

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
I PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE.....	4
I.1 Description du complexe d'aires protégées Tsingy de Bemaraha.....	4
I.1.1 Historique.....	4
I.1.2 Localisation géographique.....	4
I.1.3 Caractéristique physique.....	6
I.1.3.1 Géologie et structure géomorphologique.....	6
I.1.3.2 Hydrologie.....	6
I.1.3.3 Climat.....	7
I.1.4 Caractéristique biologique.....	8
I.1.4.1 Faune.....	8
I.1.4.2 Flore.....	11
I.1.4.3 Milieu humain.....	12
I.2 Description du site d'étude.....	13
I.2.1 Habitats.....	13
I.2.1.1 Forêt.....	13
I.2.1.2 Clairière.....	14
I.2.1.3 Lisière.....	14
I.2.1.4 Zone ripicole.....	14
I.2.2 Périodes d'étude.....	15
II MATERIELS ET METHODES.....	16
II.1 Description des matériels biologiques.....	16
II.1.1 Classification des chiroptères.....	16
II.1.2 Généralités sur les chiroptères.....	16
II.1.3 Chiroptères de Madagascar.....	17
II.2 Méthodologie.....	19
II.2.1 Capture des microchiroptères.....	19
II.2.1.1 Filet japonais.....	20
II.2.2 Manipulation des microchiroptères.....	21

II.2.2.1 Extraction des microchiroptères capturées dans le filet	21
II.2.2.2 Manipulation	22
II.2.2.3 Mensuration	22
II.2.2.4 Identification	25
II.2.3 Enregistrement de l'activité de chasse des microchiroptères	26
II.2.4 Analyse des fèces	27
II.2.4.1 Analyse des fèces de microchiroptères	27
II.2.4.2 Identification et comptage des fragments d'insectes	28
II.2.5 Capture des insectes	28
II.2.5.1 Dispositif de capture	28
II.2.5.2 Piège malaise	29
II.2.5.3 Piège lumineux	29
II.2.5.4 Capture des insectes sur le terrain	30
II.2.6 Identification des insectes capturés	31
II.2.7 Analyse statistique	33
II.2.7.1 Test de Kruskal-Wallis	33
II.2.7.2 Test de Mann-Whitney	33
II.2.7.3 Test "One way ANOVA"	34
II.2.8 Analyse non statistique	35
II.2.8.1 Indice de sélectivité d'Ivlev	35
II.2.8.2 DECORANA	35
III RESULTATS ET INTERPRETATIONS	36
III.1 Etude des microchiroptères	36
III.1.1 Composition de la communauté	36
III.1.2 Description des espèces	37
III.2 Bio-Ecologie des microchiroptères	41
III.2.1 Par saison	41
III.2.1.1 « Feeding buzzes »	41
III.2.1.2 Composition du régime alimentaire des cinq espèces	42
III.2.1.3 Poids	46

III.2.1.4 Période de reproduction.....	47
III.2.2 Par habitat.....	48
III.2.2.1 « Feeding buzzes ».....	48
III.3 Abondance et composition des insectes.....	49
III.3.1 Abondance par habitat et par saison.....	49
III.3.2 Composition des insectes proies.....	52
III.3.2.1 Description taxonomique.....	52
III.3.2.2 Catégorie de taille.....	52
III.4 Variation temporelle de l'activité de chasse des chauves-souris et de l'abondance des insectes proies.....	54
III.4.1 Variation temporelle du nombre de « Feeding buzzes »	54
III.4.2 Variation temporelle de l'abondance des insectes proies.....	55
III.5 Chevauchement dans l'exploitation des proies et l'utilisation de l'habitat.....	56
III.5.1 Sélectivité alimentaire.....	57
III.5.2 Chevauchement dans l'exploitation des proies.....	57
III.5.3 Chevauchement dans l'utilisation de l'habitat.....	58
IV DISCUSSION.....	61
IV.1 Saisonnalité.....	61
IV.1.1 Insectes.....	61
IV.1.2 Reproduction.	62
IV.1.3 Poids.....	62
IV.1.4 Cas de <i>Hipposideros commersoni</i>	63
IV.2 Composition du régime alimentaire.....	64
IV.3 Préférence.	65
IV.4 Utilisation de l'habitat.....	66
IV.5 Attitude de chasse et d'alimentation.....	67
IV.5.1 Hipposideridae.....	67
IV.5.2 Vespertilionidae.....	68

CONCLUSION.....	69
RECOMMANDATIONS.....	70
PERSPECTIVES.....	71
BIBLIOGRAPHIE.....	72
ANNEXES.....	80

LISTE DES ACRONYMES

ANGAP	: Association Nationale pour la Gestion des aires Protégées
CAPT	: Complexe d'Aires Protégées Tsingy de Bemaraha
CAMP	: Evaluation et Plans de Gestion pour la Conservation
CBSG	: Conservation Breeding Specialist Group
GMA	: Global Mammal Assessment
UICN	: Union Internationale pour la Conservation de la Nature
LFR	: Lamin'asa Fiarovana Ramanavy
PNTB	: Parc National Tsingy de Bemaraha
PNAE	: Programme National d'Action Environnementale
CAPE	: Composante Aires Protégées et Ecotourisme
ONG	: Organisation Non Gouvernementale
UNESCO	: Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
ES	: Erreur Standard

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Courbe Ombrothermique représentant les températures et les précipitations enregistrées dans la station météorologique d'Antsalova.....	7
Figure 2 : Filet japonais.....	20
Figure 3 : Démêlement des chauves-souris prises dans le filet.....	23
Figure 4 : Mesure de l'avant-bras à l'aide d'un pied à coulisse.....	24
Figure 5 : Mesure de l'oreille et du tragus.....	24
Figure 6 : Morphologie d'un microchiroptère (<i>Myotis goudoti</i>).....	25
Figure 7 : Schéma de l'état d'ossification au niveau des articulations des doigts.....	26
Figure 8 : Dessin d'un piège lumineux à lampe « petromax ».....	32
Figure 9 : Dessin d'un piège malaise.....	32
Figure 10 : Catégorisation des 5 espèces en fonction de leur poids et de la longueur de leur avant-bras.....	40
Figure 11 : Répartition des 4 plus petites espèces en deux groupes.....	41
Figure 12 : Variation du nombre moyen de « Feeding buzzes » par saison.....	42
Figure 13 : Proportion de chaque ordre d'arthropodes identifié dans les fèces des 5 espèces durant les deux périodes d'études.....	44
Figure 14 : Nombre de « Feeding buzzes » dans les 4 habitats.....	48
Figure 15 : Abondance des insectes par habitat.....	50
Figure 16 : Abondance pour chaque ordre dans les habitats en fonction de la saison.....	51
Figure 17 : Variation du nombre de « Feeding buzzes » par heure.....	55
Figure 18 : Variation de l'abondance des 4 ordres d'insectes en fonction de l'heure	56
Figure 19 : Diagramme d'ordination DECORANA des 5 espèces de chauve-souris étudiées basée sur la composition de leur régime alimentaire	59
Figure 20 : Distribution des 5 espèces de chauve-souris dans les 4 types d'habitats.....	60

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Données climatiques enregistrées dans la station météorologique d'Antsalova entre 1992 et 2001.....	7
Tableau 2 : Lémuriens du PNTB.....	8
Tableau 3 : Chauves-souris capturées et observées dans le PNTB.....	9
Tableau 4 : Reptiles du PNTB.....	10
Tableau 5. Espèces étudiées capturées dans le PNTB, endémisme, statut de conservation et abondance.....	36
Tableau 6 : Poids et mesure de l'avant-bras de <i>H. commersoni</i>	37
Tableau 7 : Poids et mesure de l'avant-bras de <i>T. furculus</i>	37
Tableau 8 : Poids et mesure de l'avant-bras de <i>T. rufus</i>	39
Tableau 9 : Poids et mesure de l'avant-bras de <i>M. goudoti</i>	39
Tableau 10. Poids et mesure de l'avant-bras de <i>M. manavi</i>	40
Tableau 11 : Pourcentage-volume (moyenne \pm ES) des fragments ou écailles des différents ordres contenus dans les fèces des 5 espèces de chauve-souris pour les 2 saisons confondues.....	46
Tableau 12 : Variation pondérale (moyenne \pm ES) saisonnière pour les quatre espèces comparées en utilisant ANOVA.....	47
Tableau 13 : Effectif de chaque sexe et proportion des femelles gravides.....	47
Tableau 14 : Analyse de l'abondance des 4 ordres d'insectes par rapport aux habitats et aux saisons avec les valeurs de H, U et P.....	49
Tableau 15 : Nombre moyen d'individus capturés (\pm ES) et leur distribution suivant les catégories de tailles par habitat avec la valeur de P correspondante.....	53
Tableau 17 : Nombre moyen d'individus capturés (\pm ES) et leur distribution suivant les catégories de tailles par saison avec la valeur de P correspondante.....	54
Tableau 18 : Valeur de l'indice de sélectivité d'Ivlev E_i des 5 espèces de chauves-souris pour les quatre groupes de proies disponibles.....	57

CARTE ET PHOTO

Carte 1 : Carte de localisation de Bemaraha.....	5
Photo 1 : (a) <i>H. commersoni</i> , (b) <i>T. furculus</i> , (c) <i>T. rufus</i> , (d) <i>M. goudoti</i> , (e) <i>M. manavi</i>	38

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Les Chiroptères de Madagascar.....	80
Annexe 2 : Fiche de mesure complète des Chiroptères dans le PNTB.....	82
Annexe 3. Fiche de capture multiple.....	83
Annexe 1: Appareil détecteur ultrasonique (Duet Bat Box) relié à un appareil lecteur-enregistreur (Mini Disk).....	84
Annexe 5 : Fiche d'identification des insectes.....	85
Annexe 6 : Exemples de fragments d'insectes contenus dans les fèces de chauves-souris.....	86
Annexe 7 : Fiche d'identification des fragments dans les fèces.....	89
Annexe 8 : Catégories de l'UICN pour les Listes Rouges.....	90
Annexe 9 : Critères relatifs à l'inscription de biens naturels dans la liste du patrimoine mondial.....	93
Annexe 10 : Zonage du CAPTB.....	94
Annexe 11 : Les menaces dans le CAPTB.....	95

INTRODUCTION

Madagascar fait partie des pays des régions chaudes prioritaires en matière de conservation de la biodiversité dans le monde (Myers et *al.*, 2000). En effet, sa biodiversité est unique et est d'un grand intérêt pour les biologistes. Ceci est dû à l'importance du degré de diversité et d'endémisme de sa faune et de sa flore. En effet, plus de 80% des espèces de plantes, d'amphibiens et reptiles ainsi que plusieurs espèces de mammifères dont les espèces de chauves-souris sont endémiques de l'île. La biodiversité malgache est stupéfiante avec ses 71 différentes espèces de lémurins, plus de 333 espèces de reptiles et 182 espèces d'amphibiens (Glaw et Vences, 2000).

Malheureusement, l'île verte d'autrefois est actuellement devenue l'île Rouge. Madagascar est le théâtre d'une destruction intensive et continue de ses habitats naturels. Quelques siècles auparavant, à peu près toute la superficie de Madagascar était couverte d'une forêt climacique continue. Depuis 1960, environ 50% des forêts existantes ont été détruites principalement à cause de la culture sur brûlis. Chaque année, 200.000 ha de forêts disparaissent (Green et Sussman, 1990) et les forêts n'occupent plus actuellement que 9,9% de l'île (Myers et *al.*, 2000). Une des méthodes utilisées pour endiguer la destruction de l'habitat et l'extinction des espèces est l'établissement des aires protégées.

La principale menace environnementale qui pèse sur le complexe d'aires protégées Tsingy de Bemaraha est la destruction de l'habitat. Malgré les difficultés d'accès, les caractères karstiques escarpés et accidentés garantissant sa protection, les ambitions et les pressions pour l'acquisition de terrain pour la riziculture et l'exploitation des ressources forestières dans les endroits favorables deviennent de plus en plus importantes.

Toutefois, des efforts de conservation ont été entrepris aux niveaux national, régional et local. Depuis 1990, la charte de l'environnement établissant la politique environnementale malgache (Programme National d'Action Environnementale) avait été définie pour promouvoir l'utilisation rationnelle des ressources naturelles dans l'optique d'un développement durable.

Actuellement, la Composante Aires Protégées et Ecotourisme (CAPE) placée sous la responsabilité de l'Association Nationale pour la Gestion des Aires Protégées (ANGAP) a pour objectif d'assurer une conservation effective au sein du réseau des Aires Protégées de Madagascar. La composante Parc National du Programme Bemaraha assure la mise en œuvre de la stratégie de conservation au sein du complexe d'Aires Protégées, y compris les alentours



immédiats qui influent directement sur la santé écologique de la région. La mise en œuvre du Programme National d'Action Environnementale (PNAE) qui s'est traduite en trois plans quinquennaux d'actions environnementales arrive actuellement à sa troisième phase, allant de 2003 à 2007 ; c'est une phase de pérennisation des activités environnementales et de leur financement (ANGAP, 2003).

Madagascar abrite 31 espèces de chauves-souris insectivores (Microchiroptères) appartenant à 16 genres et 6 familles dont 16 espèces sont endémiques (Eger et Mitchell, 2003). Les chauves-souris représentent 25% des mammifères malgaches. De par le monde, les populations de chauves-souris sont menacées par la chasse, la pollution chimique, la déforestation et les activités minières (CBSG, 2002). Il en est de même à Madagascar. Le plan global de l'UICN (Huston et *al.*, 2001) et de CAMP Madagascar (CBSG, 2002) sur ces microchiroptères est d'identifier, d'étudier et d'entreprendre les recherches les plus vastes possibles. Leur distribution et leur abondance sont fonction de la disponibilité de gîtes favorables. Les grottes et les rochers sont très appréciés par de nombreuses espèces de chauves-souris. Ainsi, les aires protégées sur la ceinture karstique de l'Ouest de Madagascar sont vraisemblablement des sites d'importance nationale pour la conservation des chauves-souris (Goodman et *al.*, 2005).

Le Tsingy de Bemaraha constitue un écosystème naturel unique au monde. Il abrite des mosaïques d'habitats qui hébergent une richesse exceptionnelle d'espèces endémiques. Le massif karstique calcaire abrite une multitude de grottes qui constituent des gîtes idéaux pour une large diversité de chauve-souris insectivores. En plus des grottes, ces chauves-souris sont aussi fortement dépendantes des forêts et des habitats qui les entourent. Leur destruction signifie une perte des différents habitats où vivent les chauves-souris.

Ainsi, l'organisation non gouvernementale "Madagasikara Voakajy" issu d'un ancien projet connu sous le nom de "Lamin'Asa Fiarovana Ramanavy" et résultant de la collaboration entre la School of Biological Sciences, l'Université d'Aberdeen et le Département de Biologie Animale Université d'Antananarivo, a été financée pour une durée de trois ans (décembre 2001 à novembre 2004) par le gouvernement britannique dans le cadre de la Darwin Initiative pour le fonds de préservation des espèces. Outre l'intégration des Chauves-souris Malgaches dans l'agenda de conservation, les objectifs actuels de "Madagasikara Voakajy" sont de :

- Contribuer à la gestion des Aires Protégées à travers les études des différents habitats des chauves-souris ;

- Mener des recherches sur le rôle des chauves-souris en tant que prédateurs d'insectes nuisibles en forêt et dans les systèmes agraires ;
- Apporter des conseils sur l'écotourisme aux gestionnaires des réserves ;
- Développer une base de données nationale et élaborer un plan d'action national pour la conservation des chauves-souris.
- Contribuer à la formation des étudiants malgaches du 3^{ème} cycle universitaire

La présente étude, faisant partie du projet sus-mentionné, a comme objectif principal d'étudier la sélection des proies et des habitats exploités par *Hipposideros commersoni*, *Triaenops rufus*, *Triaenops furculus*, *Myotis goudoti*, et *Miniopterus manavi* qui sont des espèces sympatriques de microchiroptères dans la forêt sèche caducifoliée du Tsingy de Bemaraha, Madagascar.

