rapport mâle/femelle a

été en faveur des femelles (0,43/0,57). Il s'agit également de la seule session où les femelles gestantes ont été marquées avec une nette codominance ($\mu = 2,6 \pm 2,5$ individus) avec les nullipares ($\mu = 2,6 \pm 2,4$ individus). Néanmoins, l'influence du cycle de reproduction sur la capture des femelles n'atteste pas de différence significative entre les deux sites (statistique Kruskal-Wallis = 3,0056, ddl = 3, $p > 0,3908$, $\alpha = 0,05$). Donc, la dernière session (juillet) a coïncidé avec le début de la gestation des femelles en forêts humides d'Epulu.

3.1.3. Variabilité de structure d'habitats et effort d'échantillonnage

Les habitats échantillonnés étaient soit, la forêt claire de montagne et des galeries forestières au FPL, soit la forêt marécageuse et la forêt primaire à Epulu. Ainsi, une carte de couvert forestier est élaborée (Figure 6), dont la superficie et le taux de recouvrement forestier sont calculés dans chaque aire d'échantillonnage.

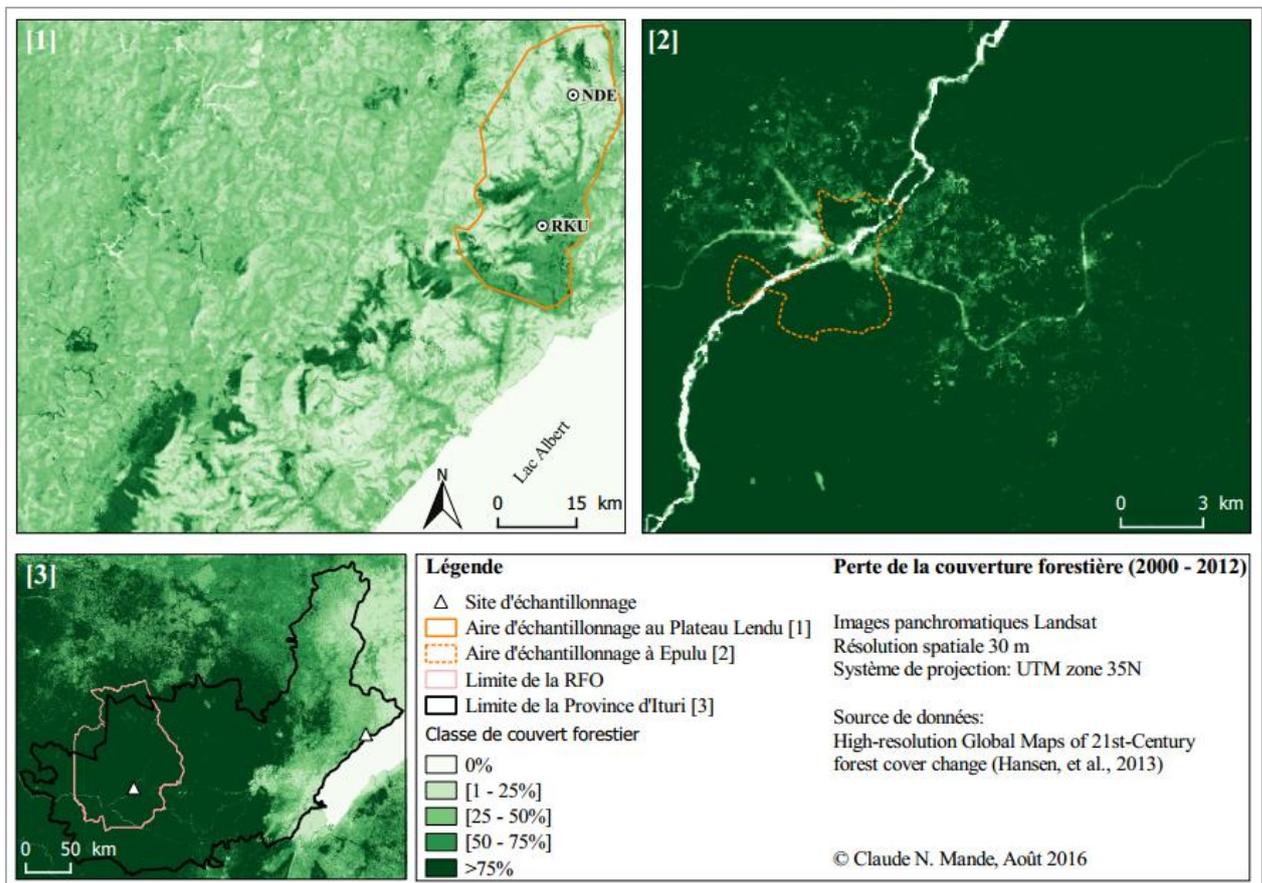


Figure 6. Cartographie de couvert forestier des sites d'échantillonnage

Respectivement au FPL et à Epulu, une aire d'échantillonnage a été délimitée. Au FPL, une superficie globale de 4 271 ha (incluant des fragments forestiers) a été explorée et 429 ha en forêt d'Epulu. Une moyenne de 42,1% de taux de recouvrement forestier a été obtenue dans les forêts d'altitude des montagnes au FPL, et 90,3% dans les forêts humides de basse altitude

d'Epulu. Cette différenciation de structure d'habitats a influé sur l'effort d'échantillonnage en diverses sessions (Figure 7).

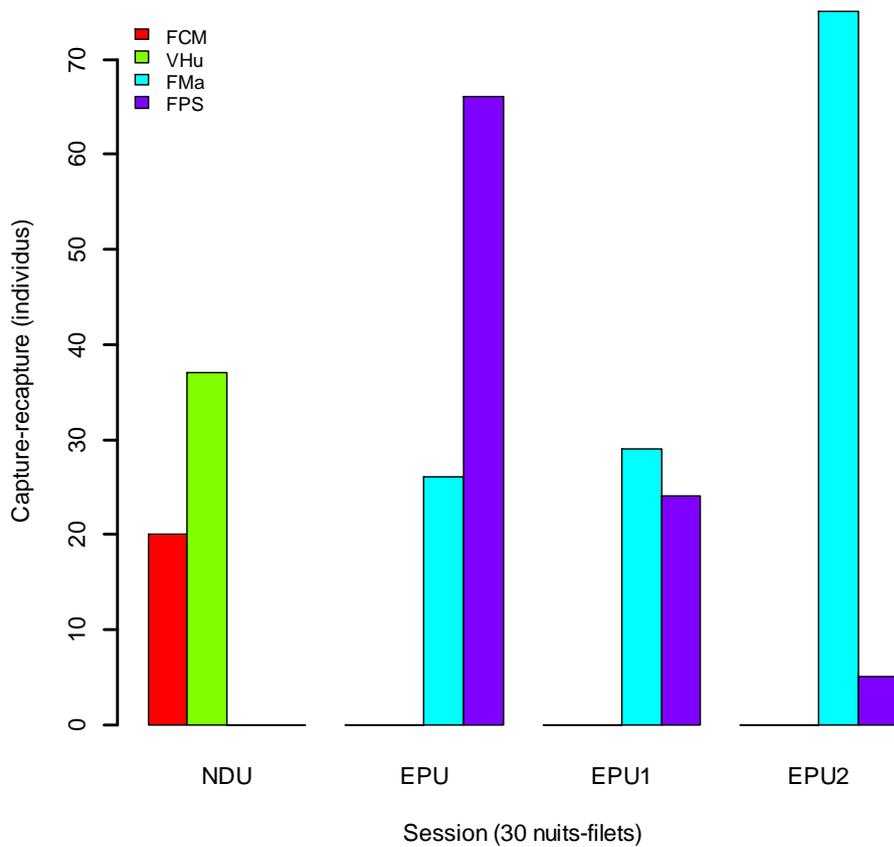


Figure 7. Effort d'échantillonnage par session suivant la structure d'habitats [FCM] : forêt claire de montagne ; [VHu] : galeries forestières de vallées humides ; [FMa] : forêt marécageuse ou ripicole ; [FPS] : forêt primaire sempervirente.

La répartition de capture-recapture, par session et par habitat, présente une tendance favorable aux zones humides (VHu et FMa). Le succès de capture dans les FCM et dans les FPS était de 14% moins élevé que dans les habitats humides. En conclusion, la capture dans les habitats en zones humides et sur la terre ferme est significativement dépendante du type d'habitat ($\chi^2 = 77,22$; ddl = 3 ; $p < 0,0002 * 10^{-12}$; $\alpha = 0,001$).

3.2. Performance du protocole d'échantillonnage à suivi régulier au filet

3.2.1. Patron d'activité nocturne des espèces

Etant donné que le mouvement des Chiroptères est une réponse à leurs besoins alimentaires, le pic d'activité est particulier à chaque espèce selon son exigence alimentaire. La figure 8 présente ainsi, dans un espace à trois dimensions, la variation de la composition spécifique des Chiroptères en fonction des heures du pic d'activité et les sessions de CMR.

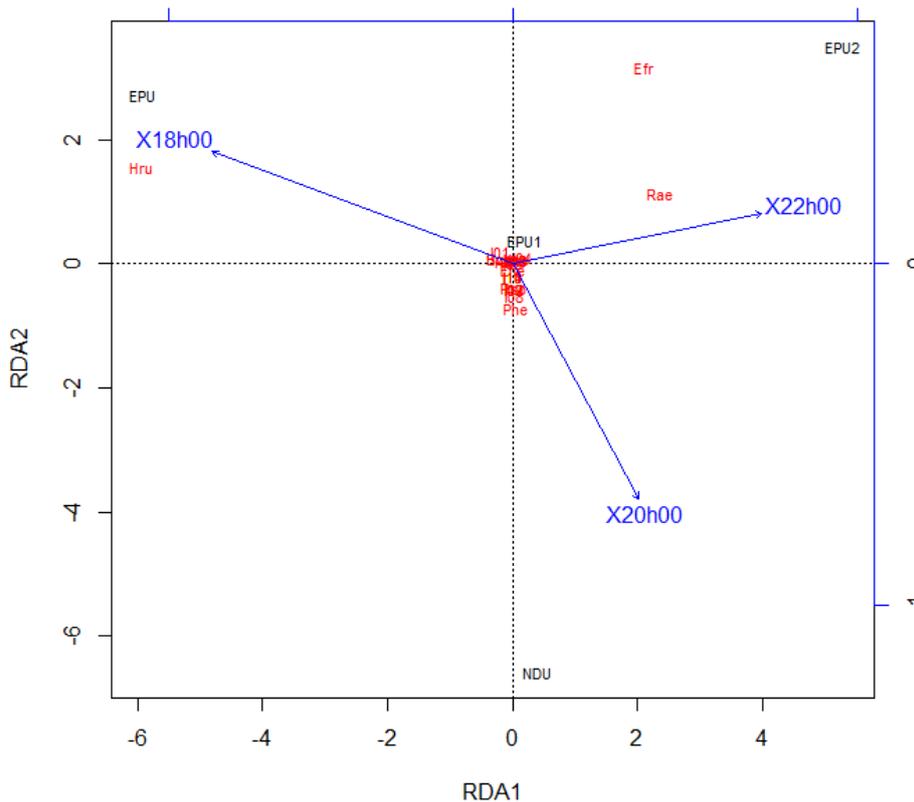


Figure 8. Patron d'activité spécifique des Chiroptères

[NDU] : session d'inventaire au FPL ; [EPU] : session d'inventaire à Epulu ; [EPU1] : 1^{ère} session de suivi à Epulu ; [EPU2] : 2^{ème} session de suivi à Epulu. Les noms des espèces sont arbitrairement concaténés du 1^{er} caractère de genre aux 2 premiers caractères de l'épithète spécifique [Efr : *Epomops franqueti* ; Rae : *Rousettus aegyptiacus* ; Hru : *Hipposideros ruber*]

Trois groupes d'espèces sont identifiés en fonction du patron ou pic d'activité : les crépusculaires, exclusivement nocturnes et les espèces à mouvement constant. Ces traits comportementaux spécifiques des Chiroptères tropicaux sont rapportés pour la première fois dans le cadre de ce travail grâce à la méthodologie adoptée : le suivi au filet à raison d'une vérification régulière (toutes les deux heures). L'intercorrélacion entre les variables (espèces, heure du pic d'activité et la session) est expliquée à 96,47% dans l'analyse de redondance effectuée. Tenant compte du seuil de décision pour la RDA, la variance totale des axes de

corrélation est obtenue à 26,7 (nettement supérieure à 6), ceci confirme l'existence de nombreuses espèces rares au comportement distinct. Cette analyse précise davantage l'existence des deux communautés détectées par le *cluster* de la diversité spécifique (Figure 4).