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- Décrire leur régime alimentaire ;
- Décrire la disponibilité des proies (insectes) ;
- Déterminer les chevauchements possibles et l'étendue des niches entre ces espèces ;
- Déterminer la saisonnalité ;
- Etablir une relation entre la composition alimentaire, les proies disponibles et les habitats exploités comme site d'alimentation.

Après la présentation du milieu d'étude, nous décrirons les matériels et méthodes, puis nous exposerons les résultats qui permettront de discuter la question posée et d'apporter des conseils pour la conservation.

I PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

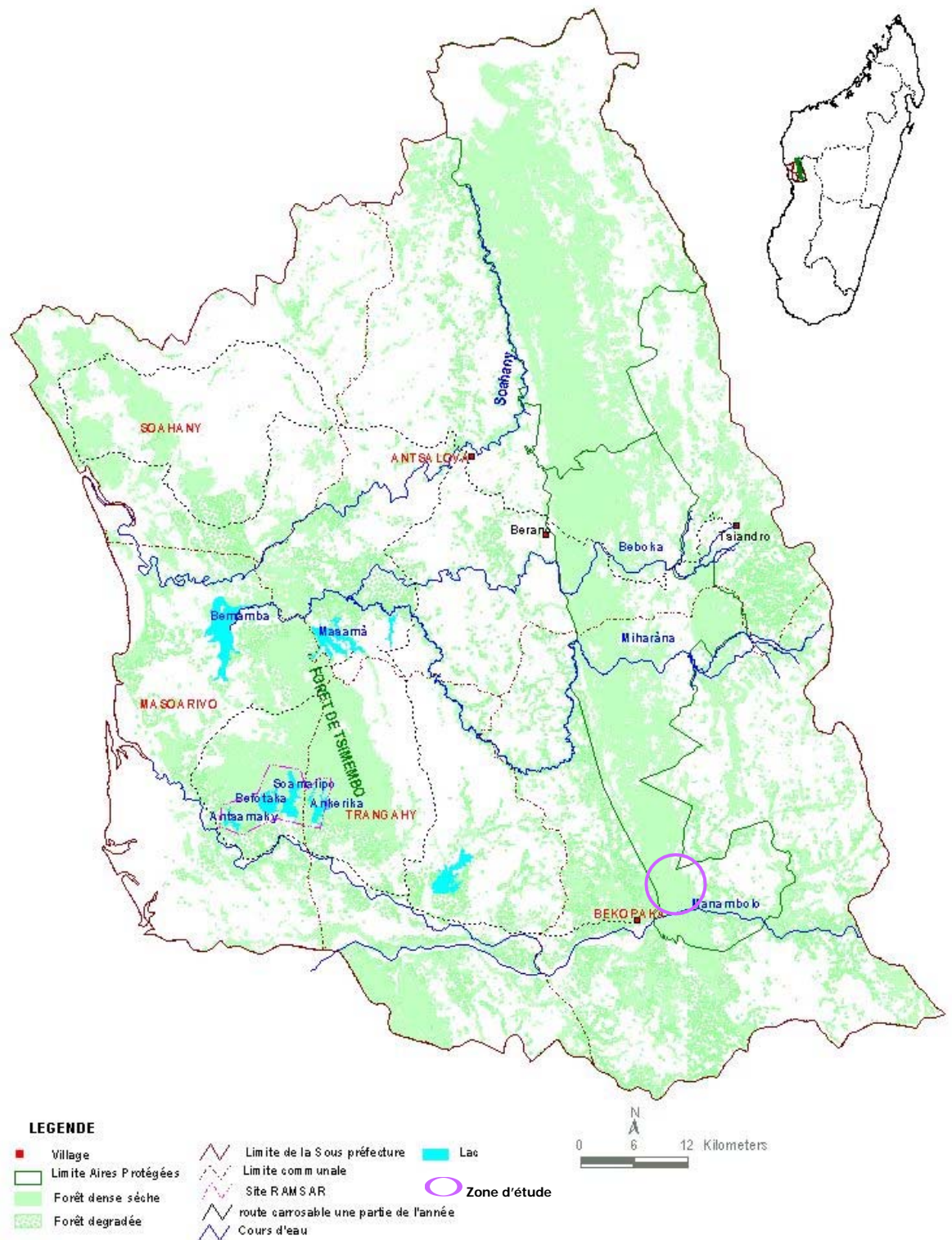
I.1 Description du complexe d'aires protégées Tsingy de Bemaraha

1.1 Historique

Bien avant l'ère coloniale, Madagascar a toujours été un pays à tradition de conservation environnementale. Cette qualité presque innée a été renforcée pendant la période coloniale avec l'avènement des premières Aires Protégées de Madagascar. En 1927, l'Antsingy a été classé en Réserve Naturelle Intégrale N° 9 grâce à ces caractéristiques biologiques, géologiques et archéologiques. Ensuite, il a été déclaré site du Patrimoine mondial de l'UNESCO en 1990 et Patrimoine Culturel National en 1991. Une partie de la Réserve a changé de statut pour devenir Parc National en août 1997 afin de permettre, entre autres, le développement de l'écotourisme.

I.1.2 Localisation Géographique

Le complexe d'aires protégées Tsingy de Bemaraha se trouve dans le Centre Ouest de Madagascar sur son versant occidental, écorégion de l'ouest, dans la partie sud de la province de Mahajanga, région du Melaky, district d'Antsalova et s'étend sur une superficie de 157710 ha avec une direction Nord-Ouest Sud-Est. La partie sud du complexe jouit du statut de Parc National avec une superficie de 72340 ha et la partie nord qui jouit du statut de Réserve Naturelle Intégrale, couvre actuellement 85370 ha de surface. Le complexe est localisé entre 18°12' et 19 07' de latitude Sud 44°34' et 44°57' de longitude Est. Le Complexe d'Aires Protégées Tsingy de Bemaraha fait partie d'une longue barre calcaire, d'environ 250 km orientée Nord-Sud, entre Morafenobe et le fleuve Tsiribihina (Figure 1).



Carte 1 : Carte de localisation de Bemaraha (Programme Bemaraha, 2003)



I.1.3 Caractéristiques physiques

I.1.3.1 Géologie et structure géomorphologique

Le massif de Bemaraha est formé d'un plateau calcaire régulièrement incliné vers l'Ouest. La partie orientale est formée de buttes calcaires assez dures et la partie occidentale présente un modèle de caractère karstique. Ce sont des calcaires récifaux issus des transgressions jurassiques, il y a environ 200 millions d'années (Besairie, 1971). Ce plateau calcaire s'est élevé, il y a 6 millions d'années (Rasoloarison et Paquier, 2003).

Sa géomorphologie a été profondément marquée par les changements paléoclimatiques du Quaternaire (Bourgeat, 1972) caractérisés par une succession de périodes sèches et humides. Les érosions pluviales et fluviales ont dissout les parties meubles des roches laissant apparaître les parties dures. Des mouvements tectoniques peu importants auxquels la région a été exposée sont à l'origine des failles et des fractures observées dans les massifs et/ou blocs rocheux, d'où une très grande diversité des structures géomorphologiques, à savoir :

- Les reliefs karstiques (tsingy) à surface lapiazée, ornée d'arêtes tranchantes ;
- Les zones d'éboulis constituent un plateau plus ou moins régulier constitués de dalles rocheuses d'aspect chaotique résultant de la dissolution des joints de stratification ;
- Les bas-fonds humides (avens) à sols plus riches mais avec des roches sub-affleurantes. Ce sont des dépressions à parois verticales de 12 à 20m de hauteur provenant de l'action des eaux souterraines et ayant provoqué l'affaissement des toits des grottes ;
- Les gorges de Manambolo sont constituées par des sols profonds, constamment humides et inondées périodiquement. Elles sont bordées dans la partie Nord par des falaises verticales de 100 – 150m présentant par endroits des éboulements rocheux recouverts d'une végétation luxuriante. Ces types de structure se rencontrent ailleurs dans la réserve au bord des principales rivières : Beboka et Miharana (Rasoloarison et Paquier, 2003).

Un réseau souterrain de galeries et de grottes complète l'ensemble, en relation avec les cours d'eau ou des plans d'eau temporaires. Des résurgences apparaissent au sein du massif karstique et alimentent les cours d'eau ou les nappes phréatiques (Rasoloarison et Paquier, 2003).

I.1.3.2 Hydrographie

Le Complexe d'Aires Protégées Tsingy de Bemaraha est un château d'eau de toute la partie en aval de la sous-préfecture d'Antsalova surtout au niveau du complexe Manambolomaty, qui est l'un des trois sites RAMSAR de Madagascar et au niveau du grenier



à riz de la région: le lac Bemamba. De nombreuses rivières prennent leur source dans l'Antsingy. Ces cours d'eaux alimentent les lacs qui se trouvent en aval, particulièrement le lac Tsimendroa qui se situe à la lisière du parc. Ce lac se localise dans le bassin de Manambolo. La rivière Manambolo constitue la limite Sud du Parc et figure parmi les principales rivières de la région (ANGAP, 2003).

I.1.3.3 Climat

Le climat est de type tropical sec avec une saison chaude et humide de novembre à mars et une saison sèche et plus fraîche d'avril à octobre (Figure 1). La température moyenne se situe entre 25° et 28°C et les précipitations varient de 1000 à 1500 mm/an

Tableau 1 : Données climatiques enregistrées dans la station météorologique d'Antsalova entre 1992 et 2001 (Programme Bemaraha, 2003)

Mois	jan	fév	mar	avr	mai	jui	jul	aoû	sep	oct	nov	déc	total
T°min (°C)	22,1	21,9	21,6	20,6	18,6	11,2	13,0	14,7	18,3	20,5	21,5	22,1	18,9
T°max(°C)	37,5	37,9	37,2	38,2	36,5	26,4	32,9	35,3	39,5	41,1	40,4	38,6	36,8
T°moy(°C)	29,8	29,9	29,4	29,4	27,5	18,9	22,9	25,0	28,9	30,8	30,9	30,3	27,8
P°(mm)	346,4	456,7	298,6	40,5	5,6	6,3	1,7	6,9	13,3	41,2	149,3	256,7	1623,5
Nb jours	17,5	17,8	14,1	2,3	1,5	0,5	0,6	0,5	1,2	4,7	8,5	12,3	81,7

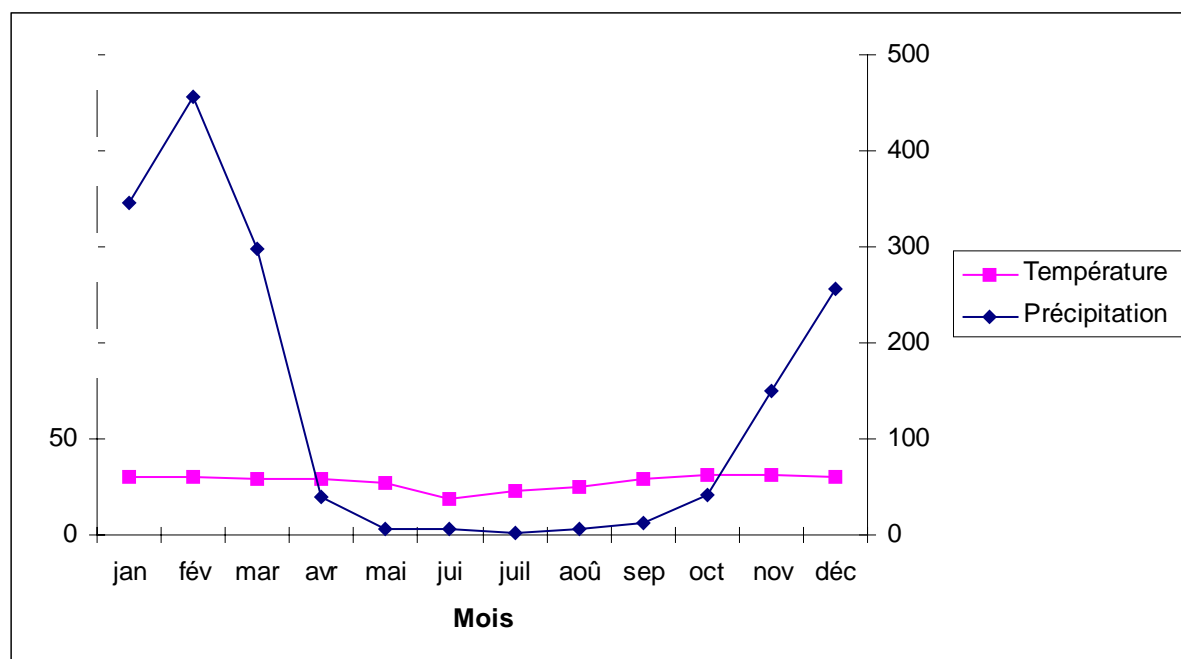


Figure 1 : Courbe Ombrothermique représentant les températures et les précipitations enregistrées dans la station météorologique d'Antsalova entre 1992 et 2001 (P = 2T)



I.1.4 Caractéristiques biologiques

I.1.4.1 Faune

a) Lémuriens

Treize espèces de lémuriens sont connues dans le Parc National Tsingy de Bemaraha (PNTB) (Rasoloarison et *al.*, 2000), y compris *Avahi cleesei*, une espèce récemment décrite par Thalmann et Geissmann en 2005 (Thalmann et Geissmann, 2005).

Parmi ces 13 espèces recensées, 3 sont diurnes et 10 nocturnes

Tableau 2 : Lémuriens du PNTB

Espèces	Nom vernaculaire	Famille	Activité
<i>Avahi cleesei</i>	Dadintsifaka	INDRIIDAE	Nocturne
<i>Propithecus deckeni</i>	Sifaka	INDRIIDAE	Diurne
<i>Daubentonia madagascariensis</i>	Bekepity	DAUBENTONIIDAE	Nocturne
<i>Lepilemur ruficaudatus</i>	Boenga	LEPILEMURIDAE	Nocturne
<i>Lepilemur edwardsi</i>	Boenga	LEPILEMURIDAE	Nocturne
<i>Cheirogaleus medius</i>	Kelibehoehy	CHEIROGAELIDAE	Nocturne
<i>Microcebus myoxinus</i>	Malagnira	CHEIROGALIDAE	Nocturne
<i>Microcebus murinus</i>	Tilitilivahy	CHEIROGALIDAE	Nocturne
<i>Mirza coquereli</i>	Kifontsinjy	CHEIROGALIDAE	Nocturne
<i>Phaner furcifer pallescens</i>	Tanta	CHEIROGALIDAE	Nocturne
<i>Cheirogaleus major</i>	Kelibehoehy	CHEIROGAELIDAE	Diurne
<i>Eulemur rufus</i>	Gidro	LEMURIDAE	Diurne
<i>Hapalemur occidentalis</i>	Bekola	HAPALEMURIDAE	Diurne

Microcebus myoxinus et *Avahi cleesei* sont des espèces endémiques de l'Antsingy (Rasoloarison et *al.*, 2000 ; Thalmann et Geissmann, 2005).

b) Autres mammifères

Parmi les espèces de mammifères remarquables, on peut citer : *Cryptoprocta ferox* et *Galidia elegans occidentalis*. Par ailleurs, *Nesomys lambertoni* et *Eliurus antsingy* sont des rongeurs endémiques de l'Antsingy (Rasoloarison et *al.*, 2003).



c) Chiroptères

De nombreuses grottes dans la région abritent une large variété de Chiroptères. Dix huit espèces ont été recensées dans le parc par notre équipe dont 15 espèces de microchiroptères.