En capture-recapture à Epulu, la diversité spécifique a été faible en session EPU (1 au 8 juin 2016 ; score = 2,7 ; taxa = 6 ; individus = 92). Les captures abondantes ont été notées chez *H. ruber* (score = -5,9) avec un patron d'activité crépusculaire. Avec des succès de capture faibles en EPU1 (score = 0,2), la composition spécifique enregistrée était également faible (22 au 29 juin 2016 ; score = 0,3 ; taxa = 4 ; individus = 53). Aucun pic d'activité spécifique n'a été enregistré. La diversité spécifique de l'échantillon en EPU2 a été élevée par rapport à deux précédentes sessions d'Epulu (2 au 9 juillet ; score = 3,5 ; taxa = 8 ; individus = 80). Les succès de capture ont été élevés et favorables aux populations d'*E. franqueti* et de *R. aegyptiacus* (score = 5,2), respectivement sans patron d'activité défini et espèce à déplacement exclusivement nocturne. En d'autres termes, par un succès de capture significativement plus faible tel qu'en EPU1 que la session EPU, la puissance statistique permettant la description des paramètres d'échantillon des espèces de cette session est aussi très faibles.

Durant la session NDU au FPL, une richesse spécifique plus élevée qu'à Epulu a été enregistrée dans la capture-recapture (13 au 20 juin 2016 ; score = -6,8 ; taxa = 14 ; individus = 57). Un succès de capture faible (score = 0,4) a été enregistré avec un pic d'activité crépusculaire observé chez *P. hesperidus* et *H. ruber*. Bref, le nombre d'espèces dans la zone des montagnes, malgré la seule session de CMR limitée à 30 nuits-filets, est plus élevé que dans la zone forestière d'Epulu. Le tableau 2 rend compte des traits comportementaux spécifiques observés grâce au suivi régulier aux filets.

Tableau 2. *Patrons d'activité spécifiques par session*

Espèce	NDU	EPU	EPU1	EPU2	Pic d'activité	Corrélation
<i>H. ruber</i>	13	67	9	0	18h – 20h	-0,87
<i>P. hesperidus</i>	5	0	0	0	18h – 20h	-0,87
<i>R. aegyptiacus</i>	8	0	0	28	22h – 2h	0,72
<i>E. franqueti</i>	3	19	19	39	20h – 4h	0,36
Scores de diversité	6,5	2,7	0,3	3,5		

Au FPL, la présence d'espèces crépusculaires (18h – 20h ; r = -0,87), nocturnes (22h – 2h ; r = 0,72) et celle au mode d'activité constant (20h-4h ; r = 0,36) ont été enregistrées. Ces trois groupes ont été identifiés à Epulu, alors qu'au FPL les pics d'activités caractéristiques ont été

observés dans les premières heures de la soirée et peu avant le lever du soleil. En conclusion, les performances du protocole d'échantillonnage testé, à savoir le suivi régulier au filet, a permis i) de détecter des pics d'activité spécifiques qui permettront de dégager des préférences écologiques et alimentaires spécifiques et ii) de limiter au maximum la mortalité (2,4%). Donc, le pic d'activité est atteint lorsque les conditions environnementales et la disponibilité des ressources alimentaires sont optimales.

3.2.2. Succès de capture intra- et inter-sessions

La qualité d'une méthode est également évaluée sur l'optimisation du temps. Pour une opération de deux personnes, du relevé de capture, aux mensurations du spécimen, jusqu'au relâchement, la durée moyenne de manipulation d'un individu a été obtenue endéans 7 minutes (marquage temporaire). De plus, 5 et 2 minutes ont été respectivement enregistrées en marquage permanent et en recapture. Donc, cette statistique rend compte des temps et des ressources humaines à mobiliser pour une étude impliquant les méthodes du CMR.

En effet, le succès de capture (non spécifique, non dépendant de l'habitat) entre les six évènements de CMR n'est pas significativement différent d'une session à l'autre et d'un site à l'autre. Une moyenne globale a été obtenue avec $2,2 \pm 0,7$ individus/nuit-filet.

Tableau 3. Succès de capture (individu/nuit-filet) et comparaisons multiples inter-sessions

Événement	NDU [$\mu = 1,9; \sigma = 0,5$]	EPU [$\mu = 3; \sigma = 3,1$]	EPU1 [$\mu = 1,4; \sigma = 1$]	EPU2 [$\mu = 2,6; \sigma = 1,1$]
1	1,4	3,2	1,2	4,4
2	1,6	0,8	0,8	2,8
3	1,4	1,2	2	2,8
4	2	9,2	0,2	1,6
5	2,4	2,4	3,2	1,2
6	2,6	1,6	1,4	3,2
NDU	1	$p > 0,72046$	$p > 0,97878$	$p > 0,89790$
EPU	$p > 0,72046$	1	$p > 0,49097$	$P > 0,98314$
EPU1	$p > 0,97878$	$p > 0,49097$	1	$p > 0,70315$
EPU2	$p > 0,89790$	$P > 0,98314$	$p > 0,70315$	1

3.2.3. Recapture, mortalité et taille des populations

La mortalité (2,4%), la recapture et par conséquent l'estimation de taille des populations constituent les principaux indicateurs de performance des méthodes testées. La recapture est demeurée nulle dans les 9 premiers jours (tableau 4). Entre l'inventaire et le suivi à Epulu, les premiers individus marqués ont été recapturés après le 10^{ème} jour post-marquage (4,27%). Le taux de recapture a atteint son maximum au 20^{ème} jour (23,17%) avant de décroître au 30^{ème} jour post-marquage, puis devenir relativement faible (9,52%).

A Epulu, seules deux espèces ont été recapturées (*H. ruber* et *E. franqueti*) avec une moyenne et l'écart-type pondérés des taux de recapture à $10,36 \pm 9,31\%$ (*E. franqueti* : 10,2% et *H. ruber* : 6%). Etant donné qu'une session unique de CMR a été menée au FPL, aucune analyse du taux de recapture n'est assez robuste pour interpréter les résultats préliminaires générés.

Tableau 4. Taux de recapture, mortalité et taille des populations

Espèce	Session	[M-R] (jour)	R (%)	m (%)	[N _{min} (IC=95%)	N _{max} (IC= 95%)]	σ
<i>Epomops franqueti</i>	EPU2	30	9,52	0,80	85	89	$\pm 0,9$
<i>Epomops franqueti</i>	EPU1	20	10,98	ND	NA	NA	NA
<i>Hipposideros ruber</i>	EPU1	20	12,19	0,80	97	118	± 5
<i>Epomops franqueti</i>	EPU2	10	1,71	ND	ND	ND	NA
<i>Hipposideros ruber</i>	EPU2	10	2,56	ND	ND	ND	NA
<i>Hipposideros caffer</i>	EPU	ND	ND	0,40	ND	ND	NA
<i>Epomops franqueti</i>	NDU	1	2,56	ND	ND	ND	NA
Inconnu MegaNDU28	NDU	ND	ND	0,40	ND	ND	NA
<i>Pipistrellus hesperidus</i>	NDU	2	5,13	ND	ND	ND	NA

[M-R] : durée entre marquage et recapture ; [R] : taux de recapture ; [m] : taux de mortalité ; [N_{min}] : taille minimale de la population estimée ; [N_{max}] : taille maximale de la population ; [σ] : écart-type de l'estimation ; [Inconnu MegaNDU28] : spécimen du Mégachiroptère non déterminé, collecté au FPL, dont l'étiquette de la carcasse et de la biopsie porte le n°28 (Cf. Laboratoire du CSB-UNIKIS) ; ND : *no data* ou donnée manquante. NA : non applicable.

L'évolution de la recapture est restée très faiblement expliquée lorsqu'on ne tient compte que de la variable temporelle ($R^2 = 0,0724$). Donc, la plus grande part de facteurs influençant la recapture n'a pas été élucidée.

3.2.4. Essai d'estimation de la taille et densité de la population coloniale

La taille la plus probable de la population de *H. ruber* du gîte, supposée constante entre l'inventaire et le suivi a été estimée par le CMR à 95% d'intervalle de confiance. Elle est estimée à 97 – 118 (± 5) individus, néanmoins elle accuse une forte variation autour de la moyenne. A la suite de l'évitement de filets constaté pendant le suivi, cet écart se justifie par une diminution notable de succès de la recapture, ce qui est un signe d'un probable biais induit dans l'estimation.

Bien que l'estimation de la taille des populations animales sauvages soit difficile, le comptage d'effectif des espèces grégaires, fidèles au gîte, et à population supposée fermée est envisageable grâce au développement des pièges photographiques. Les relevés du piège photographique (Figure 9) montrent ainsi une densité élevée d'individus de la colonie, localisée dans un tronc d'arbre (*Klainedoxa gabonensis* PIERRE) en forêt de Mbia (Epulu).

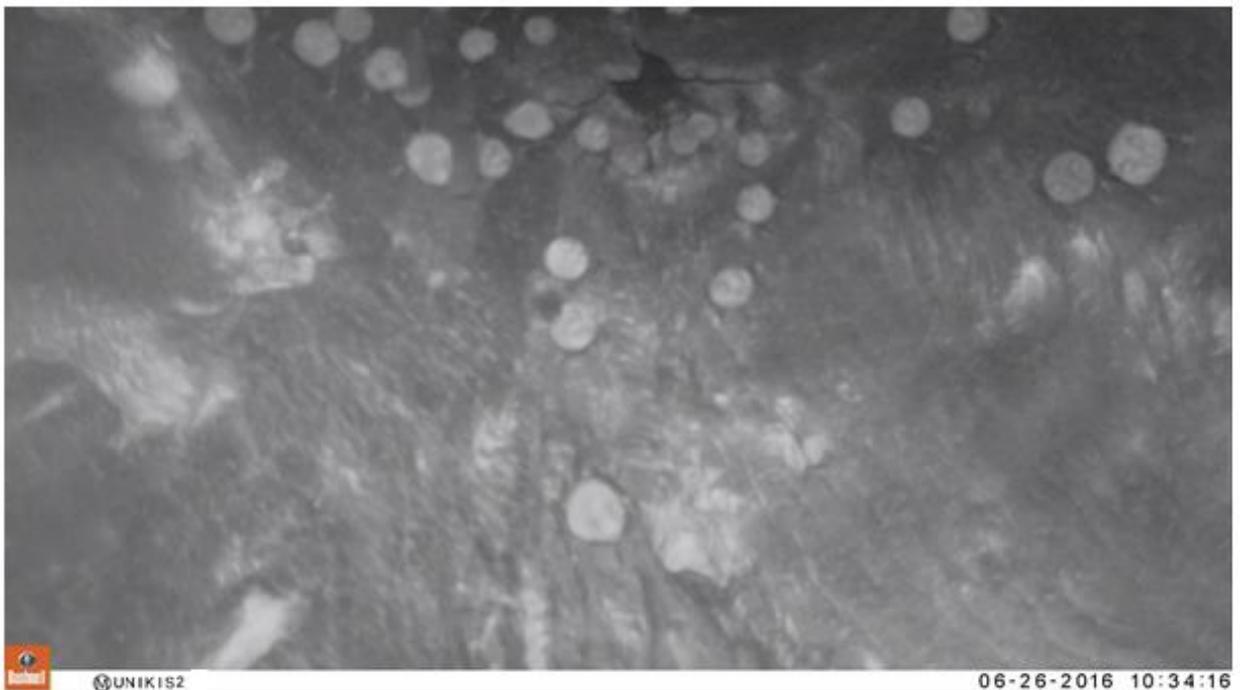


Figure 9. Extrait du cliché de caméra installée à l'entrée de la colonie de *H. ruber*

Du fait que la colonie est installée dans un creux d'arbre, au moins 26 individus sont reconnaissables (forme ronde claire). Les séquences enregistrées montrent que les individus au repos se rangent suivant un gradient décroissant de l'intensité d'éclairement. Etant donné que la cavité a une forme conique, l'obscurité est nettement constatée au sommet. Lorsqu'on met en relation la taille estimée de cette population photophobique avec l'espace de repos disponible aux conditions optimales, l'étendue en corrélation avec les conditions du gîte démontre qu'il y

a une promiscuité dans la colonie. En conclusion, la combinaison des techniques de CMR et des pièges photographiques sur une période d'étude suffisamment longue permettrait d'estimer la taille de la colonie et la densité, en considérant le tronc d'arbre creux comme un cône de volume défini. Ainsi, ces méthodes d'observation ont permis de décrire la forme d'agrégation de la colonie en gîte et de donner des pistes d'estimation de sa taille.

3.2.5. *Fitness* des individus : évolution de recapture et de cicatrisation du patagium

Le protocole d'échantillonnage et de marquage ont permis de dénoter un ensemble hétérogène d'expériences (poinçonnage et recapture) et de mesures opérées sur les individus (évolution de la cicatrisation). Ainsi, afin d'établir les performances du poinçonnage comme méthode de prélèvement de tissu sans sacrifice de l'animal, la vitesse de reconstitution du poinçonnage a été estimée (Figure. 10).

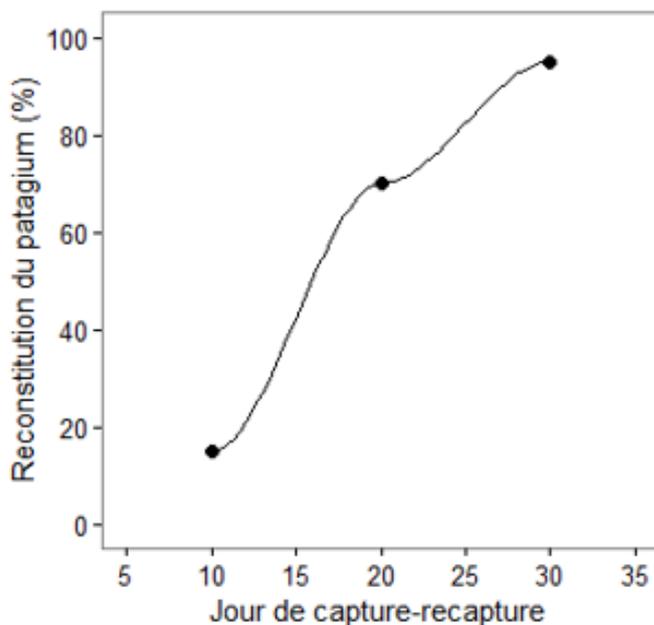


Figure 10. *Cicatrisation du patagium par jour post-poinçonnage*

La cicatrisation croît de manière linéaire, donc constante au fil du temps ($y = 4x - 20$; $R^2 = 0,9552$). Au 10^{ème} jour post-poinçonnage, elle est observée à 15% pour être complète le 30^{ème} jour. Donc, du succès de capture, le taux de recapture, le taux de mortalité, la description de la forme d'agrégation en colonie, l'estimation de la taille des populations, au taux de cicatrisation du patagium, ces méthodes d'échantillonnage ont prouvé leur efficacité et faisabilité.

CHAPITRE 4. DISCUSSION

Le CMR appliqué à l'inventaire et au suivi des Chiroptères au cours de cette étude ont permis de mettre en évidence les performances de la combinaison des méthodes non invasives testées. La combinaison est faite au travers de capture avec vérification régulière des filets et le marquage par bague. De manière limitée, l'utilisation de piège photographique. De plus, des traits écologiques et éthologiques spécifiques pour certaines espèces dominantes dans les captures sont également rapportés. Dans les paragraphes qui suivent, la performance de chaque méthode est donc discutée et évaluée dans le contexte de la dynamique des populations du groupe étudié et des perspectives de suivi à plus long terme.

4.1. Performance de capture nocturne et de suivi régulier au filet

La méthode de capture des Chiroptères aux filets selon un échantillonnage structuré, dans les divers types d'habitats, et à raison d'une vérification des filets toutes les deux heures, a permis i) de suivre l'évolution de la composition spécifique dans les filets au cours du temps (espèce crépusculaire, nocturne exclusivement et espèce aux activités non spécifiques) ; ii) de limiter la mortalité et iii) de dégager des traits écologiques des espèces plus abondantes dans les captures.

4.1.1. De la partition de niches trophiques à la variabilité taxinomique

L'exigence alimentaire détermine le pic d'activité pour chaque espèce des Chiroptères. Ceci est reflété par le succès de capture et l'évolution de la composition spécifique dans les filets au cours du temps. La combinaison de la disponibilité en ressources alimentaires avec l'intensité d'éclairement (jouant elle-même une influence sur les pics d'activités des insectes), l'évolution de la température nocturne et la fluctuation de l'humidité de l'air (jouant un rôle sur la diffusion des phéromones et odeurs de fruits ou fleurs) sont les principaux paramètres influençant les activités des Chiroptères (Navara & Nelson, 2007). En effet, le patron d'activité d'*E. franqueti* suggère que sa niche trophique est disponible en permanence alors que le pic d'activité de *H. ruber*, tant en forêt humide (RFO) que dans les forêts de montagnes (FPL), serait synchronisé à sa ressource principale, les espèces d'insectes actives durant une période limitée.

Par la structuration de la composition spécifique sur une échelle temporelle d'une nuit, divisée en une série d'observations, les patrons d'activité spécifiques peuvent chevaucher entre espèces sympatriques (Andreas, *et al.*, 2013). Cette étude a démontré que tant chez les Mégachiroptères que les Microchiroptères, les niches trophiques se distinguent entre et au sein des divers habitats. Ces résultats suggèrent non seulement la partition des niches trophiques, mais également l'influence de la structure de l'habitat sur la probabilité de capture. Bien que la

température et l'humidité de l'air n'aient pas été mesurées dans le présent travail, les pics d'activité sont corrélés, du moins pour les insectivores, à la disponibilité des insectes dont la phénologie dépend des conditions abiotiques locales.

En effet, l'interdépendance entre la disponibilité d'insectes et le pic d'activité des Chiroptères est clairement établie en régions tempérées avec un exemple extrême en hibernation lorsque l'abondance des insectes est négligeable. Par ailleurs, la diminution de l'humidité de l'air augmente le niveau d'activités de vol des insectivores (Lacki, 1984), ce qui peut expliquer l'intensité de chasse des insectivores, telle que démontrée chez *H. ruber* et *P. hesperidus*. Une autre explication plausible stipule que les gouttelettes d'eau peuvent interférer l'écholocation, la rendant moins facile à détecter les insectes ou les obstacles (Voigt, *et al.*, 2011). D'où, la plupart de Chiroptères émetteurs d'ondes ultrasonores évitent les heures de grande humidité, puisqu'elles leur infligent des coûts énormes de la thermorégulation (Labie & Gilgenkrantz, 2006). La compréhension détaillée des pics d'activité des Chiroptères ne peut donc s'expliquer qu'en étudiant et intégrant la variabilité des paramètres biotiques et abiotiques sur une même base horaire (température de l'air, l'humidité et l'intensité lumineuse mesurées toutes les 2 heures), mais aussi la structure d'habitat, le régime alimentaire (par examen des fèces et du contenu stomacal des individus morts), ou encore la présence et l'abondance de compétiteurs et prédateurs potentiels.

La photophobie est plus remarquée chez les Mégachiroptères que les Microchiroptères, ce qui explique les activités de la plupart des Mégachiroptères négativement corrélées à l'intensité lumineuse (Lang, *et al.*, 2006). La taille de ces derniers les rend le plus susceptibles à la prédation. Dépendant de la perception de chaque espèce (capacité de vision ou d'écholocation), l'adaptation au risque de prédation, en limitant les déplacements aux heures obscures, est présumée comme une réponse à ces conditions dictant leurs activités (Mills, 1986 ; Brigham & Barclay, 1992) ; ce qui peut expliquer le pic d'activité exclusivement nocturne de *R. aegyptiacus* rapporté dans cette étude. Des questions sont restées en suspens au regard de l'activité constante de *E. franqueti*, soit ses traits morphologiques (grande taille, gros yeux, pelage gris et touffu, canines et griffes bien développées) constitueraient-ils un mécanisme lui permettant de s'adapter aux risques de prédation et à la thermorégulation ? Soit, serait-il le plus vorace de toutes les autres espèces ?