Tableau 3 : Chauves-souris capturées et observées dans le PNTB (MAVOA, 2005)

FAMILLE	Espèce	Endémisme
PTEROPODIDAE	<i>Pteropus rufus</i>	Endémique
	<i>Eidolon dupreanum</i>	Endémique
	<i>Rousettus madagascariensis</i>	Endémique
EMBALLONURIDAE	<i>Emballonura tiavato</i>	Endémique
	<i>Taphozous mauritanus</i>	Non endémique
HIPPOSIDERIDAE	<i>Hipposideros commersoni</i>	Endémique
	<i>Triaenops rufus</i>	Endémique
	<i>Triaenops furculus</i>	Endémique
VESPERTILIONIDAE	<i>Scotophilus robustus</i>	Endémique
	<i>Scotophilus tandrefana</i>	Endémique
	<i>Myotis goudoti</i>	Endémique
	<i>Miniopterus manavi</i>	Endémique
	<i>Miniopterus majori</i>	Endémique
	<i>Miniopterus gleni</i>	Endémique
	<i>Chaerophon leucogaster</i>	Endémique
	<i>Chaerophon jobimena</i>	Endémique
MOLOSSIDAE	<i>Otomops madagascariensis</i>	Endémique
	<i>Mops leucostigma</i>	Endémique

d) Ongulés

Potamocheirus larvatus, la seule espèce d'Ongulés sauvages à Madagascar, est présente à Bemaraha. Cette espèce est nocturne et vit en groupe. Elle est chassée par les paysans locaux pour sa viande très appréciée. Il semble que *Potamocheirus larvatus* dépend surtout des tubercules de certaines plantes endémiques (*Dioscorea* spp.) et des plantes cultivées (manioc, patate douce) dans l'Antsingy et ses alentours.



e) Oiseaux

L'avifaune de l'Antsingy comprend au moins 94 espèces réparties en 44 familles (Ramanitra, 1997) dont le Râle à front gris (*Canirallus* sp.) découvert en 1987. Dans le complexe de Manambolomaty, on peut trouver 10% de la population du Pygargue de Madagascar (*Haliaeetus vociferoides*). Le lac Bemamba est l'un des plus importants sites pour l'espèce endémique *Anas bernieri* et d'autres colonies d'oiseaux aquatiques tels que *Charadrius thoracicus* et *Ardea humbloti*. En outre, on peut aussi y trouver certaines espèces vulnérables telles que *Tachybaptus pelzenii*, *Ardeola idae*, *Circus macroscyles* et des espèces menacées, comme *Lophotibis cristata*, *Accipiter madagascarensis*, *Accipiter hentsii* et *Philepitta schlegeli*.

Par ailleurs, il semble que l'aire de distribution de *Canirallus* sp. et *Monticola* sp. est limitée seulement dans l'Antsingy (Projet ZICOMA, 1999).

f) Reptiles

Seize espèces d'amphibiens et 66 espèces de reptiles ont été recensées dans la région, dont 10 sont considérées comme étant endémiques du Tsingy de Bemaraha (Jesu et al., 1999), notamment *Furcifer nicosiai*, *Brookesia perarmata* et *B. exarmata* (Jesu et al., 1999).

Actuellement, le Programme Bemaraha estime le nombre à 22 espèces d'amphibiens et 66 espèces de reptiles. *Crocodilus niloticus* est présent dans les rivières de la région. En outre, la tortue d'eau douce endémique (*Erymnochelys madagascariensis*) présente une grande population dans le complexe de Manambolomaty. Cette dernière est une espèce gravement menacée. Il est important de mentionner que le Tsingy de Bemaraha est le plus riche en espèces herpétofaune de toutes les forêts caducifoliées de l'Ouest de Madagascar.

Tableau 4 : Reptiles du PNTB

REPTILES	Famille	Endémisme
<i>Brookesia exarmata</i>	CHAMAELEONIDAE	Endémique Antsingy
<i>Brookesia perarmata</i>	CHAMAELEONIDAE	Endémique Antsingy
<i>Furcifer nicosiai</i>	CHAMAELEONIDAE	Endémique Menabe et Melaky
<i>Lygodactylus klemmeri</i>	GEKKONIDAE	Endémique Antsingy
<i>Mabuya volamenaloha</i>	SCINCIDAE	Endémique Antsingy
<i>Zonosaurus bemaraha</i>	GERRHOSAUROIDAE	Endémique Antsingy



g) Communautés aquatiques et troglodytes

Ce sont des espèces faunistiques qui vivent dans les galeries souterraines. Elles sont encore très mal connues dans le complexe d'Aires Protégées Tsingy de Bemaraha, faute de recherche.

h) Mollusques

D'après les inventaires effectués, 82 espèces d'escargots aquatiques et terrestres sont connues de la région (Griffiths, 1997)

i) Insectes

Bien qu'ils soient très peu connus dans la réserve, les insectes, avec leur importance numérique et leur rôle dans le fonctionnement d'un écosystème, sont devenus indéniables dans les efforts de conservation de la biodiversité. En effet, les insectes constituent 70% des espèces animales existantes. Ils exploitent toutes les niches terrestres, étant alors en interaction avec les autres organismes animaux et végétaux. L'aspect le plus courant de cette interaction est celui avec les plantes. Les insectes sont non seulement des disséminateurs de graines mais surtout des pollinisateurs de fleurs. Beaucoup de plantes comptent seulement sur les insectes pour ces tâches qui sont d'une importance majeure pour leur reproduction et leur propagation. Les insectes sont également des herbivores et des prédateurs tout en constituant en même temps des proies pour d'autres organismes comme les chauves-souris. Ils tiennent ainsi un rôle important à chaque niveau trophique dans la chaîne alimentaire. Ils contrôlent aussi la multiplication d'autres organismes et assurent un certain équilibre de la communauté avec laquelle ils interagissent.

I.1.4.2 Flore

Du point de vue phytogéographique, la région de Bemaraha appartient au domaine de l'Ouest, secteur Ouest moyen (Humbert, 1965), ou à la zone écofloristique de basse altitude (Faramalala, 1988). D'après Humbert (1965), la végétation climacique est une forêt dense sèche caducifoliée de la série à *Dalbergia spp.*, *Hildegardia spp.*, et *Commiphora spp.*

Les caractéristiques géomorphologiques déterminent l'existence d'une très grande diversité de formations végétales. Elles permettent ainsi de distinguer plusieurs types de formations végétales ainsi qu'une multitude d'habitats naturels tels que :

- la forêt dense sèche à *Gyrocarpus americanus* et *Pandanus pritis*, caractéristique de la végétation buissonnante xérophytique sur Tsingy ;



- la forêt dense sèche semi-caducifoliée à *Cynometra commersoniana*, *Rinorea arborea* et *Blotia* sp. sur avens à sols profonds entre des blocs de calcaires;
- la forêt dense sempervirente à *Khaya madagascariensis*, à *Maillardia occidentalis* et à *Rinorea* sp. sur bas versant et bas-fond humide;
- les savanes arborées ou herbacées (Rajeriarison, et *al.*, 2000) .

I.1.4.3 Milieu humain

La population autochtone est composée en majorité de Sakalava (50% des habitants). Les immigrants sont des Antesaka (20%), Betsileo (10%) ; Bara (5%), Tanala, Merina, Antandroy, Tsimihety et Vezo. Les relations interethniques sont généralement harmonieuses.

Le nombre de la population riveraine est relativement faible. C'est dans la commune de Bekopaka qu'on trouve la plus forte concentration de la population avec une densité inférieure à 7 habitants au km² (Rasoloarison et Paquier, 2003).

L'élevage bovin, la riziculture et la pêche constituent les principales activités des villageois. L'élevage y est de type extensif et le bétail est composé principalement de zébus, qui jouent un rôle social, culturel et économique très important, en particulier pour les Sakalava. Les perceptions économiques et culturelles des villageois se focalisent sur la possession d'un grand nombre de bétail, en particulier les zébus, considérés comme un moyen d'épargne et un signe de prestige social. Les vastes étendus de terrains favorables à l'agriculture font de la région, une zone d'accueil par excellence pour les immigrants.

Les moyens de déplacement les plus courants dans la région, à part la marche, sont les chars à bœufs.

En ce qui concerne les accès aux ressources forestières, la forêt est un bien public et appartient à l'Etat. Elle est inaliénable, mais étant un bien public, l'exclusion en est difficile. Elle est donc une source d'accès libre. Seul, l'accès à quelques produits est régulé par la loi (collecte et chasse d'espèces en dangers). Malgré son interdiction, le braconnage y est pratiqué. Deux espèces de Chiroptères sont chassées et consommées par la population de la région : *Pteropus rufus* et *Eidolon dupreanum* (Pteropodidae). Ces espèces sont même commercialisées dans les marchés plus au nord dans la région d'Antsalova. Tel est aussi le cas de *Potamocheilus larvatus*. Par contre, la population riveraine a le droit de collecte et d'usage de quelques produits dans les forêts environnantes, le parc exclu. Ces produits comprennent les bois morts pour les bois de chauffe, les sous-produits (miel, tubercules,...), les bois de construction moyennant un permis de coupe délivré par le service des Eaux et Forêts.



I.2 DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE

I.2.1 Habitats

L'étude lors de ces deux descentes sur terrain a été menée autour du campement d'Ankidrodroa. Ce site est situé entre 19°07.865' de latitude sud et 44°48.524' de longitude est. L'étude est on a opté de travailler dans quatre types d'habitats. Ces types d'habitats sont la forêt, la clairière, la lisière et les zones ripicoles

I.2.1.1 Forêt

a) Forêt dense sèche caducifoliée

Ce type de forêt repose sur le plateau calcaire, les avens à sols profonds et les substrats rocailloux, bien drainés à pente forte (supérieure à 15%). C'est une forêt haute de 15 à 20m, dense et stratifiée. Les espèces dominantes sont: *Gyrocarpus americanus* (Hemandiaceae - Mafay), *Pandanus pritis* (Pandanaceae - Fandra), *Commiphora* spp. (Burseraceae) et *Cynometra commersoniana* (Cesalpiniaceae - Soalafika). Les lianes sont aussi abondantes. La strate herbacée est très discontinue et saisonnière. Les espèces présentes sont adaptées à la sécheresse : caducifoliée presque générale dans la strate supérieure. Les autres formes d'adaptation sont la pachycaulie, la crassulescence et la reviviscence (ANGAP, 2003).

b) Forêt dense sempervirente ou forêt subhumide

Ce type de forêt se trouve sur les bas-fonds humides traversés par des ruisseaux permanents, à sols profonds et litière épaisse à une altitude allant de 59 à 75m. On rencontre aussi cette formation au bord du fleuve Manambolo, à pente raide de 40%. C'est la formation la plus sempervirente de l'Ouest occupant des surfaces plus ou moins étendues au milieu des formations sèches. C'est une végétation dense dominée par des grands arbres de plus de 20 m de haut et de grand diamètre (supérieur à 50cm). C'est le cas de *Dalbergia humbertii*, *Adansonia madagascariensis*, *Zanthoxylon tsihanimposa*, *Cedrelopsis gracilis*, *Cynometra commersoniana*, *Treulia perrieri*, *Ravensara perrieri*. Les strates inférieures herbacées sont peu développées et saisonnières. Dans la strate arbustive, les jeunes arbres forment une population assez dense. Les conditions écologiques du milieu sont favorables à l'installation des espèces sempervirentes. Les espèces caducifoliées sont également présentes avec un faible pourcentage (inférieur à 30 %) (ANGAP, 2003).

I.2.1.2 Clairières

Les clairières sont des formations climacique-édaphiques qui se



trouvent à des altitudes variant de 93 à 114m, occupées par une végétation buissonnante xérophytique. Elles s'installent sur les plateaux calcaires squelettiques peu fissurés ou «tsingy may » et les plateaux calcaires à pente nulle, fortement fissurés et déchiquetés, où le sol est presque inexistant. La hauteur moyenne de la végétation est de 3 à 7m, il n'y a pas de véritable stratification. La flore est très variée avec de nombreuses formes d'adaptation à la sécheresse : spinescence, crassulescence, reviviscence, pachycaulie, et la caducifolie est presque générale (*Pachypodium lamerei*, *Delonix boiviniana*, *Neobeguea leandriana*, etc.) (ANGAP, 2003).

La formation occupe une surface assez large. Les plantes sont fixées sur les rochers avec des racines en palettes qui pénètrent profondément dans les fissures rocheuses ou les débris organiques s'accumulent. Les pointes ou les lapiez de surface sont pratiquement dépourvues de végétation. Les clairières sont très fréquentées par les touristes parce qu'elles offrent une vue panoramique du Tsingy et sont importantes pour les activités de gestion du parc (ANGAP, 2003).

I.2.1.3 Lisière

Elle constitue une interface entre les surfaces destinées à l'agriculture près des cours d'eau et de la forêt. Dans le secteur Bekopaka, les terrains de culture sont concentrés autour du lac Tsimendroa. La riziculture est la principale activité culturelle pratiquée. Les cultures maraîchères sont faites en succession avec le riz après les récoltes. Le système de culture est encore extensif vu l'étendue des surfaces cultivables encore non exploitées.

I.2.1.4 Zone ripicole

Ce terme qualifie un habitat se trouvant sur les bas-fonds humides traversés par des ruisseaux permanents ou non permanents. C'est une interface entre l'écosystème terrestre et aquatique. Comme l'écotone, il comprend des hauts gradients de facteur environnemental, des processus écologiques et des communautés de plantes et d'animaux. Elle n'est pas facile à délimiter (Gregory et *al.*, 1991).

On définit la zone ripicole comme une zone tri-dimensionnelle d'interaction directe entre écosystème aquatique et terrestre. Sa limite est fonction de la taille et du flux du cours d'eau qui le traverse. Le dynamisme du cours d'eau affecte considérablement la formation de l'habitat et sa stabilité. Dans cet habitat règne un microclimat qui favorise l'établissement de diverses communautés biologiques, surtout des communautés d'insectes (Gregory et *al.*, 1991). Ainsi, cet habitat est un lieu de chasse privilégié pour les chauves-souris insectivores.

Cette zone est caractérisée par un sol profond à litière épaisse avec une végétation

dense dominée par des grands arbres de plus de 20 m de haut et de grand diamètre. C'est le cas de *Dalbergia humbertii*, *Zanthoxylon tsihanimposa*, *Cynometra commersoniana*, *Treculia perrieri*, *Ravensara perrieri*. Les strates inférieures herbacées sont peu développées et saisonnières. Dans la strate arbustive, les jeunes arbres forment une population assez dense. Les conditions écologiques stationnelles sont favorables à l'installation des espèces sempervirentes (ANGAP, 2003).

I.2.2 Période d'étude

La période d'étude a été répartie en deux descentes sur le terrain incluses dans les deux saisons de l'année. La première descente était effectuée pendant la saison plus sèche et plus fraîche, du 12 juillet au 20 août 2003. La température moyenne est moins élevée au mois de juillet et août (23 - 25°C) et atteint 31°C en octobre et en novembre. La pluviométrie, quant à elle est faible en juillet avec 1,7 mm et 6,9 mm en août.

La deuxième descente était faite au début de la saison chaude et humide, plus précisément du 25 octobre au 15 novembre 2003. La température moyenne atteint 31°C et la pluviométrie s'élève à 41,2 mm en octobre et jusqu'à 150 mm en novembre. Le mois d'octobre est la transition entre la saison sèche et la saison de pluie. Le Tsingy de Bemaraha est très difficile d'accès durant la saison de pluie, c'est-à-dire de décembre à mai.



II MATERIELS ET METHODES

II.1 Description de la matière vivante

II.1.1 Classification des chiroptères

Règne :	ANIMAL
Embranchement :	VERTEBRES
Sous- embranchement :	GNATHOSTOMES
Classe :	MAMMIFÈRES
Ordre :	CHIROPTERES

On distingue deux sous-ordres : les Mégachiroptères et les Microchiroptères. Dans le monde, 1001 espèces ont été recensées dont 167 Mégachiroptères et 834 Microchiroptères (Hutson et *al.*, 2001).

II.1.2 Généralités sur les chiroptères

Les Chauves-souris (Chiroptères) sont parmi les plus diversifiés et les plus largement répartis des groupes de mammifères. On peut les rencontrer sur tous les continents, excepté l'Antarctique. Il y a environ 1000 espèces de chauve-souris. La diversité et l'abondance des chauves-souris sont probablement attribuées aux nombreuses caractéristiques biologiques qui leur sont propres. Ils sont les seuls mammifères volants. De nombreuses espèces utilisent l'écholocation pour s'orienter et chasser. Leurs mœurs nocturnes et la grande diversité au niveau de leur biologie en font des animaux fascinants à étudier.