Puisqu'en forêts tropicales, la disponibilité de nourriture détermine la distribution et la taille des populations de Chiroptères, la dynamique intra-saisonnière des populations est relativement non significative. Ce qui suggère que le cycle de reproduction est diversifié, d'autant plus que les

Chiroptères tropicaux n'affichent pas le même modèle de reproduction. Il est rapporté que la plupart des espèces d'insectivores suivent un rythme de saisonnalité dépendant des précipitations et les frugivores n'attestent aucune saisonnalité (Racey & Entwistle, 2000 ; Lučan, *et al.*, 2014). Du fait que la disponibilité de fruits mûrs est souvent concentrée du milieu de saison sèche à la première moitié de saison de pluie (Molinari & Soriano, 2014), bien d'études ont indiqué que les femelles sont massivement en gestation en juillet-août, la parturition en fin novembre-décembre et la lactation a lieu de décembre à janvier (Heideman, *et al.*, 1992). Les observations d'*Epulu* confirment cette séquence de reproduction en forêt tropicale humide, où le premier cas de gestation a été enregistré en session CMR de juillet. D'où, la synchronisation de la reproduction avec les périodes de grande disponibilité des ressources alimentaires est à la conduite de reproduction des Mégachiroptères. Donc, pour toute étude des Chiroptères par CMR, le cycle biologique d'espèces ciblées doit être maîtrisé pour optimiser l'effort d'estimation de divers paramètres démographiques.

La structure des populations de Chiroptères en forêt tropicale est similaire, ce qui est démontré par l'analogie entre *Epulu* et la région écologique de Kisangani (Hassanin, *et al.*, 2015). Son corollaire est la reproduction continue des espèces au cours de l'année, telle que constatée par Gembu (2012) dans la Réserve Forestière de Yoko. Entre les deux écorégions, la similarité d'habitats, le chevauchement entre les saisons (saison des pluies et saison sèche) et la répartition des ressources disponibles toute l'année sont la principale raison de ce type de structure en forêt humide de basse altitude (Aguirre, *et al.*, 2003). Dans ces conditions, la compétition pour les ressources alimentaires est la règle clé régissant la structure des communautés au travers du principe d'exclusion compétitive (Lopez & Vaughan, 2007). En conclusion, la structure d'une communauté est la conséquence non seulement des variables liées aux espèces, elle dépend également de la nature d'habitat.

4.1.2. Influence de structure de populations et d'habitats sur l'échantillonnage

L'effectif des femelles nullipares, gestantes, allaitantes et multipares en toutes les sessions, est resté relativement dispersé autour de la moyenne, ce qui prouve qu'en dépit du contexte d'habitat, le cycle de reproduction est stable. Ces résultats confirment les caractéristiques des populations fermées, soit une fidélité des individus à l'habitat associée à la faible capacité de dispersion des adultes femelles installées (Humphrey & Oli, 2015), soit un taux de fécondité faible (Hayman, *et al.*, 2012). Des telles stabilités de coexistence entre une gamme d'espèces est possible lorsqu'elles sont distinctes dans l'utilisation des ressources (Losos, 2000 ; Andreas, *et al.*, 2013). A cet égard, cette étude démontre une kyrielle de traits éthologiques et de stratégies

alimentaires qui expliquent cette cohabitation au site entre *H. ruber* (grégaire, insectivore, crépusculaire) et *R. aegyptiacus* (solitaire, frugivore, nocturne exclusif). Donc, cette différenciation interspécifique suggère que la cohabitation peut être traduite par une large gamme des traits morphologiques, des paramètres d'écholocation, des préférences des microhabitats et de la sensibilité aux proies.

Bien de facteurs écologiques, biogéographiques, voire historiques sont à considérer dans l'analyse des conditions d'existence des populations de Chiroptères au FPL. Compte tenu de la complexité du paysage, notamment le contexte de montagnes et la perturbation humaine intervenue rapidement au sein des habitats, des études systématiques sont à prévoir. L'isolement du Plateau Lendu plus ancien des autres paysages du Rift Albertin, l'extrême fragmentation des forêts et la rareté de corridor sont potentiellement à l'origine d'un processus de spéciation (Lochon & Linares, 2003), que seules des analyses génétiques poussées pourront révéler. Par ailleurs, les effets de l'altération d'habitats du FPL sont une cause de perturbation très néfaste de la dynamique des populations endémiques ou coloniales inféodées à un habitat particulier (Kerth & Petit, 2005). Ce qui suppose que la persistance de la population coloniale de *P. hesperidus*, espèce du statut LC de la liste rouge de l'IUCN (Mickleburgh, *et al.*, 2008), inféodée au plateau de l'est de la RDC et d'autres régions montagnardes d'Afrique de l'est, est critique. Sa forte sensibilité à l'ouverture d'habitats augmente la vulnérabilité de sa population et influe sur la fréquence migratoire (Papadatou, *et al.*, 2009 ; Hayman, *et al.*, 2012 ; Bobrowiec, *et al.*, 2014). Ce constat vient renforcer le plaidoyer en faveur de l'obtention d'un statut spécial de protection international du Plateau Lendu, à l'instar des espèces qu'il héberge.

Le caractère d'isolement du Plateau Lendu lui confère le statut d'un foyer d'endémisme ou *hotspot* à l'instar des Montagnes Usambara en Tanzanie (Patrick, *et al.*, 2011). A la suite de la dégradation de forêts, une mosaïque d'habitats marquée par l'extrême réduction de couverture végétale, a cependant défiguré la région : une menace d'extinction de l'avifaune (Fishpool & Collar, 2006) et des populations de Primates (Laudisoit *et al.*, 2016a). Dans ce contexte, ne peuvent persister que les espèces à large potentiel évolutif, qui doivent s'adapter à des altérations parfois importantes de leur habitat afin d'éviter de disparaître. Le statut de conservation de deux espèces endémiques, du groupe *Rhinolophus maclaudi* (*Rhinolophus willardi* sp. nov. Kerbis Peterhans & Fahr et *Rhinolophus kahuzi* sp. nov. Fahr & Kerbis Peterhans) récemment décrites dans le Rift Albertin (Kerbis Peterhans, *et al.*, 2013) et vraisemblablement présentes au Plateau Lendu, est en discussion à l'IUCN (Fahr, *et al.*, 2002).

Dans une relation de causalité, la structure forestière joue un rôle important sur le comportement de chasse et la résilience des populations. Au travers des caractéristiques de forêts, tels que le volume du houppier, l'architecture d'arbres, la taille des trouées, voire le niveau de perturbation, il a été démontré qu'elles jouent un rôle, déterminant l'usage optimal de l'habitat (Yang, *et al.*, 2013). Le taux de capture a été significativement élevé dans les zones humides. Ces résultats attestent, une fois de plus, le potentiel des zones humides comme réserves de biosphère et domaines vitaux phares (Tremblay & Jutras, 2010). Les vallées sont régulièrement perturbées par des inondations, ce qui suggère qu'elles sont favorables à des espèces de plantes pionnières, constituant les principales ressources alimentaires des Chiroptères frugivores. Ce constat renforce le plaidoyer en faveur la protection spéciale des zones humides, à l'instar du traité international, RAMSAR, pour ces habitats clés de voûte des espèces qu'elles hébergent. En conclusion, il est montré combien, tant la structure de l'habitat que la connectivité et le maintien de corridors en particulier contenant des zones humides influencent la composition locale des assemblages de Chiroptères. La diversité et la richesse spécifique influencent ainsi la structure des populations et donc les politiques de conservation accès sur les espèces.

4.2. Performance du marquage : *fitness* des individus

La performance des méthodes non invasives de CMR est évaluée, à court terme, en estimant d'une part les effets du marquage sur la *fitness* de l'individu (effet négatif du marquage sur la capacité de vol par exemple), d'autre part en déterminant le taux de recapture. Par homogénéisation d'effort de capture, la différence entre les succès de capture a été non significative. Ce résultat est une preuve de maintien statique des procédures et la reproductibilité scrupuleuse des principes d'échantillonnage. Si le recours au CMR s'avère opportun pour l'inventaire et le suivi des populations de Chiroptères, il y a diverses raisons pour lesquelles il peut être envisagé. D'après Witmer (2005), il y a besoin d'évaluer le statut d'une espèce en danger ou menacée, soit évaluer les effets d'un mécanisme de restauration écologique, soit déterminer l'apparition et la circulation d'agents pathogènes intra- et interspécifiques (Smith, *et al.*, 2011). Au travers des expérimentations par le CMR, on peut également déceler l'interaction faune-écosystème et suivre le changement y découlant.

Au regard de sous financement et des contraintes logistiques pour les recherches impliquant le CMR dans les pays émergents, la sélection des taxons indicateurs de haute performance à but de suivi, requiert une considération particulière (Meyer, *et al.*, 2014). Puisque la stratégie actuelle de conservation de la biodiversité sous-tend le principe qu'on ne peut suivre toutes les

espèces menacées au regard de la limite de fonds, ceci place à la première opportunité de secourir la plupart des espèces avec un moindre coût. De fait, une piste est d'identifier la biodiversité du *hotspot*, notamment les forêts de Rift Albertin au Plateau Lendu, où une concentration exceptionnelle d'espèces endémiques subissent des pertes exceptionnelles d'habitat (Myers, *et al.*, 2000). Bref, il y a une réelle nécessité de mettre au point un modèle de suivi, susceptible de balancer les contraintes de limites. Donc, des méthodes pragmatiques, performantes et statistiquement robustes qui assurent une compréhension optimale de l'état des populations de Chiroptères sont requises.

L'estimation de la taille de populations est la résultante de l'effort de marquage et le taux de recapture. Une mise au point sur la *fitness* des individus suggère que le taux de recapture et la cicatrisation du patagium sont deux variables liées, ce qui explique la réponse des individus poinçonnés à la recapture. L'évolution de la recapture au fil de temps a été faiblement expliquée par le taux de cicatrisation du patagium. Si bien qu'on présume que l'effet du marquage avec poinçonnage serait l'une des causes, la plupart des variables influençant la recapture restent encore moins connues. Pour les individus bagués, des légères ou graves blessures dues au frottement des bagues sont souvent mises en évidence comme l'une de source de stress influençant la recapture (Hitchcock, 1957 ; Dietz, *et al.*, 2006). En regard de cette considération, les blessures dépendent des espèces, de la taille, de la masse des bagues et de l'âge des cohortes marquées.

Malgré une régénération constante du patagium, la recapture décroît dans le temps. Ce qui rend difficile la prédiction de recapture basée sur la relation du taux de recapture en fonction de la cicatrisation de patagium. Dès lors, les conséquences de cette complexité du comportement sont notées en termes de biais constaté dans l'estimation de la taille de populations, notamment *H. ruber*. Ces observations tentent à confirmer ce que Humphrey & Oli (2015) expliquent par la discrétion de la plupart des espèces de Chiroptères. L'évitement de piège en réponse à la recapture est aussi supposé de pouvoir expliquer la probabilité de recapture et justifie le biais qu'il induit dans les diverses estimations (Kunz, 2003 ; Shen-Ming, *et al.*, 2003 ; Akanda & Alpizar-Jara, 2014). Donc, une estimation fiable des variables liées à la gestion des populations requiert l'adaptation des méthodes au comportement des espèces ciblées afin de minimiser la marge de biais dans les diverses approximations.

D'une mise au point sur l'épuisement hâtif des individus en capture et en manipulation, on présume que les Chiroptères ont tendance à investir dans le temps et dans l'énergie pour collecter un maximum de nourriture (Rainho & Palmeirim, 2011). Puisqu'ils parcourent

d'énormes distances pour accéder aux ressources dispersées dans leur domaine, l'épuisement est fonction de la perte énorme d'énergie en vol. De plus, les sites de repos et d'abreuvoir ou de chasse sont bien souvent éparés des dizaines de kilomètres et ces ressources peuvent avoir une dynamique spatiotemporelle (Rainho & Palmeirim, 2011). Donc, tous ces facteurs accentuent le stress en filet ou en manipulation, vraisemblablement avec le plus de risque d'étranglement à la première minute de capture.

Le taux de mortalité et la capacité à estimer la taille des populations attestent l'efficacité et la faisabilité de ces méthodes. En considérant la nature de matériel de capture, susceptible d'influer sur le taux de mortalité, sans doute les filets japonais ont largement été utilisés dans la capture d'un grand nombre de Chiroptères (Bell, 1987 ; Fahr, *et al.*, 2002 ; Gembu, 2012 ; Kerbis Peterhans, *et al.*, 2013). Curieusement à notre connaissance, personne n'a encore fait une évaluation des problèmes inhérents leur utilisation (Carey & Ruggiero, 1989). L'usage de filets requiert un avantage dans le CMR, étant donné qu'ils sont utilisés dans des méthodes manuelles, grâce auxquels on obtient des indices écologiques fiables, des données démographiques, le statut biologique et de conservation des populations étudiées. Par le maintien constant de la fréquence de relevé de capture, la réduction de séjour, de stress mortel en filet et de la durée de manipulation sont une raison fondamentale de moindre mortalité. Ceci dénote que les techniques de marquage et de biopsie attestent un caractère non invasif d'échantillonnage car les Chiroptères sont très vulnérables aux manipulations, particulièrement les femelles gestantes (Kohn, *et al.*, 1999 ; Gembu, 2012).

La taille des populations supposées fermées est un indicateur clé du CMR, susceptible de rendre compte de leur état. Se référant au contexte d'*H. ruber* de la colonie, un encombrement d'individus est observé en repos. Cette caractéristique fait allusion à un système social qui s'est établi au sein de la population. Bien que ce type d'interaction sociale soit très complexe et moins documenté, Bell (1987) suggère que la conquête de ressources vitales et de femelles a déjà été identifiée comme un facteur plausible à l'origine du système social chez les Hipposideridae. Pendant que d'autres espèces paraissent monogamiques avec une organisation solitaire (McCracken & Wilkinson, 2000), le système colonial dénote une complexité d'organisation à travers une promiscuité. En regard de tempérament grégaire des Chiroptères, des fortes densités et leur comportement d'encombrement en repos augmente la probabilité de transmettre les infections virales intra- et interspécifiques (Calisher, *et al.*, 2006 ; Barrett, 2011). Bref, l'extrême longévité de Chiroptères et leur déplacement à grande échelle peuvent les faciliter à maintenir et à transmettre les infections au sein et parmi d'autres vertébrés.

5. CONCLUSION

Cette étude tentait de développer des méthodes non invasives d'inventaire et de suivi écologique des Chiroptères et d'en évaluer les performances. Au FPL aussi bien qu'à Epulu, les patrons d'activité ont été décrits pour les espèces abondantes dans les captures. Le succès de capture était favorable aux zones humides avec une stabilité de répartition des femelles en toutes les quatre sessions. Par la réduction de séjour des individus en filet et la réduction de durée de la manipulation, la biopsie semi-invasive et le marquage moins stressant, le taux global de mortalité a été nettement limité à 2,4%. Par ailleurs, la régénération du patagium s'est observée efficace avec une cicatrisation complète vers le 30^{ème} jour post-poinçonnage, mais pourrait altérer de manière transitoire les capacités de vol et donc accroître l'évitement des filets. Somme toute, les méthodes non invasives développées et mises en œuvre dans le présent travail représentent une première tentative de suivi éthique des Chiroptères en RDC. Bien que souffrant des limites logistiques et matérielles, elles ont toutefois prouvé leur efficacité et la faisabilité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aguirre, L., Herrel, A., Van Damme, R. & Matthysen, E., 2003. The implications of food hardness for diet in bats. *Functional Ecology*, Volume 17, pp. 201-212.
- Akanda, A. & Alpizar-Jara, R., 2014. Estimation of capture probabilities using generalized estimating equations and mixed effects approaches. *Ecology and Evolution*, 4(7), pp. 1158-1165.
- Andreas, M., Reiter, A., Cepáková, E. & Uhrin, M., 2013. Body size as an important factor determining trophic niche partitioning in three syntopic rhinolophid bat species. *Biologia*, 68(1), pp. 170-175.
- Atramentowicz, M., 1988. La frugivorie opportuniste de trois marsupiaux didelphidés de Guyane. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, Volume 43, pp. 47-57.
- Bader, E., Jung, K., Kalko, E., Page, R., Rodriguez, R. & Sattler, T. 2015. Mobility explains the response of aerial insectivorous bats to anthropogenic habitat change in the Neotropics. *Biological Conservation*, Volume 186, pp. 97-106.
- Baker, K. & Murcia, P., 2014. Poxviruses in Bats... so What?. *Viruses*, Volume 6, pp. 1564-1577.
- Barclay, R. & Jacobs, D., 2011. Differences in the foraging behaviour of male and female Egyptian fruit bats (*Rousettus aegyptiacus*). *Research Press*, Volume 89, pp. 466-473.
- Barrett, J., 2011. Lyssaviruses. In: S. Newman, H. Field, J. Epstein & C. de Jong, eds. *Investigating the role of bats in emerging zoonoses: balancing ecology, conservation and public health interest*. Rome: FAO, pp. 80-101.
- Baush, D. & Schwarz, L., 2014. Outbreak of Ebola virus disease in Guinea: Where ecology meets economy. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 8(7), pp. 1-5.
- Beaucournu, J.-C., Prié, V., Ramasindrazana, B., Goodman, S. & Laudisoit, A., 2015. Les Puces de Chauve-souris à Madagascar: nouvelles données et clé d'identification illustrée actualisée (Siphonaptera, Ischnopsyllidae). *Bulletin de la Société entologique de France*, 120(3), pp. 323-334.
- Bell, G., 1987. Evidence of a harem social system in *Hipposideros caffer* (Chiroptera: Hipposideridae) in Zimbabwe. *Journal of Tropical Ecology*, Volume 3, pp. 87-90.
- Blake, S., Blom, A., Carroll, R., Koch, M., Langrand, O., Oonk, J., Ruggiero, R. & Walters, G., 2005. *Les forêts du bassin du Congo: Evaluation préliminaire*. 1^{ère} éd. Luxembourg: Office des Publications de l'Union Européenne, p. 34.

- Bobrowiec, P., Rosa, L., Gazarini, J. & Hugaasen, T., 2014. Phyllostomid bat assemblage structure in Amazonian flooded and unflooded forests. *BIOTROPICA*, 46(3), pp. 312-321.
- Bousson, E., Lejeune, P. & Rondeux, J., 1998. Application d'un SIG à la révision du parcellaire dans le cadre d'aménagements forestiers intégrés. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 2(4), pp. 271-279.
- Brigham, M. & Barclay, R., 1992. Lunar influence on foraging and nesting activity of common poorwills (*Phalaenoptilus nuttallii*). *The Auk*, 109(2), pp. 315-320.
- Caizergues, A., 2005. *Les apports de l'outil moléculaire dans les problématiques de gestion de la faune sauvage*, Nantes, France: ONCFS, CNERA Avifaune Migratrice, p. 21
- Calisher, C., Childs, J., Field, H., Holmes, K. & Schountz, T., 2006. Bats: Important reservoir hosts of emerging viruses. *Clinical Microbiology Reviews*, 19(3), pp. 531-545.
- Carey, A. & Ruggiero, L., 1989. Wildlife-habitat relationship: sampling procedures for pacific northwest vertebrates. In: D. Thomas & S. West, eds. *Sampling methods for bats*. Oregon, Portland-USA: USDA Forest Service, pp. 1-20.
- Charles-Dominique, P., Atramentowicz, M., Charles-Dominique M., Gérard H., Hladik A., Hladik C. & Prévost M.F. 1981. Les mammifères frugivores arboricoles nocturnes d'une forêt guyanaise: interrelations plantes-animaux. *Rev. Ecol. Terre Vie*, Volume 35, pp. 341-435.
- Chauvenet, A., Hutson, A., Smith, G. & Aegerter, J., 2014. Demographic variation in the U.K. serotine bat: filling gaps in knowledge for management. *Ecology and Evolution*, 4(19), pp. 3820-3829.
- Corthals, A., Martin, A., Warsi, O., Woller-Skar, M., Lancaster, W., Russell, A. & Dávalos, L., 2015. From the field to the Lab: best practices for field preservation of bat specimens for molecular analyses. *PLoS ONE*, 10(3), pp. 1-12.
- Cristofoli, S. & Mahy, G., 2010. Restauration écologique: contexte, contraintes et indicateurs de suivi. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 14(1), pp. 203-211.
- Debrot, S., 1984. Dynamique du renouvellement et structure d'âge d'une population d'hermines (*Mustela erminea*). *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, Volume 39, pp. 77-88.
- Demey, R. & Louette, M., 2001. Democratic Republic of Congo. Dans: L. Fishpool & M. Evans, eds. *Important Bird Areas in Africa and Associated Islands: Priority sites for Conservation*. Newbury: Pisces Publications & Cambridge, pp. 199-218.

- Dietz, C., Dietz, I., Ivanova, T. & Siemers, B., 2006. Effects of forearm bands on horseshoe bats (Chiroptera: Rhinolophidae). *Acta Chiropterologica*, 8(2), pp. 523-535.
- Djogo, J., Gibigaye, M., Tente, B. & Sinsin, B., 2012. Analyses écologique et structurale de la forêt communautaire de Kaodji au Bénin. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 6(2), pp. 705-713.
- Donkpegan, A., Hardy, O., Lejeune, P., Oumorou, M., Dainou, K. & Doucet, J.-L., 2014. Un complexe d'espèces d'*Afzelia* des forêts africaines d'intérêt économique et écologique (synthèse bibliographique). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 18(2), pp. 233-246.
- Dudu, A., 1991. *Etude du peuplement d'insectivores et de rongeurs de la région forêt ombrophile de basse altitude du Zaïre (Kisangani, Masako)*. Doctoraatsthesis Universiteit Antwerpen, 177 p.
- Duplantier, J.-M., Orsini, P., Thohari, M., Cassaing, J., & Croset, H., 1984. Echantillonnage des populations de Muridés: influence du protocole de piégeage sur l'estimation des paramètres démographiques. *Mammalia*, 48(1), pp. 129-141.
- Eba'a, R. & Bayol, N., 2009. Les forêts de la République Démocratique du Congo en 2008. Dans: C., Wasseige & D. Devers, édés. *Les forêts du bassin du Congo: Etat des Forêts 2008*. Luxembourg: Office des publications de l'Union européenne, pp. 115-127.
- Ellison, L., 2008. *Summary and Analysis of the U.S. Government Bat Banding Program*, Virginia: U.S. Geological Survey Open-File Report, p. 117.
- Evans, B., Kusamba, C., Carter, T., Tobias, M., Mendel, S. & Kelley, D. 2011. A new octoploid species of African clawed frog (Anura: Pipidae, *Xenopus*) from the Albertine Rift, Democratic Republic of the Congo: Phylogenetic position, biogeography and conservation. *Journal of Zoology*, Volume 283, pp. 276-290.
- Fahr, J., Vierhaus, H., Hutterer, R. & Kock, D., 2002. A revision of the *Rhinolophus maclaudi* species group with the description of a new species from West Africa (Chiroptera: Rhinolophidae). *Myotis*, Volume 40, pp. 95-126.
- Field, K., Johnson, J., Lilley, T., Reeder, S., Rogers, E., Behr, M. & Reeder, D., 2015. The White-nose syndrome transcriptome: activation of anti-fungal host responses in wing tissue of hibernating little brown *Myotis*. *PLoS Pathog*, 11(10), pp. 1-29.
- Fishpool, L. & Collar, N., 2006. The taxonomic and conservation status of Chapin's Crombec, *Sylvietta (leucophrys) chapini*. *Bulletin of the African Bird Club*, Volume 13, pp. 17-22.