L'ordre des Chiroptères est subdivisé en deux sous-ordres, les Mégachiroptères d'une part et d'autre part les Microchiroptères (Koopman, 1993). La zone géographique de distribution de tous les Mégachiroptères couvre les régions tropicales et sub-tropicales (Afrique et Asie). Les Mégachiroptères se nourrissent de fruits, de nectar et de pollen et se regroupent principalement sur des arbres d'ortoirs. Il n'existe qu'une seule famille de Mégachiroptères. Il s'agit des Pteropodidae. 42 genres et 167 espèces sont incluses dans cette famille (Koopman, 1993 ; Huston et *al.*, 2001). Les 57 espèces du genre *Pteropus*, sont principalement des espèces péniinsulaires et d'un haut degré d'endémisme. Ces mégachiroptères n'utilisent pas d'écholocation pour s'orienter ; ils se servent plutôt de leur vue et de leur odorat.



Les Microchiroptères, quant à eux, sont repartis presque dans le monde entier et comprennent 16 familles avec 834 espèces (Huston et *al.*, 2001). Les Microchiroptères utilisent l'écholocation à haute fréquence et comptent principalement sur l'ouïe pour s'orienter. Environ 75% se nourrissent d'insectes, de fruit, de nectar, de pollen, de poisson, de petits mammifères (incluant des chauves-souris) ou de leur sang et gâtent dans une grande variété de sites incluant des grottes, des maisons et des arbres.

Les chauves-souris insectivores sont distribuées dans les régions tropicales et tempérées. Ils jouent un rôle dans la régulation des populations de plusieurs groupes d'insectes (Huston et *al.*, 2001). Environ 88% des espèces de chauve-souris sont exclusivement tropicales (Findley, 1993). En Afrique tropicale et Asie, celles de la famille des Pteropodidae sont les principales chauves-souris frugivores et c'est la seule famille représentée à Madagascar.

Avec la super-famille des Phyllostomatidae, la famille des Pteropodidae joue un rôle important dans la pollinisation et dans la dispersion des graines de plusieurs espèces forestières. Ces espèces peuvent être des « espèces clés » (Fujita et *al.*, 1991). Elles ont ainsi un rôle potentiel dans la régénération forestière (Ratrimomanarivo, 2003 ; Andriafidison, 2004 ; Andriafidison et *al.*, 2006 ; Bollen et Donati, 2006). Leur population est actuellement en déclin pour de nombreuses raisons, incluant la perte et la perturbation de leur gîte ; la perte de leur habitat d'alimentation, engendrée en particulier par la déforestation et leur surexploitation à des fins commerciales (Fujita et *al.*, 1991 ; Andrianaivoarivelo, 2004).

II.1.3 Chiroptères de Madagascar

La connaissance de la faune chiroptérologique malgache évolue lentement depuis que E. Geoffroy a décrit *Pteropus rufus* en 1803 (Peterson et *al.*, 1995). La révision la plus récente de la faune malgache de Chiroptères est attribuée à Dorst (1947 in Goodman 1999). Quelque 200 ans plus tard, l'on ne cesse de découvrir de nouvelles espèces. Peterson et *al.* (1995) ont décrit 28 espèces. Russ et *al.* (2003a) et Eger et Mitchell (2003) ont établi à 30 l'effectif des espèces de Chiroptères Malgaches. Depuis 2003, quatre nouvelles espèces ont été décrites dont 3 sont endémiques de Madagascar (Goodman et *al.*, 2005, 2006).



Le nombre d'espèces de Chiroptères présentes à Madagascar est faible par rapport aux autres îles tropicales à surface plus étendue¹ : 30% de celui des Nouvelles Guinées et de Bornéo. Par contre, le niveau d'endémisme est plus élevé : 60 % pour Madagascar contre 6,5 % à Bornéo et 16 % aux Nouvelles Guinées (Eger et Mitchell 2003). Parmi les 36 espèces existantes, 24 sont endémiques. Parmi les 7 familles de chauves-souris existantes dans l'île, seule la famille des Myzopodidae est endémique (Garbutt, 2007).

Certaines espèces de Chiroptères se retrouvent dans toute l'île : *Eidolon dupreanum*, *Taphozous mauritanus*, *Miniopterus manavi* alors que d'autres n'existent que dans des régions particulières, tel est le cas de *Myzopoda aurita* rencontré surtout sur la côte Est. *Triaenops furculus* est limité dans la partie occidentale (Peterson et al., 1995 ; Eger et Mitchell, 2003). Selon la classification provisoire issue du GMA (Avril 2005, non publiée), *Scotophilus borbonicus* est dit "Eteint" ; *Pteropus rufus*, *Eidolon dupreanum*, *Mormopterus acetabulosus* et *Neoromicia malagasyensis* sont classés "Vulnérables" et *Rousettus madagascariensis*, *Hipposideros commersoni* et *Triaenops auritus* sont "Quasi menacé", tandis que vingt autres espèces sont encore à "Préoccupation Mineure". Les données sur quatre autres espèces sont insuffisantes pour permettre leur classification, trois espèces sont classées "Non Menacées" et les deux nouvelles espèces de *Scotophilus* n'ont pas encore été évaluées.

Selon la commission du Conservation Breeding Specialist Group (2002), les principales menaces qui pèsent sur les Chiroptères de Madagascar sont la chasse pour les Mégachiroptères et la déforestation qui entraîne la perte de l'habitat de ces chiroptères. Les mesures de conservations spécifiques aux Chiroptères ne sont pas encore déterminées si bien que leur identification requiert des recherches supplémentaires. Ces recherches concernent (CBSG, 2002):

- le recensement des Microchiroptères,
- l'inventaire des gîtes où ces Microchiroptères habitent et des études sur les impacts des activités humaines,
- l'étude d'impacts des pesticides et de la chasse sur les chiroptères.

¹ Nouvelles Guinées : 854.697 km²
Bornéo : 745.917 km²
Madagascar : 587.042 km²



Les principaux prédateurs des chauves-souris identifiés sont : *Macheiramphus alcinus* (Milan des chauves-souris), *Otus madagascariensis* (Petit-duc de Madagascar) et *Sanzinia madagascariensis volontany* (Boa de Madagascar).

II.2 Méthodologie

II.2.1 Captures des microchiroptères

Les deux méthodes les plus communément utilisées pour capturer les chauves-souris en vol sont le filet japonais et le piège harpe. Le filet japonais est celui qu'on utilise lors de cette étude.

II.2.1.1 Le Filet Japonais (Figure 2)

Le filet japonais est le plus communément utilisé, parce qu'il est peu encombrant, léger et facile à installer sur le terrain (Barlow, 1999).

Le filet standard a une maille de 36 mm ; il est fait avec un fil en polyester à deux plis de 75 deniers, dont chacun est muni de 4 poches servant à retenir les animaux capturés. La longueur est variable allant de 6 m, 9 m, à 12 m. Le plus court convient à des captures en forêt mais la bonne taille des filets dépend du protocole de capture. Lors de cette étude, des filets de 6 m et de 9 m de longs sont combinés pour obtenir une longueur totale de 36 à 42 m par nuit.

Les pièges sont placés à travers les lieux de passages potentiels des chauves-souris lorsqu'elles chassent. Un total de 120 h (60 h x 2 saisons) de captures a été entrepris. Les efforts de captures sont reproduits à l'identique durant les 2 périodes d'études dans les différents types d'habitats. Un total de 24 h d'effort est entrepris dans la forêt, 24 h au niveau des clairières, 40 h dans les zones ripicoles et 32 h au niveau de la lisière.

Des poteaux en aluminium, tendus avec des cordages, sont utilisés pour ériger les filets. La bordure inférieure du filet doit être placée au ras du sol ou de la surface de l'eau si le filet est placé au-dessus d'un plan d'eau. La hauteur du filet est de 3 à 4 m.

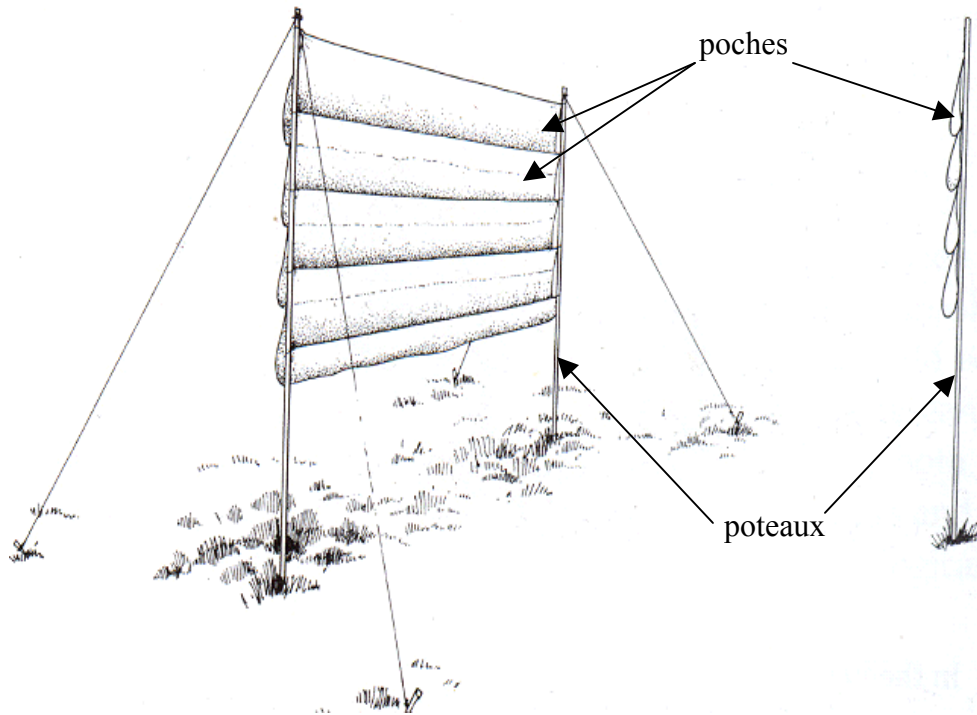


Figure 2 : Filet japonais (Finnemore et Richardson, 1999)

Les filets sont installés au coucher du soleil (18:00) et y reste durant 4 heures (jusqu'à 21:00). Ces filets sont placés :

- en perpendiculaire et/ou en parallèle au cours d'eau,
- à travers et/ou sur le bord d'une clairière,
- à l'intérieur de la forêt, en face des ouvertures au niveau de la végétation que les animaux pourraient emprunter,
- en perpendiculaire et/ou en parallèle à la lisière.

Ces pièges sont régulièrement contrôlés toutes les cinq minutes durant la première heure de capture et toutes les 15 minutes pour les 3 heures restantes.



II.2.2 Manipulation des chauves-souris

Il est très important de savoir manipuler l'animal. D'une part, il pourrait s'étouffer si on le manie brutalement. D'autre part, celui qui saisit l'animal pourrait se faire mordre s'il ne tient pas l'animal correctement. Il est donc nécessaire de s'exercer à la manipulation avant de partir sur le terrain et de se munir d'une paire de gants en cuir dans le cas des espèces de grande taille pour se protéger des morsures.

II.2.2.1 Extraction des microchiroptères capturés dans le filet (Figure 3, page 23)

Démêler les animaux pris dans les filets peut demander du temps et nécessite des personnes qualifiées pour y extraire sans problème les animaux. Les filets doivent être constamment surveillés pour éviter que les chauves-souris ne s'échappent et qu'on puisse les extraire rapidement. Le port d'une lampe frontale est vivement conseillé afin que les mains soient libres pour exécuter les tâches correctement.

Il n'y a pas de méthode standard pour extraire la chauve-souris du filet, mais quelques approches sont à mentionner :

- Tout d'abord, repérer le côté de la poche à travers duquel elle était entrée. La chauve-souris devrait être extraite du même côté où elle était entrée.
- Utiliser un gant pour tenir et contrôler la chauve-souris et l'autre main sans gant (la main gauche si la personne est gauchère) pour démêler le filet.
- Dégager successivement les parties du filet retenant ses pieds, libérer les ailes l'une après l'autre en les repliant contre le corps avec la main sans gant pour que ces ailes ne soient reprises dans le filet.
- Continuer de dégager le corps, puis la tête. S'assurer que la tête est bien contrôlée pour éviter les risques de morsure.



II.2.2.2 Manipulation proprement dite

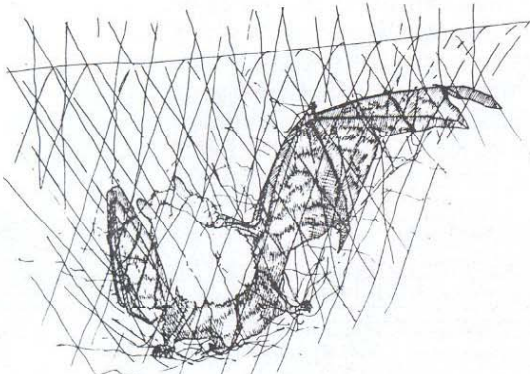
Une fois dégagées du filet de capture, les chauves-souris sont placées individuellement dans des pochons en coton munis de cordon permettant leur fermeture pour éviter que les chauves-souris ne s'échappent. Une heure après leur capture, elles sont mesurées, pesées, puis relâchées. Cependant, les espèces capturées tôt dès l'ouverture du filet doivent être mesurées et pesées plutôt. En effet, elles n'ont pas encore eu le temps de se nourrir.

La chauve-souris est maintenue dans la paume de la main et les doigts entourent le corps de l'animal. La tête est maintenue entre le pouce et l'index. Ce dernier est utilisé comme appui pour maintenir les mâchoires fermées.

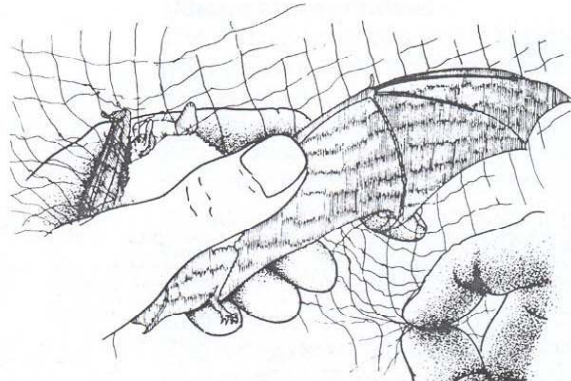
II.2.2.3 Mensuration

Les mensurations prises sont :

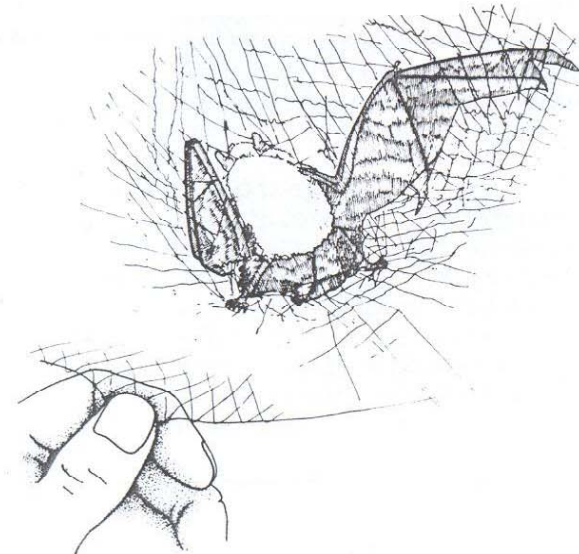
- ⇒ AB : la longueur de l'avant-bras (entre le coude et le poignet) (Figure 4, page 24),
- ⇒ P : le poids,
- ⇒ Tibia : la longueur du tibia (Figure 6, page 25),
- ⇒ Pied : le pied (du talon à l'extrémité de la plus longue griffe) (Figure 6, page 25),
- ⇒ 5DM : la longueur du cinquième doigt métacarpien (Figure 6, page 25),
- ⇒ O : la longueur de l'oreille (de sa base jusqu'à son extrémité) (Figure 5, page 24),
- ⇒ Tragus : la longueur du tragus (de sa base jusqu'à son extrémité) (Figure 5, page 24),
- ⇒ FN : la largeur des feuilles nasales (distance entre les extrémités les plus éloignées).



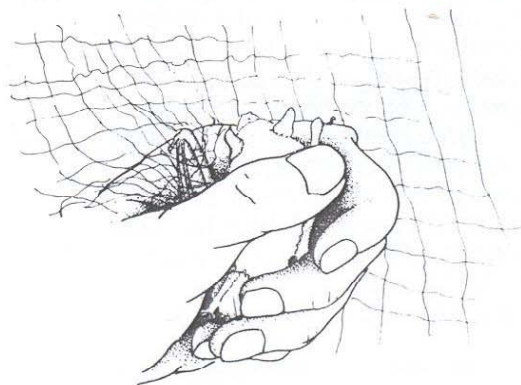
a) Dans la poche du filet



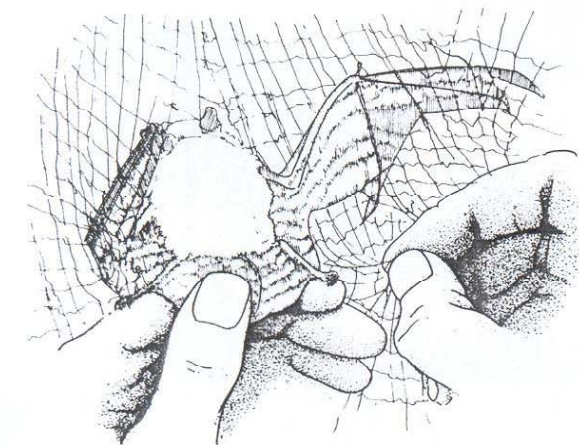
d) Tenir fermement le corps et l'aile libre non enchevêtrés dans le filet



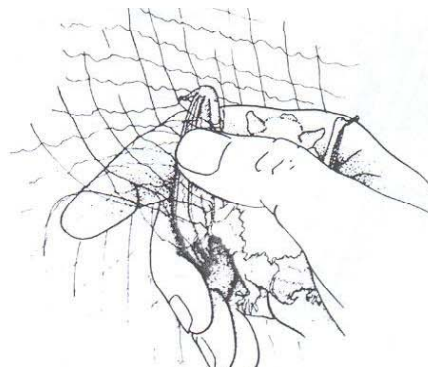
b) Ouvrir la poche



e) Libérer la tête. Tenir fermement l'animal pour qu'il ne s'entremêle de nouveau dans le filet et immobiliser la tête pour éviter les morsures



c) D'abord, dégager les pattes et la queue



f) Les ailes peuvent être déployées pour les démêler

Figure 3 : Démêlement des chauves-souris prises dans le filet

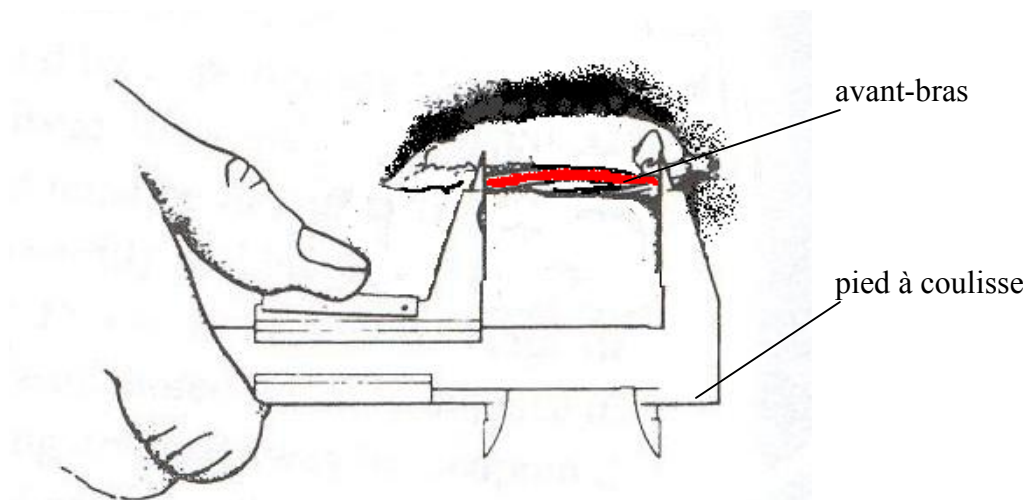


Figure 4: Mesure de l'avant bras à l'aide d'un pied à coulisse (Rakotoarivelo, 2004)

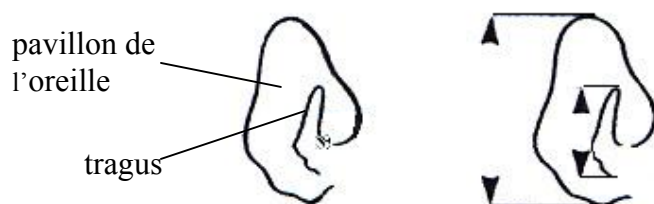


Figure 5: Mesure de l'oreille et du tragus (Rakotoarivelo, 2004)

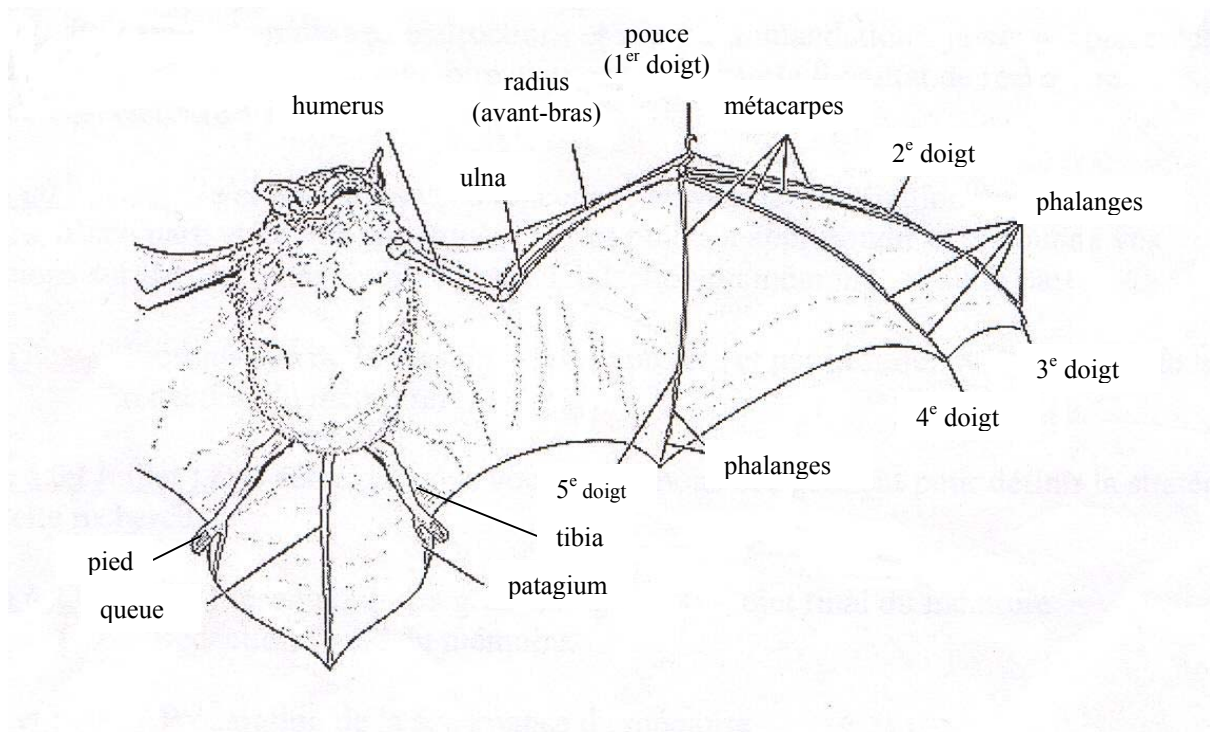


Figure 6: Morphologie d'un microchiroptère (*Myotis goudoti*) Echelle : 1 / 1 (grandeur nature) (Rakotoarivelo, 2004)

II.2.2.4 Identification

L'identification de chaque espèce à partir des caractères externes et de la morphologie externe se fait en se référant aux clés d'identification établies par Peterson et *al.* (1995), et Russ et *al.* (2003a). Pour chaque individu capturé, l'âge, le sexe et l'état de reproduction sont enregistrés. L'âge peut être noté en observant l'état d'ossification au niveau de l'articulation des phalanges. Les cartilages sur les bouts des os des juvéniles au niveau des articulations sont translucides comparés à ceux des adultes (Figure 7). Les mâles sont facilement reconnus par leur pénis et les femelles par une paire de glandes mammaires et une vulve (Huston et Racey, 1999)

Les états de reproduction chez les femelles sont notés. Certaines femelles qui n'ont pas encore allaité, ont des mamelons réduits (nullipares). D'autres ont déjà allaité, leurs mamelons sont plus larges et kératinisés. Enfin, les femelles gravides sont reconnues au toucher par le mouvement de l'embryon dans l'utérus.

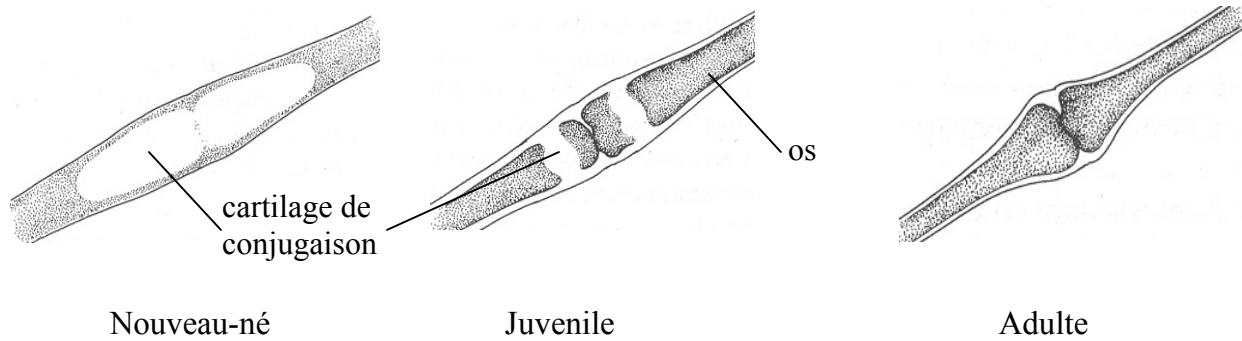


Figure 7: Schéma de l'état d'ossification au niveau des articulations des doigts (Huston et Racey, 1999).

II.2.3 Enregistrement de l'activité de chasse des microchiroptères

Des études ont été déjà faites en utilisant des détecteurs ultrasoniques pour enregistrer les activités des chauves-souris (Russ et *al.*, 2003b).

Des écoutes à plusieurs points à intervalle de 50-100 m ont été effectuées dans les différents habitats pour décrire l'activité de chasse des chauves-souris qui s'y trouvent. Elle peut être quantifiée en comptant les « Feeding buzzes » émis provenant d'une série de points d'écoute. Le « Feeding buzzes » est un ensemble de pulsions rythmiques d'ultrason émis par la chauve-souris lors de la tentative de capture des proies (Vaughan et *al.*, 1997). Une écoute de 5 mn via un détecteur ultrasonique BatBox DUET (Stag Electronic, UK) est faite à chaque point. L'enregistrement en mode division de fréquence est fait avec un lecteur enregistreur Mini Disc. Ce mode réduit la fréquence de l'ultrason en la divisant par 10 (et non la durée). Certaines structures sont perdues mais l'amplitude du son transformé est relative au son d'origine.

Plus tard, le nombre de « feeding buzzes » est compté en utilisant un écouteur et un compteur. L'écoute de tous les enregistrements permet d'estimer l'activité de chasse.



II.2.4 Analyse des fèces

II.2.4.1 Analyse des fèces de microchiroptères.

La méthode standard d'analyse des fèces de Shiel et *al.* (1997) a été adoptée lors de cette étude pour les fèces récoltées lors des captures. Elles se composent de petites pelotes cylindriques. Au cours de l'analyse, seulement celles qui sont intactes devraient être considérées sauf si le matériel est limité. Le choix des pelotes à analyser devrait être fait au hasard car au cours de l'observation, certaines semblent plus intéressantes que d'autres. Par exemple, il pourrait y avoir une différence au niveau de la coloration des unes par rapport aux autres. Des fragments d'insectes intrigants peuvent être visibles à la surface et une tentative de les sélectionner pourrait fausser la totalité des résultats.

Pour l'analyse, les pelotes sont placées dans une boîte de pétri que l'on place sur un papier millimétré. Ensuite, on ajoute quelques gouttes de glycérine à ces pelotes. Puis, on les étale soigneusement à l'aide de deux aiguilles fines de dissection sous un microscope à faible grossissement (2,5x10). Après l'épilage, on rajoute un peu plus de glycérine pour que chaque fragment soit bien visible (Shiel et *al.*, 1997).

Tous les fragments identifiables possibles sont mis à part en travaillant systématiquement sur un papier millimétré. Ces fragments sélectionnés ont des traits distincts : particulièrement ceux qui sont articulés tels que les fragments de pattes, d'antennes, d'ailes avec des nervations distinctes et d'élytres. Les débris non identifiables de chitine (la principale substance qui compose le squelette externe des arthropodes) peuvent être ignorés ainsi que les poils de chauve-souris qui peuvent être avalés accidentellement lors du toilettage. Les fragments sélectionnés sont montés dans de la gélatine glycinée entre lame et lamelle. Leur arrangement devrait être fait avec les plus grands soins. Les ailes devraient être bien étalées, les antennes et les jambes soigneusement déployées ; ceci doit être effectué sans les casser. S'il n'y a pas de gélatine glycinée, alors on utilise de la glycérine puis on le recouvre de bande transparente. La préparation est permanente et est stockée dans une boîte à lame. Les restes de fèces de chaque individu qui n'ont pas été montés et les restes non identifiables sont stockés dans un petit tube étiqueté pour des vérifications ultérieures.



II.2.4.2 Identification et comptage des fragments d'insectes.

Une fiche est employée pour enregistrer les données issues de l'identification des fragments d'insectes dans les crottes de chauve-souris (Annexe 7) : le nombre de fragment par famille et par ordre d'insectes, le pourcentage-volume des fragments de chaque ordre par rapport à la totalité des fragments identifiables et le nombre minimal d'individus d'une famille d'insectes. Chaque fragment complet identifiable (d'un ordre ou d'une famille) est mesuré et dessiné pour avoir une idée sur la taille des insectes consommés par chaque espèce de chauve-souris.

Les méthodes suivantes sont adoptées pour l'identification de fragments d'insectes :

- les fragments dans les crottes sont identifiés au niveau de l'ordre ou de la famille. Ils sont comparés avec des spécimens d'insectes collectés pendant la même période et dans le même site où les microchiroptères ont été capturés. Une sorte de catalogue est ainsi établie en étalant et en collant les différentes parties du corps du spécimen sur une lame.

- des documents sur la clé d'identification des insectes et des guides sur l'identification des fragments d'arthropodes dans les crottes de microchiroptères sont aussi utilisés pour les identifications : Delvare et Aberlenc (1989); Scholtz et Holm (1986) et Shiel *et al.*, (1997).

Après les identifications, une estimation visuelle des proportions de fragments appartenant à chaque groupe de proie par rapport au volume total de fèces d'un individu est faite. C'est le pourcentage-volume et il est exprimé en %.

II.2.5 Capture des insectes

II.2.5.1 Dispositif de capture

Le dispositif de capture des insectes peut être classé selon que les insectes seraient capturés au hasard (piège passif) ou par un stimulus (piège actif). Chaque dispositif a ses propres biais (Kunz, 1990). Un recensement fiable de la disponibilité des insectes proies exige l'utilisation simultanée de différentes sortes de pièges. Ceci dépend du comportement de chasse du prédateur (chauve-souris) et des spécificités des types de pièges.