- Fongzossie, E., Fedoung, E., Tsabang, N., Nkongmeneck, B-A., Nguenang, G., Auzel, P., Ellis, C., Kamou, E., Balouma, J., Apolo, P., Halford, M., Valbuena, M. & Valère, M., 2008. Les peuplements d'arbres du Sanctuaire à gorilles de Mengamé au sud Cameroun. *Tropical Conservation Science*, 1(3), pp. 204-221.
- Furey, N. & Racey, P., 2016. Conservation ecology of cave bats. In: C. Voigt & T. Kingston, eds. *Bats in the Anthropocene: Conservation of bats in a changing World*. Berlin & Lubbock, TX: Springer Open, pp. 463-500.
- Galanti, V., Tosi, G., Rossi, R. & Foley, C., 2000. The use of GPS radio-collars to track elephants (*Loxodonta africana*) in the Tarangire National Park (Tanzania). *Hystrix*, 11(2), pp. 27-37.
- Gembu, G., 2012. *Peuplement et dynamique alimentaire des Chiroptères frugivores (Mammalia) de la Réserve Forestière de Yoko (Province Orientale, R.D. Congo)*, Kisangani: Thèse doctorale, Université de Kisangani, p. 172.
- Hansen, M., Potapov, P., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S., Tyukavina, A., Thau, D., Stehman, V., Goetz, S., Loveland, T., Kommareddy, A., Egorov, A., Chini, L., Juste, C. & Townshend, J., 2013. High-resolution Global Maps of 21st-Century forest cover change. *Science*, Volume 342, pp. 850-853.
- Hassanin, A., Khouider, S., Gembu G.-C., Goodman, S., Kadjo, B., Nesi, N., Pourrut, X., Nakouné, E. & Bonillo, C., 2015. The comparative phylogeography of fruit bats of the tribe Scotonycterini (Chiroptera, Pteropodidae) reveals cryptic species diversity related to African Pleistocene forest refugia. *Comptes Rendus Biologies*, Volume 338, pp. 197-211.
- Hayman, D., McCrea, R., Restif, O., Suu-Ire, R., Fooks, A., Wood, J., Cunningham, A. & Rowcliffe, M., 2012. Demography of straw-colored fruit bats in Ghana. *Journal of Mammalogy*, 93(5), pp. 1393-1404.
- Heideman, P., Deoraj, P. & Bronson, F., 1992. Seasonal reproduction of a tropical bat, *Anoura geoffroyi*, in relation to photoperiod. *Journals of Reproduction & Fertility Ltd*, Volume 96, pp. 765-773.
- Hitchcock, H., 1957. The use of bird bands on bats. *Journal of Mammalogy*, Volume 38, pp. 402-405.
- Humphrey, S. & Oli, M., 2015. Population dynamique and site fidelity of the cave bat, *Myotis velifer*, in Oklahoma. *Journal of Mammalogy*, 96(5), pp. 946-956.

- Ifuta, N., 1993, *Paramètres écologiques et hormonaux durant la croissance et la reproduction d'Epomops franqueti (Mammalia : Chiroptera) de la forêt ombrophile équatoriale de Masako (Kisangani-Zaire)*. Thèse doctorale, KUL, 142p.
- Javid, A., 2011. *Bat biodiversity (Vespertilioniformes: Order Chiroptera) in some tropical and arid-subtropical regions of Pakistan*, Lahore-Pakistan: University of veterinary and animal sciences, p. 245.
- Jung, K., Kaiser, S., Böhm, S., Nieschulze, J. & Kalko, E., 2012. Moving in three dimensions: effects of structural complexity on occurrence and activity of insectivorous bats in managed forest stands. *J. Appl. Ecol.*, 49(2), pp. 523-531.
- Juste, J. & Perez Del Val, J., 1995. Altitudinal variation in the subcanopy fruit bat guild in Bioko Island, Equatorial Guinea, Central Africa. *Journal of Tropical Ecology*, Volume 11, pp. 141-146.
- Katuala, P., Hart J., Hutterer R., Leirs H. & Dudu A. 2005. Biodiversity and ecology of small mammals (Rodents and Shrews) of the "Réserve de Faune à Okapis", DR Congo. *Belg. J. Zool.*, Volume 135, pp. 191-196.
- Kerbis Peterhans, J., Fahr, J., Huhndorf, M., Kaleme, P., Plumptre, A., Marks, B. & Kizungu, R., 2013. Bats (Chiroptera) from the Albertine Rift, eastern Democratic Republic of Congo, with the description of two new species of the *Rhinolophus maclaudi* group. *Bonn zoological Bulletin*, 62(2), pp. 186-202.
- Kerth, G. & Petit, E., 2005. Colonization and dispersal in a social species, the Bechstein's bat (*Myotis bechsteinii*). *MOLECULAR ECOLOGY*, Volume 14, pp. 3943-3950.
- Kerth, G. & Van Schaik, J., 2012. Causes and consequences of living in closed societies: lessons from a long-term socio-genetic study on Bechstein's bats. *MOLECULAR ECOLOGY*, Volume 21, pp. 633-646.
- Kuijper, D., Schut, J., van Dullemen, D., Toorman, H., Goossens, N., Ouweland, J. & Limpens, H., 2008. Experimental evidence of light disturbance along the commuting routes of pond bats (*Myotis dasycneme*). *Lutra*, 51(1), pp. 37-49.
- Kunz, T., Donald W., Richards, G., Tidemann, C., Pierson, E. & Racey, P., 1996. Observational Techniques for Bats. In: E. Wilson, F. Cole, J. Nichols, R. Rudran & M. Foster. eds. *Measuring and monitoring biological diversity: standard for Mammals*. Washington & London: Smithsonian Institution Press, pp. 105-114.

- Kunz, T., 2003. Censusing Bats: Challenges, solutions, and sampling biases. In: T. O'Shea & M. Bogan, eds. *Monitoring trends in Bat populations of the United States and territories: Problems and prospects*. U.S. Geological Survey: Biological Resources Discipline, Information and Technology, pp. 9-19.
- Labie, D. & Gilgenkrantz, S., 2006. Regards sur les chiroptères/Glance on chiropters. *M/S: Médecine sciences*, 22(1), pp. 75-77
- Lachat, T., Brang, P., Bolliger, M., Bollmann, K., Brändli, U.-B., Bütler, R., Herrmann, S., Schneider, O. & Wermelinger, B., 2014. Bois mort en forêt: Formation, importance et conservation. Dans: M. Moritzi, éd. *Notice pour le praticien*. Birmensdorf: WSL, pp. 1-11.
- Lacki, M., 1984. Temperature and humidity-induced shifts in the flight activity of little Brown Bats. *Ohio Acad. Sci*, 84(5), pp. 264-266.
- Lang, A., Kalko, E., Römer, H., Bockholdt, C. & Dechmann, D. 2006. Activity levels of bats and katydids in relation to the lunar cycle. *Oecologia*, Volume 146, pp. 659-666.
- Laudisoit, A., Asimonyio, J., Komba, M., Ndjoku, B., Nd'za, J. & Ndjango, G. 2016. *Rapport d'expédition scientifique-Expédition biodiversité en Ituri. Zone de Rethy, Province de l'Ituri, République Démocratique du Congo-06 mars-20 mars 2016. Forêt relique fragmentée d'altitude en Territoire de Djugu: Description floristique, inventaires*, Kisangani: CIFOR, p. 54
- Laudisoit, A., Asimonyio, J., Komba, M., Ndjoku, B., Mande, C., Falay, D., Dz'na, J., Ndjango, G., Ngadjo, J., Lossa, N., Maki, D., Mauwa, C. & Verheyen, E. 2016. *Forêt relique fragmentée d'altitude en Territoire de Djugu: description floristique, inventaires faunistiques et notes écologiques sur une population de Chimpanzés isolée (Pan troglodytes schweinfurthii)*, Kisangani (RD Congo): CIFOR, p. 75.
- Law, B., Park, K. & Lacki, M., 2016. Insectivorous bats and silviculture: balancing timber production and bat conservation. In: C. Voigt & T. Kingston, eds. *Bats in the Anthropocene: conservation of bats in a changing World*. Berlin & Lubbock: Springer Open, pp. 105-150.
- Lopez, J. & Vaughan, C., 2007. Food niche overlap among neotropical frugivores bats in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 55(1), pp. 301-313.
- Losos, J., 2000. Ecological character displacement and the study of adaptation. *PNAS*, 97(11), pp. 5693-5695.

- Lučan, R., Bartonička, T., Benda, P., Bilgin, R., Jedlička, P., Nicolaou, H., Reiter, A., Shohdi, W., Šálek, M., Řerucha, Š., Uhrin, M., Abi-Said, M. & Horaček, I., 2014. Reproductive seasonality of the Egyptian fruit bat (*Rousettus aegyptiacus*) at the northern limits of its distribution. *Journal of Mammalogy*, 95(5), pp. 1036-1042.
- McFadden, G., 2005. Poxvirus tropism. *Microbiology*, Volume 3, pp. 201-213.
- McCracken, G. & Wilkinson, G., 2000. Bat mating. In: E. Crichton & P. Krutzsch, eds. *Reproductive biology of bats*. San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney & Tokyo: Academic Press, pp. 321-362.
- Meyer, C., Anguiar, L., Aguirre, L., Baumgarten, J., Clarke, F., Cosson, J-F., Villegas, S., Fahr, J., Faria, D., Furey, N., Henry, M., Jenkins, R., Kunz, T., González, C., Moya, I., Pons, J-M., Racey, P., Rex, K., Sampaio, E., Stoner, K., Voigt, C., von Staden, D., Weise, C. & Kalko, E. 2014. Species undersampling in tropical bat surveys: effects on emerging biodiversity patterns. *Journal of Animal Ecology*, British Ecological Society (doi: 10.1111/1365-2656.12261), pp. 1-11.
- Mickleburgh, S., Hutson, A. M. & Racey, P., 2008. *Pipistrellus hesperidus*, *African pipistrelle*: The IUCN Red List of Threatened Species 2008, p. 6.
- Mills, A., 1986. The influence of moonlight on the behavior of Goatsuckers (Caprimulgidae). *The Auk*, Volume 103, pp. 370-378.
- Molinari, J. & Soriano, P., 2014. Breeding and age-structure seasonality in *Carollia brevicauda* and other frugivorous bats (Phyllostomidae) in cloud forests in the Venezuelan Andes. *THERYA*, 5(1), pp. 81-109.
- Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., Fonseca, G. & Kent, J., 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *NATURE*, Volume 403, pp. 853-858.
- Navara, K. & Nelson, R., 2007. The dark side of light at night: physiological, epidemiological, and ecological consequences. *Journal of Pineal Research*, Volume 43, pp. 215-224.
- Ndara, B., 2014. Contribution à l'inventaire des chauves-souris dans le rift Albertin. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 12(1), pp. 248-255.
- Nichols, J. & Dickman, C., 1996. Capture-Recapture Methods. In: E. Wilson, F. Cole, J. Nichols, R. Rudran & M. Foster. eds. *Measuring and monitoring biological diversity: standard for Mammals*. Washington & London: Smithsonian Institution Press, pp. 217-226.