II.2.5.2 Piège malaise

Le piège malaise est l'un des pièges les plus efficaces pour la capture des insectes aériens. Le modèle de base est sous forme de « tente » en toile dans laquelle les insectes volants vont être interceptés (Figure 9, page 32). A l'intérieur, les insectes volent ou/et rampent vers le haut et entrent dans la fiole (contenant de l'éthanol 70%) au sommet de la tente, dans laquelle ils sont collectés.

Les avantages de l'utilisation du piège malaise sont : sa simplicité et son adaptabilité, qui lui permettent d'être utilisé dans une variété d'habitats. Le piège malaise est typiquement dressé au ras du sol, mais peut être aussi suspendu sur des arbres ou à travers des ruisseaux.

Les facteurs qui affectent l'efficacité du piège malaise incluent sa taille, sa forme, le nombre et la taille du déflecteur et enfin son emplacement (Kunz, 1990).

II.2.5.3 Piège lumineux

Ce type de piège avait été largement employé lors des suivis de communautés d'insectes (Wolda, 1978, 1979) et dans des efforts rigoureux pour estimer la disponibilité des proies pour les chauves-souris (Black, 1974, 1979 ; La Val et La Val, 1980, In Kunz, 1990). Le principe du piège lumineux repose sur la perturbation du comportement normal de l'insecte. La variation de la réponse est fonction du type de piège, des types habitats et de la phase lunaire. Les insectes diurnes peuvent être attirés par l'ultraviolet (UV) émis par les sources de lumière utilisées pendant la nuit, pouvant fausser les résultats de la capture des insectes disponibles.

L'intensité et la qualité (longueur d'onde) de la source de lumière sont des variables importantes qui pourraient affecter l'efficacité du piège lumineux.

Malgré ces limites, l'utilisation de ce type de piège est d'une valeur inestimable pour la collecte des spécimens de référence utilisée lors de l'analyse de l'habitude alimentaire des différentes espèces de chauves-souris (Kunz, 1990).



II.2.5.4 Capture des insectes sur le terrain

Les insectes ont été collectés dans 4 types d'habitats : la forêt, la lisière, la clairière et les zones ripicoles.

L'abondance et la composition des insectes aériens dans le milieu sont échantillonnées en utilisant deux types de pièges. Les piégeages sont effectués en même temps que la capture des microchiroptères et la récolte des fèces.

Piège lumineux : utilisant une lampe à pétrole (PETROMAX) (Figure 8, page 32).

L'utilisation de cette lampe à pétrole a été optée à cause de l'inexistence de l'électricité. De plus, elle a une grande autonomie et produit une lumière suffisamment intense (équivalent à 100Watts). Cette méthode a déjà été initiée lors de l'étude sur le régime alimentaire de chauves-souris de la famille des Molossidae dans le Parc National d'Andasibe par Andrianaivoarivelo et Ranaivoson (2004).

Cette méthode permet de capturer les espèces nocturnes ou non qui sont pour la plupart phototactiques. Le piège lumineux a été choisi comme étant l'une des meilleures méthodes pour échantillonner les insectes disponibles dans le milieu pendant la nuit.

La lampe Petromax est placée à 1,5 m du sol et à 0,5 m en face d'un drap blanc de 2 m x 1,5 m qui sert de réflecteur de lumière attirant les insectes.

Le piège est allumé pendant 20 minutes (au début de chaque tranche d'heure), pendant quatre heures, c'est-à-dire de 18 à 21 heures, puis il est éteint en attendant la tranche d'heure suivante.

Les insectes attirés par la lumière sont collectés, puis tués dans des boîtes à cyanure. Ensuite, ils sont placés dans des petites boîtes en plastique étanches et étiquetées (contenant les informations sur l'heure, la date, l'endroit et le type d'habitat). De l'éthanol (70%) est utilisé pour les conserver jusqu'à leur identification au laboratoire.

Piège malaise (Figure 9, page 32)

Cette méthode est basée sur l'interception en vol des insectes qui volent pendant la nuit. Ce type de piège est utilisé pour échantillonner des espèces volantes (Lépidoptères, Diptères, Hyménoptères,...).

Le piège est placé perpendiculairement au vent dominant, son extrémité supérieure porte un récipient fermé par un bocal en plastique contenant de l'éthanol à 70%. Le processus de stockage et d'étiquetage est le même que précédemment.



II.2.6 Identification des insectes capturés

Les échantillons d'insectes sont identifiés au laboratoire en utilisant une loupe binoculaire. Ils sont identifiés jusqu'au niveau de l'Ordre ou de la Famille en utilisant des livres sur les clés pour la reconnaissance des familles telles que celles de Chinery (1993), Delvare et Aberlenc (1989), Scholtz et Holm (1989).

Leur taille est estimée en mesurant la longueur totale du corps, c'est-à-dire de l'extrémité de la tête sans tenir compte des antennes, jusqu'à l'apex de l'abdomen. Ils sont ensuite classés en trois groupes en fonction de leur taille : petite taille ($x < 3$ mm), taille moyenne ($3 \text{ mm} < x < 10$ mm) et de grande taille ($x > 10$ mm).

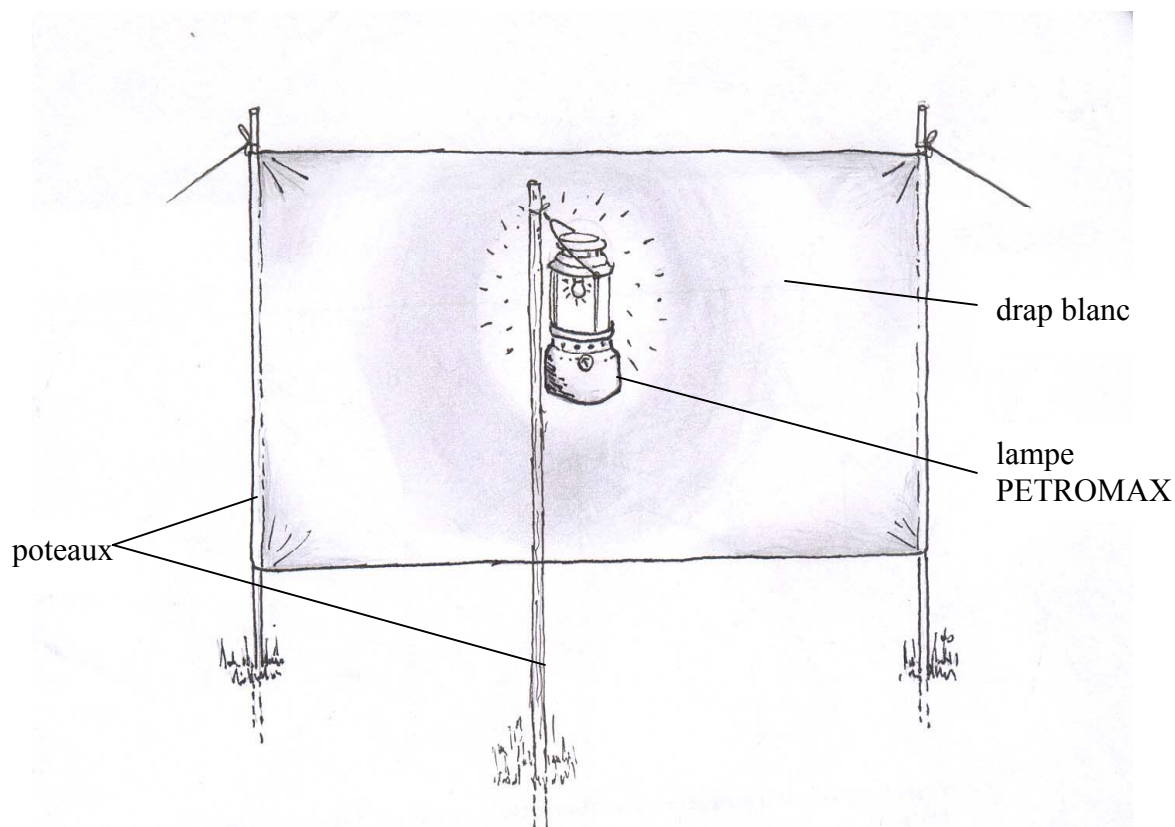


Figure 8: Dessin d'un piège lumineux à lampe « petromax » (Rakotoarivelo, 2004)

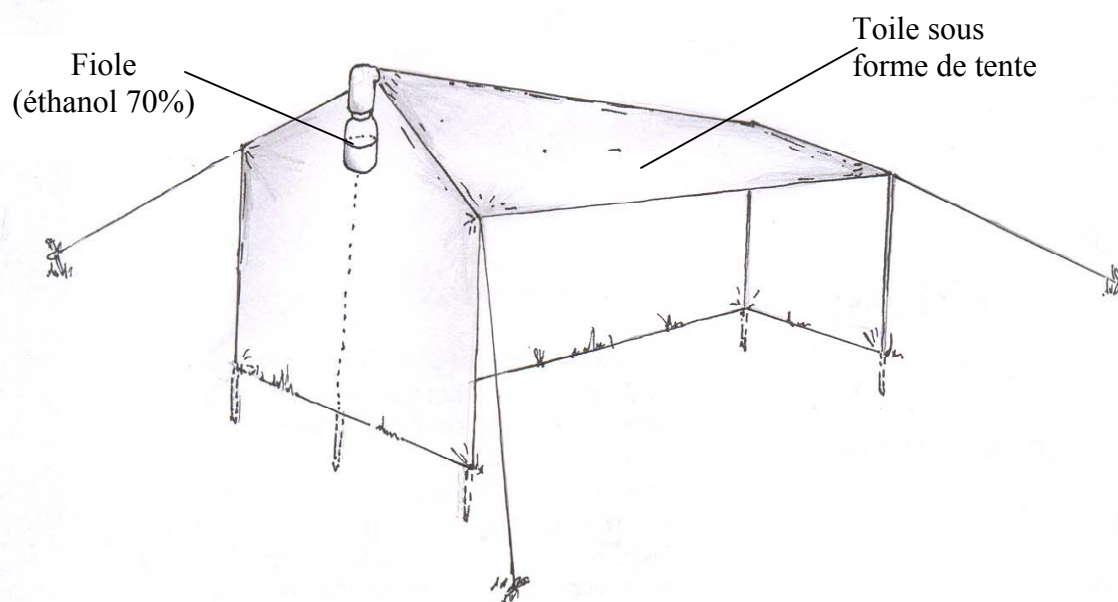


Figure 9: Dessin d'un piège malaise (Rakotoarivelo, 2004)



II.2.7 Analyse statistique

Le logiciel StatView version 5.0 (SAS Institute Inc.) a permis de réaliser les tests statistiques. On a adopté une valeur de α de 0,05. Les données sont présentées sous forme de moyenne \pm erreur standard (ES).

Le test de Kruskal-Wallis et celui de Mann-Whitney sont utilisés pour le test non paramétrique et One-Way ANOVA (Analyse of Variance) pour le test paramétrique.

II.2.7.1 Test de Kruskal-Wallis

C'est un test non paramétrique, utilisé quand la distribution n'est pas normale ou non gaussienne. Il est utilisé pour tester les différences entre les médianes de plus de deux groupes. Ce test sera utilisé pour l'analyse des activités des chauves-souris par rapport à l'habitat, les activités des insectes par heure, l'abondance des insectes par heure et par habitat.

Après classement par ordre croissant de toutes les valeurs des k populations confondues, on calcule le rang moyen de chaque série (\bar{R}_i) et le rang moyen général (R).

$$R_i = \sum \frac{R \times i}{n_i} \text{ et } R = \frac{N+1}{2} \times N = \sum n_i$$

$$E = \frac{12}{(N+1)N} \sum (n_i (R_i - R)^2); P \text{ (probabilité) à } (k - 1) \text{ ddl au risque } \alpha.$$

E : somme des nombres d'observations

N : effectif total

sous H0 (hypothèse nulle), $E < P(k - 1; \alpha)$, les k séries ne sont pas globalement différentes les unes des autres ;

sous H1 (hypothèse alternative), $E > P(k - 1; \alpha)$, les k séries sont globalement différentes les unes des autres.

II.2.7.2 Test de Mann-Whitney

C'est un test non paramétrique utilisé pour tester les différences entre les médianes de deux groupes ou sous populations. Ce test sera utilisé pour l'analyse des activités des chauves-souris, leur régime alimentaire et l'abondance des insectes par rapport à la saison.



Après classement par ordre croissant de toutes les observations des deux groupes ou sous populations, on calcule la somme des rangs (R) attribués aux observations de la série la plus petite. n_1 et n_2 sont les nombres d'observations pour chaque échantillon.

$$R_1 = \sum R_{i1}$$

$$R_2 = \sum R_{i2}$$

calcul du test statistique U_1 et U_2

$$U_1 = n_1.n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2$$

$$U_2 = n_1.n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1$$

Vérifier que $U_1 + U_2 = n_1.n_2$

Sélectionner la valeur la plus petite de $U_{calculé}$ puis comparer avec la valeur de U_{table} correspondante à la valeur de n_1 et n_2 dans la table.

sous H_0 : Il n'y a pas de différence significative des activités des chauves-souris, leur régime alimentaire et l'abondance des insectes par rapport à la saison au risque α de 5%, $U_{calculé} > U_{table}$;

sous H_1 : Il y a une différence significative des activités des chauves-souris, leur régime alimentaire et l'abondance des insectes par rapport à la saison au risque α de 5%, $U_{calculé} < U_{table}$.

II.2.7.3 Test One-Way ANOVA

C'est un test paramétrique. Il est utilisé quand la distribution est normale ou gaussienne pour tester l'homogénéité de la variance de deux variables. Ce test sera utilisé pour l'analyse morphométrique par sexe et par saison des chauves-souris.

sous H_0 : il n'y a pas de différence significative sur l'analyse morphométrique au risque α de 5%

sous H_1 : il y a une différence significative sur l'analyse morphométrique au risque α de 5%



II.2.8 Analyse non statistique

II.2.8.1 Indice de Sélectivité d'Ivlev

Elle mesure la préférence du prédateur pour un groupe de proie en fonction de sa disponibilité et de son abondance dans le milieu (Krebs, 1989). Cet indice est défini par la

formule :
$$E_i = \frac{r_i - n_i}{r_i + n_i}$$

Avec r_i : pourcentage des fragments d'insectes contenus dans les fèces.

n_i : pourcentage-composition d'un groupe d'insectes proie dans le milieu d'étude.

L'indice de sélectivité est compris entre -1 et $+1$. Entre 0 et $+1$, cela indique une préférence, et entre -1 et 0 , l'animal évite de consommer le type de proie. Une valeur nulle indique que l'animal n'a pas de préférence précise.

II.2.8.2 DECORANA

DECORANA ou « Detrended Correspondence Analysis » est utilisé pour analyser une série de données multivariées à l'aide d'un processus d'ordination. L'ordination est une manière efficace de condenser une large et complexe série de données en une nouvelle plus réduite. Cette procédure permet de décrire et de quantifier les liens qui existent entre les variables et les unités d'échantillon. DECORANA produit un diagramme sur lequel les variables ou les unités d'échantillon sont représentés sous forme de point sur un graphique di- ou tri-dimensionnel. Dans cette étude, il est utilisé pour mettre en évidence les chevauchements dans l'exploitation des insectes proies chez 5 espèces de microchiroptères (Stephen, 2000).



III RESULTATS ET INTERPRETATIONS

III.1 Etude des microchiroptères

III.1.1 Composition de la communauté

Un effort de capture totale de 120 heures pendant 30 nuits pour les deux saisons nous a permis de capturer 268 individus appartenant à cinq espèces, quatre genres et deux familles (Tableau 5).

Tableau 5 : Espèces capturées dans le Parc National Tsingy de Bemaraha (PNTB), endémisme, statut de conservation et abondance relative.