- O'Shea, T. & Bogan, M., 2003. Report of the workshop. In: T. O'Shea & M. Bogan, eds. *Monitoring trends in Bat populations of the United States and Territories: Problems and prospects*. USA: U.S. Geological Survey, Biological Resources Discipline, Information and Technology, pp. 239-274.
- Papadatou, E., Butlin, R., Pradel, R. & Altringham, J., 2009. Sex-specific roost movements and population dynamics of the vulnerable long-fingered bat, *Myotis capaccinii*. *Biological conservation*, Volume 142, pp. 280-289.
- Pastorini, J., Tharaka, P., Leimgruber, P., Isler, K. & Prithiviraj, F., 2015. Elephant GPS tracking collars: is there a best?. *Gajah*, Volume 43, pp. 15-25.
- Patrick, D., Shirk, P., Vonesh, J., Harper, E. & Howell, K., 2011. Abundance and roosting ecology of Chameleons in the east Usambara mountains of Tanzania and the potential effects of harvesting. *Herpetological Conservation and Biology*, 6(3), pp. 422-431.
- Patterson, B. & Webala, P., 2012. *Life and Earth Sciences: Keys to the Bats (Mammalia: Chiroptera) of East Africa*. 1563 ed. Chicago: Field Museum of Natural History, p. 60.
- Pedersen, T., 1997. New observations of a Zaïrean endemic: Prigogine's Greenbul *Chlorocichla prigoginei*. *Bulletin of the African Bird Club*, Volume 4, pp. 109-110.
- Plumptre, A., Davenport, T., Behangana, M., Kityo, R., Eilu, G., Ssegawa, P., Ewango, C., Meirte, D., Kahindo, C., Herremans, M., Peterhans, J. K., Pilgrim, J., Wilson, M., Languy, M., Moyer, D., 2007. The biodiversity of the Albertine Rift. *Biological conservation*, Volume 134, pp. 178-194.
- Pourrut, X., Souris, M., Towner, J., Rollin, P., Nichol, S., Gonzalez, J.-P., Leroy, E. 2009. Large serological survey showing cocirculation of Ebola and Marburg viruses in Gabonese bat populations, and a high seroprevalence of both viruses in *Rousettus aegyptiacus*. *BMC Infectious Diseases*, 9(159), pp. 1-10.
- Prévost, M.-F., 1983. Les fruits et les graines des espèces végétales pionnières de Guyane française. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, Volume 38, pp. 121-145.
- Puechmaille, S. & Petit, E., 2007. Empirical evaluation of non-invasive capture-mark-recapture estimation of population size based on a single sampling session. *Journal of Applied Ecology*, Volume 44, pp. 843-852.

- Racey, P. & Entwistle, A., 2000. Life-history and Reproductive Strategies of Bats. In: E. Crichton & P. Krutzsch, eds. *Reproductive biology of bats*. San Diego, San Francisco, New York, Boston, London, Sydney & Tokyo: Academic Press, pp. 363-414.
- Rainho, A. & Palmeirim, J., 2011. The importance of distance to resources in the spatial modelling of bat foraging habitat. *PLoS ONE*, 6(4), pp. 1-10.
- Rees, G., Baldwin, D., Watson, G., Perryman, S., Nielsen, D., 2004. Ordination and significance testing of microbial community composition derived from terminal restriction fragment length polymorphisms: application of multivariate statistics. *Antonie van Leeuwenhoek*, Volume 86, pp. 339-347.
- Reis, N. & Guillaumet, J.-L., 1983. Les chauves-souris frugivores de la Région de Manaus et leur rôle dans la dissémination des espèces végétales. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, Volume 38, pp. 147-169.
- Saldaña-Vázquez, R. & Munguía-Rosas, M., 2012. Lunar phobia in bats and its ecological correlates: A meta-analysis. *Mammalian Biology*, ARTICLE IN PRESS (<http://dx.doi.org/10.1016/j.mambio.2012.08.004>).
- Santana, S., Dial, T., Eiting, T. & Alfaro, M., 2011. Roosting ecology and the evolution of pelage markings in bats. *PLoS ONE*, 6(10), pp. 1-6.
- Schneeberger, K. & Voigt, C., 2016. Zoonotic virus and conservation of bats. In: C. Voigt & T. Kingston, eds. *Bats in the Anthropocene: Conservation of bats in a changing World*. Berlin & Lubbock, TX: Springer Open, pp. 263-292.
- Schorr, R., Ellison, L. & Lukacs, P., 2014. Estimating sample size for landscape-scale mark-recapture studies of North American migratory tree bats. *Acta Chiropterologica*, 16(1), pp. 231-239.
- Sirima, O., Toguyeni, A. & Kabore-Zoungana, C., 2009. Faune piscicole du bassin de la Comoé et paramètres de croissance de quelques espèces d'intérêt économique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 3(1), pp. 95-106.
- Shen-Ming, L., Wen-Han, H. & Li-Hui, H., 2003. Bayes estimation of population size from capture-recapture models with time variation and behavior response. *Statistica Sinica*, Volume 13, pp. 477-494.

- Smith, C., Field, H. & Wang, L.-F., 2011. Bat coronaviruses. In: S. Newman, H. Field, J. Epstein & C. de Jong, eds. *Investigating the role of bats in emerging zoonoses: Balancing ecology, conservation and public health interest*. Rome: FAO, pp. 102-122.
- Southwell, C., 1996. Techniques for estimating abundance and species richness. In: E. Wilson, F. Cole, J. Nichols, R. Rudran & M. Foster. eds. *Measuring and monitoring biological diversity: standard for Mammals*. Washington & London: Smithsonian Institution Press, pp. 193-210.
- Ssemmanda, R. & Fuller, R., 2005. Assessing the status of Handsome Francolin *Francolinus nobilis* in Bwindi impenetrable national park, western Uganda. *Scopus*, Volume 25, pp. 41-50.
- Tremblay, J. & Jutras, J., 2010. Les chauves-souris arboricoles en situation précaire au Québec: Synthèse et perspectives. *Le naturaliste canadien*, 134(1), pp. 29-40.
- Tsang, S., Cirranello, A., Bates, P. & Simmons, N., 2016. The roles of taxonomy and systematics in bat conservation. In: C. Voigt & T. Kingston, eds. *Bats in the Anthropocene: Conservation of bats in a changing world*. Berlin, Lubbock (TX): Springer, pp. 503-538.
- Voigt, C., Schneeberger, K., Voigt-Heucke, S. & Lewanzik, D., 2011. Rain increases the energy cost of bat flight. *biology letters*, published online 4 May 2011 (doi: 10.1098/rsbl.2011.0313), pp. 1-4.
- Vrijdagh, J., 1949. Observations ornithologiques en région occidentale du Lac Albert et principalement de la plaine d'Ishwa. *Gerfaut*, Volume 39, pp. 1-115.
- White, L. & Edwards, A., 2000. Description et inventaire de végétation. Dans: L. White & A. Edwards, eds. *Conservation des forêts pluviales Africaines: manuel des méthodes de recherche*. New York: Wildlife Conservation Society, pp. 120-148.
- Witmer, G., 2005. Wildlife population monitoring: some practical considerations. *Wildlife Research*, Volume 32, pp. 259-263.
- Yang, X., Schaaf, C., Strahler, A., Kunz, T., Fuller, N., Betke, M., Wu, Z., Wang, Z., Theriault, D., Culvenor, D., Jupp, D., Newnham, G. & Lovell, J., 2013. Study of bat flight behavior by combining thermal image analysis with a LiDAR forest reconstruction. *Canadian Journal of Remote Sensing/Journal Canadien de télédétection*, 39(1), pp. 112-125.

Annexe 1. Formulaire d'enregistrement de données de Capture-Marquage-Recapture des Chiroptères

Tableau 5. Fiche d'enregistrement de données de capture-recapture (terrain)

SITE CMR			Localité/Acronyme :						Météo nuit :									
Coordonnées GPS			Date:...../...../.....						Observations :									
.....N,.....E,.....m			Nom site:..... ID site						Equipe de terrain:									
Heure	Espèce (code)	CMR	M(g)	LAB(mm)	Lti(mm)	Lo(mm)	Lto(mm)	Morpho	Sexe	CondSEX	Ectop.	Ecouv.	Punch	Poils	Statut	ID_étiq.	ID_bague	ID_photo

<p># Morphologie [<u>C</u>ollier, <u>E</u>paulette, <u>f</u>euillet nasal, <u>Q</u>ueue, <u>M</u>ouchetures d'oreilles (<u>Mo</u>), visage (<u>Mv</u>)</p> <p># Conditions sexuelles [<u>N</u>ullipare, <u>M</u>ultipare, <u>G</u>estante, <u>A</u>llaitante, <u>S</u>crota visible, <u>S</u>crota abdominal]</p> <p># Ectoparasite, Ecouvillons buccaux, Punch, Poils [<u>1</u>: présence ou réalisé & <u>0</u>: absence ou non réalisé]</p> <p># Statut [<u>1</u>: vivant, <u>0</u>: mort]</p>	<p># CMR: [<u>C</u> : individu capturé et non relâché ; <u>M</u> : individu marqué et relâché]</p> <p># CMR : [<u>R</u> : individu recapturé]</p> <p># ID_étiquette: code pré-imprimé au modèle CSB (identité de tissus/spécimens)</p> <p># ID_bague : code spécifique [RDC####] ; ID_photo : fourni par l'appareil photo</p>
--	---

Tableau 6. Fiche d'enregistrement de données de biopsie (laboratoire de terrain)

Localité/Acronyme : Date:...../...../..... Site d'échantillonnage:ID site :.....	Equipe de laboratoire terrain : Observations:
--	--

Espèce (code)	ID_étiq.	ID_photo	Ectop	Ecouv.	Poil	Punch	Langue	Cœur	Sang	Poumon	Foie	Rein	Rate	Embryon	Alcool	RNA later	LABO