Famille	Espèces	Statuts			Abondance	
		UICN	CBSG 2002	GMA 2005	N	%
HIPPOSIDERIDAE	<i>Hipposideros commersoni</i>	LR lc	LR lc	NT	38	14,2
	<i>Triaenops furculus</i>	VU	-	LC	24	9,0
	<i>Triaenops rufus</i>	DD	-	LC	68	25,4
VESPERTILIONIDAE	<i>Myotis goudoti</i>	LR nt	LR lc	LC	38	14,2
	<i>Miniopterus manavi</i>	LR nt	LR lc	LC	100	37,3
TOTAL					268	100

(Sources des Statuts: Huston et *al.*, 2001 ; Eger et Mitchell, 2003 ; GMA, 2005)

% : Pourcentage par rapport au nombre total

N : Nombre total d'individus capturés par espèce

LR lc : Préoccupation mineure

DD : Données Insuffisantes

NT : Quasi menacé

LR nt : Quasi-menacée

VU : Vulnérable

LC : Préoccupation mineure

Ces cinq espèces sont toutes endémiques. *Triaenops furculus* a été classé « Vulnérable » (VU) par l'UICN à cause de la dégradation de son habitat et de la diminution de sa zone d'occurrence. Il devrait être l'objet de suivi bio-écologique axé sur la localisation des gîtes, la surveillance de la reproduction, de la croissance ainsi que du régime alimentaire qui fait partie intégrante de la présente étude. *Myotis goudoti* et *Miniopterus manavi* quant à eux sont classés « Quasi menacé » (LR nt). *Hipposideros commersoni*, classée dans la



catégorie du « Préoccupation mineure » (LR lc), est la seule espèce qui n'est pas menacée. Selon la classification provisoire issue du GMA en Avril 2005, *H. commersoni* est considéré comme « Quasi menacé » et les quatre autres espèces sont dites de « Préoccupation mineure ».

III.1.2 Description des espèces

a) *Hipposideros commersoni*, E. Geoffroy, 1813 (Photo 1a)

C'est la plus grande espèce de cette communauté de microchiroptères étudiée. Elle se caractérise par sa grande feuille nasale, avec un sac frontal postérieur. Le pelage du dos est d'un gris-brun clair au rouge brun. La tête et la face ventrale sont plus claires. Parmi les individus capturés, 14 sont des mâles et 24 des femelles. Les mâles se caractérisent par un sac frontal qui s'ouvre quand l'animal est perturbé. Les mâles ont un avant-bras plus long que les femelles et le poids des mâles est plus lourd que celui des femelles. Il existe un dimorphisme sexuel chez *H. commersoni* (ANOVA, $F = 43,76$; $P < 0,0001$ pour l'avant-bras).

Tableau 6 : Poids et longueur de l'avant-bras de *H. commersoni*

Caractères	MALES			FEMELLES		
	N	\bar{X}	ES	N	\bar{X}	ES
Avant-bras (mm)	14	92,1 *	$\pm 1,0$	24	85,5 *	$\pm 0,8$
Poids (g)	14	48,9	$\pm 1,6$	24	45,1	$\pm 0,5$

* ($P < 0,0001$)

b) *Triaenops furculus*, Trouessart, 1906 (Photo 1b)

C'est une espèce relativement petite, aux grandes oreilles pointues et à bord interne non échancré. La feuille nasale est en forme de trident simplifié. Le pelage est d'un gris-brun sur le dos et gris clair sur le ventre. Les femelles sont plus grandes que les mâles pour la longueur de l'avant-bras, mais les mâles sont plus lourds (Tableau 7).

Tableau 7 : Poids et longueur de l'avant-bras de *T. furculus*

Caractères	MALES			FEMELLES		
	N	\bar{X}	ES	N	\bar{X}	ES
Avant-bras (mm)	2	44,2	$\pm 0,3$	21	45,8	$\pm 0,2$
Poids (g)	2	6,7	$\pm 0,2$	21	6,5	$\pm 0,2$



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Photo 1:

(a) *Hipposideros commersoni*

(b) *Triaenops furculus*

(c) *Triaenops rufus*

(d) *Myotis goudoti*

(e) *Miniopterus manavi* (Source: LFR, 2004)



c) *Triaenops rufus*, **Milne-Edwards, 1881** (Photo 1c)

Légèrement plus grande (poids et longueur de l'avant-bras) que *T. furculus*, *Triaenops rufus* est de taille moyenne. Ses oreilles sont relativement petites et profondément entaillées. La feuille nasale est en trident à profonde échancrure basale sur les bords externes. Le pelage du dos est roux et plus clair sur le ventre. Les mâles sont plus grands et plus lourds que les femelles. Cette différence entre les mâles et les femelles pour la longueur de l'avant-bras est significative (ANOVA, $F = 16,02$; $P < 0,001$) (Tableau 8).

Tableau 8 : Poids et longueur de l'avant-bras de *T. rufus*

Caractères	MALES			FEMELLES		
	N	\bar{X}	ES	N	\bar{X}	ES
Avant-bras (mm)	15	50,7 *	$\pm 0,4$	48	48,5 *	$\pm 0,3$
Poids (g)	15	8,8	$\pm 0,6$	48	8,4	$\pm 0,2$

* ($P < 0,001$)

d) *Myotis goudoti*, **A. Smith, 1834** (Photo 1d)

Myotis goudoti, également appelé chauve-souris malgache à oreilles de souris, est caractérisé par ses larges oreilles à apex rond et par un tragus étroit, pointu et long. Le pelage est d'un brun foncé et gris sur la face ventrale. Contrairement aux autres espèces, les femelles sont plus grandes que les mâles pour la longueur de l'avant-bras (ANOVA, $F = 9,5$; $P < 0,01$). Le poids des femelles excède aussi celui des mâles, mais cette différence n'est pas statistiquement significative ($F = 2,12$; $P > 0,05$) (Tableau 9).

Tableau 9 : Poids et longueur de l'avant-bras de *M. goudoti*

Caractères	MALES			FEMELLES		
	N	\bar{X}	ES	N	\bar{X}	ES
Avant-bras (mm)	14	36,5 *	$\pm 0,2$	23	37,7 *	$\pm 0,3$
Poids (g)	14	5,4	$\pm 0,1$	23	5,8	$\pm 0,2$

* ($P < 0,01$)

e) *Miniopterus manavi*, **O. Thomas, 1906** (Photo 1e)

C'est la plus petite des cinq espèces étudiées. Comme tous les membres du genre *Miniopterus*, *M. manavi* est caractérisé par la seconde phalange du troisième doigt trois fois plus longues que la première. Le pelage est gris brunâtre sur la face dorsale et cendrée sur la face ventrale. Mâles et femelles ne présentent ni variation au niveau de la longueur de l'avant-bras ni de poids (Tableau 10).

Tableau 10 : Poids et longueur de l'avant-bras de *Miniopterus manavi*

Caractères	MALES			FEMELLES		
	N	\bar{X}	ES	N	\bar{X}	ES
Avant-bras (mm)	46	35,6	$\pm 1,1$	54	35,7	$\pm 0,1$
Poids (g)	46	4,6	$\pm 0,0$	54	4,8	$\pm 0,1$

Ces cinq espèces de microchiroptères peuvent être catégorisées en trois groupes distincts en fonction de la longueur de leur avant-bras et de leur poids (Figure 10). *Hipposideros* est le plus grand (avant-bras des mâles : $92,1 \pm 1,0$ mm et pour les femelles : $85,5 \pm 0,8$ mm) et le plus lourd (poids des mâles : $48,9 \pm 1,6$ g et femelles : $45,1 \pm 0,5$ g). Les deux espèces de *Triaenops* sont dans le deuxième groupe. Mais, *T. rufus* a un avant-bras plus long et plus lourd que *T. furculus*. Le dernier groupe est celui des deux Vespertilionidae, *M. goudoti* et *M. manavi*. Ils ont à peu près la même longueur d'avant-bras, mais en terme de poids, le premier est plus lourd que le dernier (Figure 11).

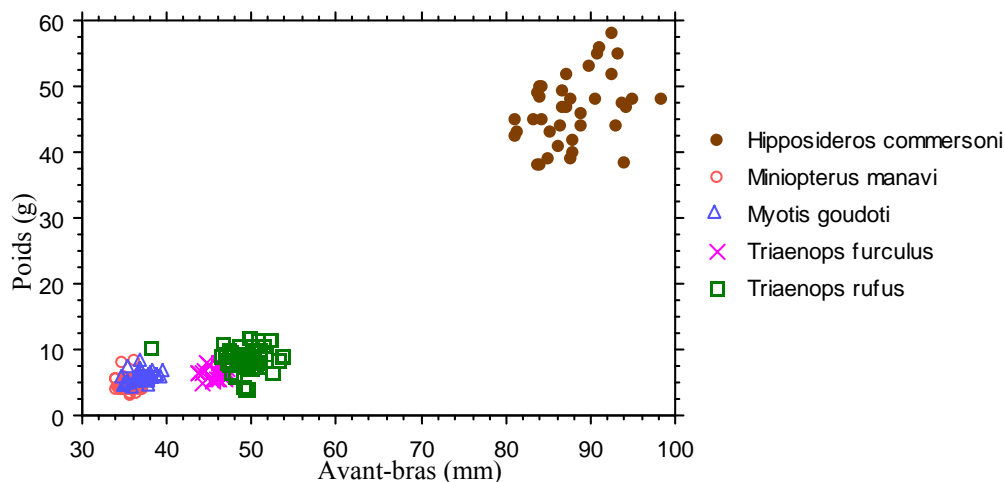


Figure 10 : Répartition des 5 espèces en fonction de leur poids et de la longueur de leur avant-bras

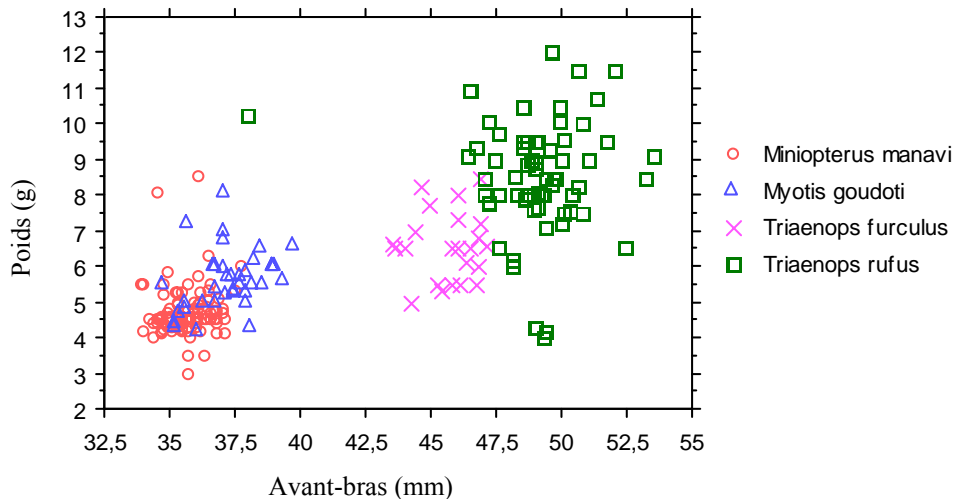


Figure 11 : Répartition des 4 plus petites espèces en deux groupes

III.2 Bio-écologie des microchiroptères

III.2.1 Par saison

III.2.1.1 “Feeding buzzes”

Un total de 316 points d’écoutes a été effectué pour cette étude. 161 ont été effectués durant le mois de juillet et 155 au mois de novembre. Les « Feeding buzzes » peuvent être traduits comme indicateur de l’activité de chasse car c’est l’ensemble de pulsions rythmiques d’ultrason émis par la chauve-souris lorsque l’animal tente de capturer ses proies. Les nombres moyens de « Feeding buzzes » par point d’écoute sont comparés pour les deux périodes d’études. Ceux enregistrés en juillet sont plus importants que ceux en octobre. Ceci indique des activités plus intenses lors de la première saison d’étude (juillet) que lors de la deuxième (novembre). Cependant, le test n’est pas statistiquement significatif (Mann-Whitney, $U = 11108$; $P > 0,05$) (Figure 12). L’hétérogénéité et la large fluctuation des activités dans les habitats pourraient expliquer ce résultat d’analyse statistique.

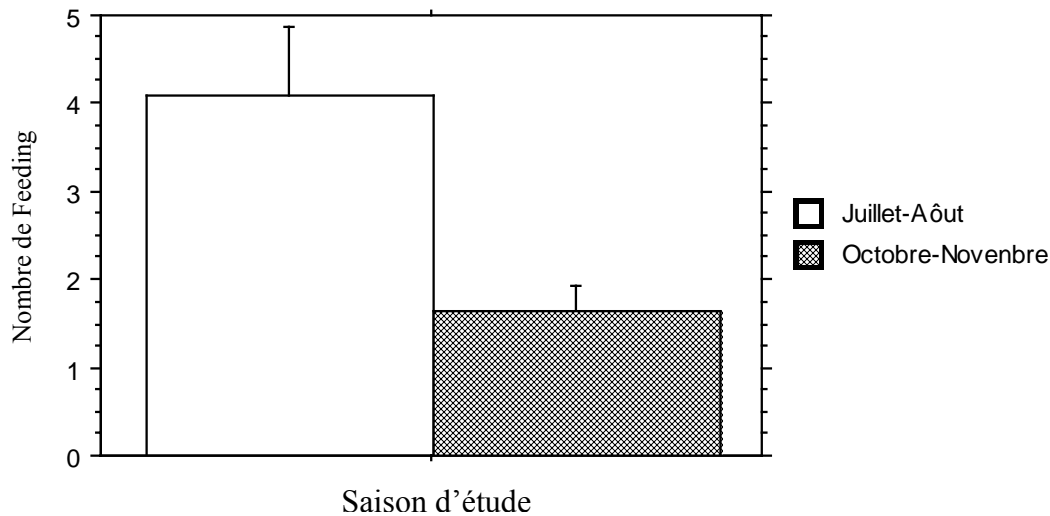


Figure 12 : Moyenne (\pm ES) de « Feeding buzzes » par point d'écoute par saison

III.2.1.2 Composition du régime alimentaire des cinq espèces (Figure 13, page 44)

Un total de 116 échantillons de fèces provenant des 5 espèces de microchiroptères étudiées a été analysé afin d'identifier la composition de leur régime alimentaire (Annexe 6).

Hipposideros commersoni : Cette espèce a pu être capturée seulement pendant le mois de novembre, la comparaison ne pourra pas être faite entre les deux périodes d'étude. Son régime alimentaire est presque exclusivement constitué de Coléoptères (86%), mais aussi d'Hémiptères (9%) et de Dictyoptères (2%).

Myotis goudoti : Le pourcentage-volume de l'ordre des Coléoptères dans le fèces en juillet est moins important comparé à ceux de novembre (11% et 72%, respectivement; Mann-Whitney, $U = 1,0$; $P < 0,005$). En revanche, le pourcentage-volume de l'ordre des Lépidoptères en juillet est supérieur comparé au mois de novembre (24% et 5%, respectivement ; Mann-Whitney, $U = 67,5$; $P < 0,005$). Pour les autres ordres d'arthropodes identifiés dans les fèces de *M. goudoti*, leur pourcentage-volume n'est pas statistiquement différent entre les deux périodes d'études (Figure 13).

Miniopterus manavi : cette espèce consomme beaucoup plus de lépidoptères en juillet (avec 31%) qu'en novembre (avec 13% de son régime alimentaire) (Mann-Whitney, $U = 46,5$; $P < 0,05$). Les autres ordres d'insectes composant son régime alimentaire ne varient pas entre les deux périodes d'étude (Figure 13).



Triaenops furculus : La proportion de Coléoptères est élevée en novembre (51% en novembre contre 13% en juillet; Mann-Whitney, $U = 3,0$ et $P < 0,05$). Inversement, les Lépidoptères identifiées dans les fèces entre les deux périodes d'études diminuent de 69% en juillet à 21% en novembre (Mann-Whitney, $U = 4,5$ et $P < 0,05$). Pour les autres ordres d'insectes, leur contribution est faible et n'est pas significativement différente entre les deux périodes d'études (Figure 13).