Annexe 2. Données d'inventaire et de suivi des Chiroptères

Tableau 7. Données synoptiques de la diversité

Sous-ordre	Famille	Espèce	M1	M2	R	C	m	TOTAL	AL
Megachiroptera	Pteropodidae	<i>Casinycteris argynnis</i> Thomas, 1910	3	2	0	1	0	5	0,03
	Pteropodidae	<i>Epomops franqueti</i> (Tomes, 1860)	19	74	17	1	2	76	0,39
	Pteropodidae	Complexe <i>Hipposideros gigas</i> (Wagner, 1845)	0	1	0	1	0	1	0,01
	Pteropodidae	Inconnu MegaEPU119	0	1	0	1	0	1	0,01
	Pteropodidae	Inconnu MegaEPU85	0	2	0	0	0	2	0,01
	Pteropodidae	Inconnu MegaEPU99	0	1	0	1	0	1	0,01
	Pteropodidae	<i>Myonycteris torquata</i> (Dobson, 1878)	0	1	0	1	0	1	0,01
	Pteropodidae	<i>Rousettus aegyptiacus</i> (E. Geoffroy, 1810)	0	28	0	1	0	28	0,14
	Pteropodidae	<i>Scotonycteris zenkeri</i> Matschie, 1894	2	0	0	2	0	2	0,01
Microchiroptera	Hipposideridae	<i>Hipposideros caffer</i> (Sundevall, 1846)	2	0	0	1	1	2	0,01
	Hipposideridae	<i>Hipposideros ruber</i> (Noack, 1893)	65	22	13	6	0	74	0,38
	Hipposideridae	<i>Hipposideros sp</i>	0	1	0	1	0	1	0,01
	Vespertilionidea	<i>Rhinolophus alcyone</i> Temminck, 1853	1	0	0	1	0	1	0,01
TOTAL (EpuLu)			92	133	30	18	3	195	1
Megachiroptera	Pteropodidae	<i>Epomops franqueti</i> (Tomes, 1860)		2	1	0	0	2	0,04
	Pteropodidae	Inconnu MegaNDU22		1	0	1	1	3	0,06
	Pteropodidae	Inconnu MegaNDU26		1	0	1	0	2	0,04
	Pteropodidae	Inconnu MegaNDU29		1	0	1	0	2	0,04
	Pteropodidae	Inconnu MegaNDU30		1	0	0	0	1	0,02
	Pteropodidae	Inconnu MegaNDU31		3	0	1	0	4	0,07
	Pteropodidae	<i>Micropteropus pusillus</i> (Peters, 1867)		7	0	4	0	11	0,20
	Pteropodidae	<i>Lissonycteris angolensis ruwenzorii</i> (Eisentraut, 1965)		1	0	0	0	1	0,02
	Pteropodidae	<i>Lissonycteris angolensis smithii</i> (O. Thomas, 1908) ou <i>ruwenzorii</i>		1	0	0	0	1	0,02
	Pteropodidae	<i>Rousettus aegyptiacus</i> (E. Geoffroy, 1810)		3	0	1	0	4	0,07
	Pteropodidae	<i>Lissonycteris angolensis</i> (Bocage, 1898)		4	0	1	0	5	0,09
	Microchiroptera	Hipposideridae	<i>Hipposideros ruber</i> (Noack, 1893)		10	0	1	2	13
Vespertilionidae		<i>Pipistrellus hesperidus</i> Temminck, 1840		4	2	1	0	5	0,09
TOTAL (FPL)				39	3	12	3	54	1

M1 : marquage (1^{ère} session) ; **M2** : marquage (2^{ème} session) ; **R** : recapture ; **C** : capture sans relâchement (individu vivant) ; **m** : mortalité ; **AL** : abondance locale

Annexe 3. Collecte de mensurations

Tableau 8. Données morphométriques

ID_site	Lat (deg.dec.)	Long (deg.dec.)	Alt (m)	Nom scientifique	CMR	ID_bague	ID_tissus	M(g)	LAB(mm)	Lti(mm)	Lo(mm)	Lto(mm)	Sexe
NDU	1,98676	30,91548	1383	<i>Hipposideros ruber</i>	M	RDC0032	NDU-5	10	54,85	21,48	11,59	80	F
NDU	1,98676	30,91548	1383	<i>Hipposideros ruber</i>	C	0	NDU-6	11	54,41	21	11,31	87	M
NDU	1,98676	30,91548	1383	<i>Myonycteris angolensis smithii</i>	M	RDC0075	NDU-7	75	51,58	34	20,29	115	M
NDU	1,98676	30,91548	1383	<i>Myonycteris angolensis ruwenzorii</i>	M	RDC0001	NDU-11	81	81,31	26,72	17,69	147	M
NDU	1,98676	30,91548	1383	<i>Hipposideros ruber</i>	C	0	NDU-9	10	54,18	21,79	12,09	82	F
NDU	1,98676	30,91548	1383	<i>Lissonycteris angolensis</i>	C	0	NDU-8	80	82,87	35,91	18,51	122	M
NDU	1,94155	30,90496	1114	<i>Micropteropus pusillus</i>	C	0	NDU-20	57	77,05	32,88	19,18	130	F
NDU	1,94109	30,90642	1045	<i>Lissonycteris angolensis</i>	M	RDC0087	NDU-19	25	53,31	21,13	14,44	91	M
NDU	1,94155	30,90496	1114	<i>Rousettus aegyptiacus</i>	M	RDC0053	NDU-18	62	81,53	33,18	18,52	142	F
NDU	1,94109	30,90642	1045	<i>Micropteropus pusillus</i>	C	0	NDU-21	25	52,39	22,1	13,87	89	F
NDU	1,94109	30,90642	1045	<i>Micropteropus pusillus</i>	C	0	NDU-23	28	52,74	22,56	14,44	87	M
NDU	1,94109	30,90642	1045	Inconnu MegaNDU29	C	0	NDU-29	77	78,24	32,76	21,55	145	M
NDU	1,94109	30,90642	1045	Inconnu MegaNDU31	C	0	NDU-31	74	81,53	35,09	20,19	132	M
NDU	1,98676	30,91548	1383	Inconnu MegaNDU30	C	0	NDU-30	59	84,35	31,63	20,52	125	M
NDU	1,94109	30,90642	1045	<i>Pipistrellus hesperidus</i>	M	RDC0032	NDU-24	4	31,85	12,44	8,26	72	M
NDU	1,94109	30,90642	1045	Inconnu MegaNDU32	C	0	NDU-32	57	73,75	31,52	18,05	125	M
NDU	1,94109	30,90642	1045	Inconnu MegaNDU28	C	0	NDU-28	25	52,3	22,74	12,72	95	F
NDU	1,94109	30,90642	1045	Inconnu MegaNDU26	C	0	NDU-26	63	74,54	32,13	19,94	125	M
NDU	1,94109	30,90642	1045	<i>Pipistrellus hesperidus</i>	C	0	NDU-33	4	31,8	13,34	10,58	85	M
NDU	1,94267	30,91135	855	<i>Epomops franqueti</i>	M	RDC0066	NDU-39	144	101,4	38,4	23,35	185	M
NDU	1,94109	30,90642	1045	<i>Rousettus aegyptiacus</i>	C	0	NDU-34	77	95,49	43,58	20,56	145	F
NDU	1,94267	30,91135	855	<i>Rousettus aegyptiacus</i>	M	RDC0065	NDU-35	77	82,64	35,01	20,73	135	M
NDU	1,94267	30,91135	855	<i>Epomops franqueti</i>	M	RDC0025	NDU-40	119	93,18	38,13	23,83	175	M

EPU	1,39752	28,56858	739	<i>Epomops franqueti</i>	M	1	EPU-1	108	93,93	37,02	22,81	142	F
EPU	1,39752	28,56858	739	<i>Hipposideros caffer</i>	C	0	EPU-5	10	49,03	19,99	11,89	85	M
EPU	1,39752	28,56858	739	<i>Scotonycteris zenkeri</i>	C	0	EPU-7	19	50,34	19,59	11,21	92	M
EPU	1,39921	28,57111	752	<i>Casinonycteris argynnis</i>	M	1	EPU-11	39	61,73	25,4	14,73	94	F
EPU	1,39921	28,57111	752	<i>Epomops franqueti</i>	M	1	EPU-12	65	85,07	33,04	25,2	121	M
EPU	1,39921	28,57111	752	<i>Epomops franqueti</i>	M	1	EPU-18	110	91	36,43	21,34	146	F
EPU	1,39921	28,57111	752	<i>Casinonycteris argynnis</i>	M	1	EPU-19	27	62,6	25,21	15,98	93	M
EPU	1,38924	28,57531	775	<i>Hipposideros ruber</i>	C	0	EPU-43	12	52,39	22,56	9,52	90	F
EPU	1,38924	28,57531	775	<i>Hipposideros ruber</i>	C	0	EPU-55	12	56,52	23,89	8,55	93	M
EPU	1,38924	28,57531	775	<i>Rhinolophus alcyone</i>	C	0	EPU-56	17	53,42	26,35	14,78	80	M
EPU	1,39921	28,57111	752	Inconnu MegaEPU85	C	0	EPU-85	30	63,96	26,08	17,45	105	M
EPU	1,39921	28,57111	752	Inconnu MegaEPU99	C	0	EPU-99	111	92,7	36,73	24,65	165	F
EPU	1,39752	28,56858	739	<i>Epomops franqueti</i>	C	0	EPU-100	131	98,8	37,84	23,45	170	M
EPU	1,39752	28,56858	739	<i>Myonycteris torquata</i>	C	0	EPU-104	39	65,02	25,22	14,53	117	M
EPU	1,40057	28,58034	749	<i>Rousettus aegyptiacus</i>	M	RDC0232	EPU-111	140	102,43	47,53	16,13	160	M
EPU	1,40026	28,58026	749	<i>Rousettus aegyptiacus</i>	M	RDC0289	EPU-116	160	102,61	44,26	20,23	165	F
EPU	1,40026	28,58026	749	<i>Rousettus aegyptiacus</i>	C	0	EPU-117	138	98,46	44,62	20,77	155	M
EPU	1,39284	28,58085	864	Inconnu MicroEPU118	C	0	EPU-118	30	65,34	33,57	27,86	110	F
EPU	1,39759	28,57747	742	Inconnu MegaEPU119	C	0	EPU-119	28	62,23	25,17	17,08	95	M
EPU	1,39284	28,58085	864	<i>Hipposideros sp</i>	C	0	EPU-120	10	53,88	21,73	12,82	90	M
EPU	1,39944	28,57859	727	<i>Rousettus aegyptiacus</i>	M	RDC0311	EPU-121	158	99,34	44,43	21,18	165	F

Annexe 4. Planche photographique des Chiroptères



SOUS-ORDRE : Microchiroptera
FAMILLE : Hipposideridae
ESPECE : Complexe *Hipposideros gigas* (Wagner, 1845)
LOCALISATION : Mont Mbia/RFO/RDC
HABITAT : Forêt primaire
COORDONNEES GEOGRAPHIQUES : 1°23'21,6" ; 28°34'31,4" ; 864m

ID-BIOPSIE : EPU-118
DATE DE COLLECTION : 8 juillet 2016
COLLECTEUR : Claude Ndjabu Mande
IDENTIFICATEUR/ANNEE : non déterminé
LABORATOIRE DE CONSERVATION DU SPECIMEN : CSB/UNIKIS