Triaenops rufus : Pour cette espèce, les proportions des différents ordres d'insectes identifiées (Coléoptères, Lépidoptères, Hémiptères et Diptères) dans les fèces ne sont pas significativement différentes par rapport aux saisons d'études (Figure 13). La composition du régime alimentaire de *T. rufus* aurait pu changer entre les deux périodes d'étude.

La tendance générale est l'augmentation des proportions de Coléoptères dans l'alimentation de toutes les espèces de chauve-souris étudiées en novembre. Inversement, la proportion de Lépidoptères contenues dans leur régime alimentaire a diminué lors de cette même période d'étude, mais les Lépidoptères sont plus nombreux au mois de juillet. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les espèces de chauve-souris préfèrent consommer les Coléoptères, beaucoup plus abondants en novembre pour leur besoin énergétique. Le tableau 11 (page 46) résume les pourcentages-volumes (%) des fragments ou écailles des différents ordres contenus dans les fèces des 5 espèces de chauve-souris pour les deux périodes d'études confondues.

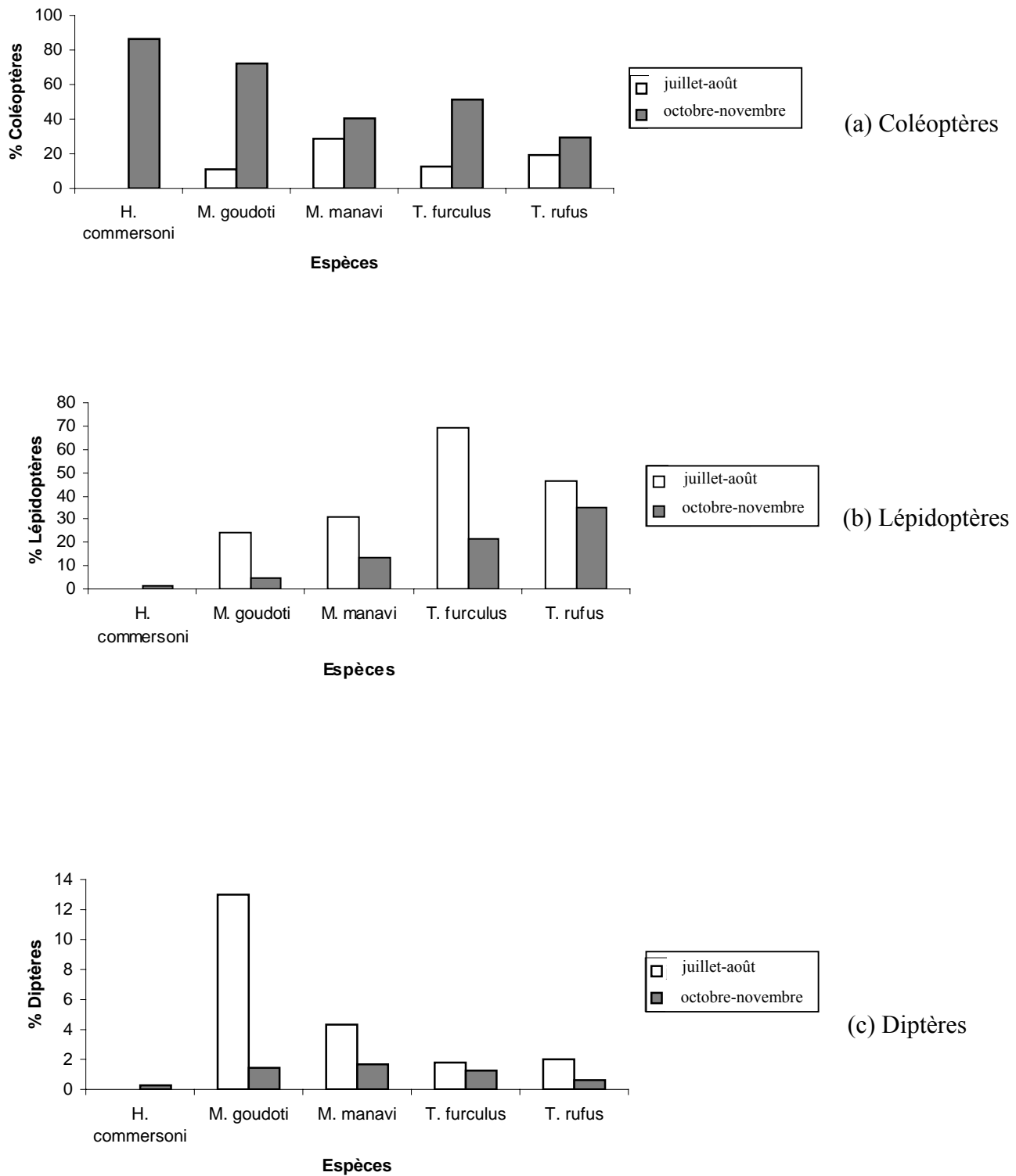


Figure 13 a, b, c : Pourcentage-volume de chaque ordre d'arthropodes identifié dans les fèces des 5 espèces durant les deux périodes d'études (* : $P < 0,05$)

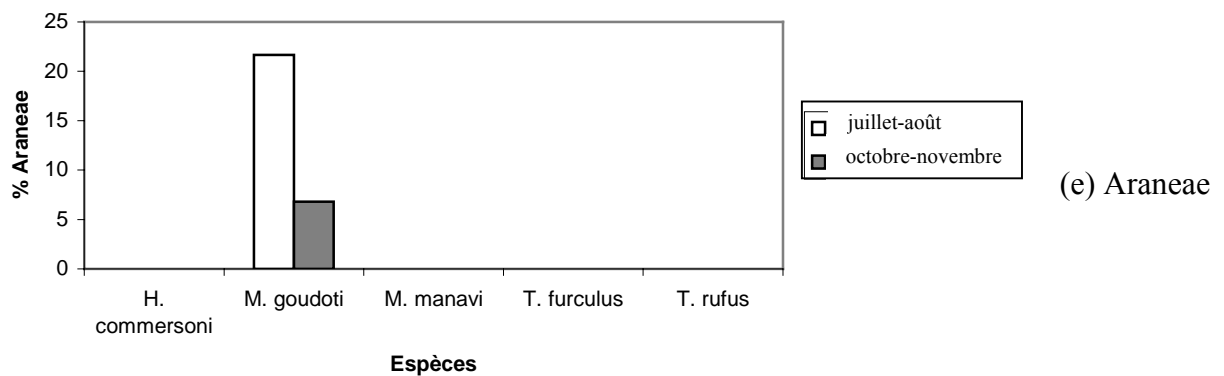
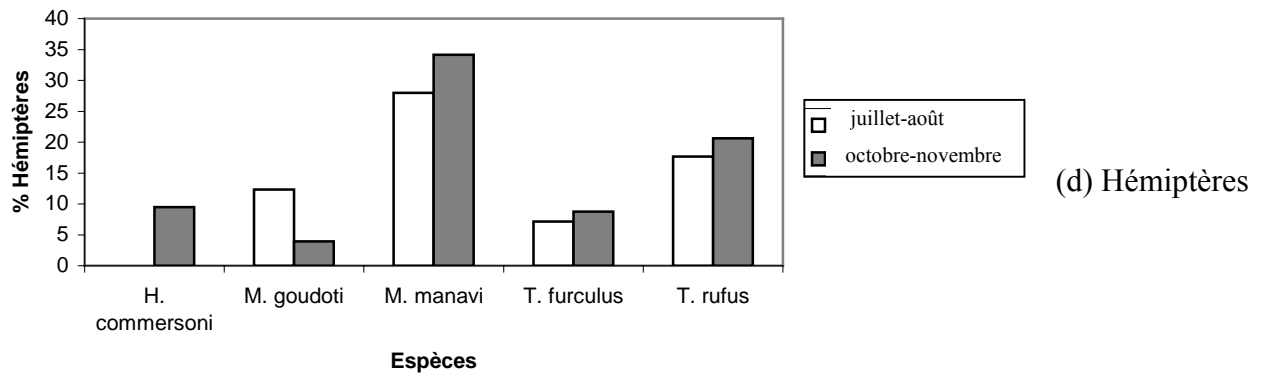


Figure 13 (suite) d, e: Pourcentage-volume de chaque ordre d'arthropodes identifié dans les fèces des 5 espèces durant les deux périodes d'études (* : $P < 0,05$)



Tableau 11: Pourcentage-volume (moyenne \pm ES) des fragments ou écailles des différents ordres d'Arthropodes contenus dans les fèces des 5 espèces de chauve-souris pour les 2 saisons confondues.

Ordre \ Espèce	<i>H. commersoni</i>	<i>T. rufus</i>	<i>T. furculus</i>	<i>M. goudoti</i>	<i>M. manavi</i>
Coléoptères	86,3 \pm 4,2	22,8 \pm 5,7	21,4 \pm 5,3	40,5 \pm 6,4	40,5 \pm 5,3
Lepidoptères	1,1 \pm 0,6	46,1 \pm 6,8	58,6 \pm 7,6	14,8 \pm 3,1	23,0 \pm 4,9
Hémiptères	9,5 \pm 4,2	18,7 \pm 5,4	7,5 \pm 1,7	8,3 \pm 2,0	30,7 \pm 4,7
Dictyoptères	1,8 \pm 0,9	3,9 \pm 1,3	4,2 \pm 1,4	9,1 \pm 3,1	6,4 \pm 1,8
Ephemeroptères	0,3 \pm 0,3	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0
Diptères	0,3 \pm 0,3	1,5 \pm 0,8	1,7 \pm 0,7	7,4 \pm 3,0	3,2 \pm 1,1
Hymenoptères	0,0 \pm 0,0	0,9 \pm 0,6	0,0 \pm 0,0	5,2 \pm 1,6	0,7 \pm 0,6
Neuroptères	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	2,6 \pm 1,7	0,0 \pm 0,0
Araneae	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	14,5 \pm 3,7	0,0 \pm 0,0

III.2.1.3 Poids

Les individus capturés pendant le mois de octobre-novembre ont gagné du poids par rapport à ceux capturés durant le mois de juillet-août pour l'ensemble des 4 espèces (*M. manavi*, *M. goudoti*, *T. furculus* et *T. rufus*). Seules, les femelles de *T. rufus* et de *T. furculus* montrent une différence de poids statistiquement significative entre les deux saisons d'étude (Tableau 12, *T. rufus* femelle : ANOVA, $F = 15,1$, $P < 0,001$; *T. furculus* femelle: ANOVA, $F = 14,3$, $P < 0,001$). Il n'y a aucune différence de poids entre les deux saisons d'étude pour tous les individus capturés de *M. manavi* et de *M. goudoti*. Aucun mâle de *T. rufus* et de *T. furculus* n'a pu être capturé en octobre-novembre.

La première explication à ces gains de poids pourrait être attribuée à l'abondance des insectes proies comme les Coléoptères et les Hémiptères au mois de novembre. Par ailleurs, la gestation chez les femelles pourrait être, de façon relative, la seconde explication.



Tableau 12: Variation pondérale (moyenne \pm ES) saisonnière pour les quatre espèces comparées en utilisant ANOVA

MALE							FEMELLE					
Juillet			Novembre				Juillet		Novembre			
Espèces	N	$\overline{X} \pm ES$	N	$\overline{X} \pm ES$	F	P	N	$\overline{X} \pm ES$	N	$\overline{X} \pm ES$	F	P
<i>M. manavi</i>	24	4,5 ± 0,1	22	4,6 ± 0,1	1,5	P>0,05	28	4,8 ± 0,3	27	4,9 ± 0,1	0,1	P> 0,05
<i>M. goudoti</i>	12	5,5 ± 0,1	3	5,6 ± 0,4	0,6	P> 0,05	19	5,6 ± 0,2	4	6,4 ± 0,2	2.2	P> 0,05
<i>T. furculus</i>	2	6,7 ± 0,3	0	-	-	-	16	6,2 ± 0,2	5	7,7 ± 0,3	14,3	P< 0,01
<i>T. rufus</i>	15	8,8 ± 0,6	0	-	-	-	33	8,0 ± 0,2	15	9,4 ± 0,2	15,1	P< 0,01

III.2.1.4 Période de reproduction

La moitié (50%) des femelles de *H. commersoni*, 19% des femelles de *M. manavi*, 60% des femelles de *T. furculus* et 7% des femelles de *T. rufus* sont gravides au mois de novembre et aucune au mois de juillet. Le mois de novembre pourrait correspondre à la période de gestation pour la majorité des femelles d'*H. commersoni*, de *M. manavi*, de *T. furculus* et de *T. rufus*. Les naissances auraient probablement lieu en début de la période de pluie (janvier-février) où les insectes proies abondent (Tableau 13).

Tableau 13: Effectif pour chaque sexe et proportion des femelles gravides

Saison	Espèce	<i>H. (*)</i>	<i>M. manavi</i>	<i>M. goudoti</i>	<i>T. furculus</i>	<i>T. rufus</i>
	Sexe	<i>commersoni</i>				
Juillet	Mâle	0	39	12	2	17
	Femelle	0	46	19	16	34
	Femelle gravide	0	0	0	0	0
Novembre	Mâle	14	22	3	0	1
	Femelle	16	27	4	5	15
	Femelle gravide	8	5	0	3	1
	%femelle gravide	50,0	19,0	0,0	60,0	7,0

(*) Espèce non capturée en juillet



III.2.2 Par habitat

III.2.2.1 "Feeding buzzes"

Trois cent seize points d'écoutes ont été repartis dans les quatre types d'habitats (zones ripicoles, clairière, lisière et forêt). Le comptage des « feeding buzzes » pourrait être traduit comme un indicateur de l'activité. La comparaison de leur nombre dans chaque habitat montre une différence très significative (Kruskal-wallis, $H = 27,470$, $P < 0,0001$). Le plus grand nombre de « Feeding buzzes » a été enregistré dans les zones ripicoles, vient ensuite la clairière, puis la lisière. La plus faible activité a été enregistrée dans la forêt. Ce phénomène est étroitement lié à l'abondance des insectes dans ces différents habitats (Figure 14). En effet, les insectes sont respectivement abondants à la lisière, dans les zones ripicoles et au niveau de la clairière, coïncidant aux habitats où les « feeding buzzes » enregistrés sont élevés.

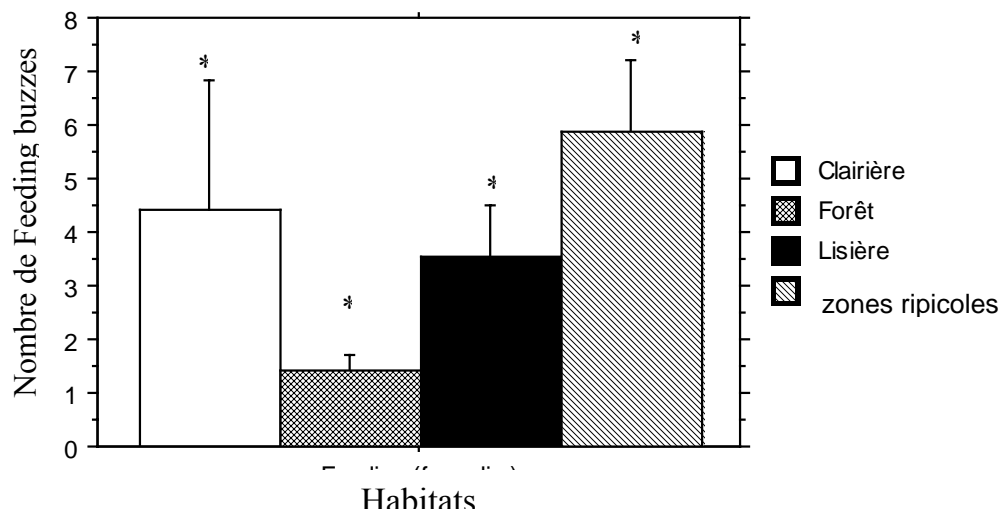


Figure 14: Moyenne (\pm ES) de « Feeding buzzes » par point d'écoute dans les 4 habitats

(* : $P < 0,01$)



III.3 Abondance et composition des insectes

III.3.1 Abondance par habitat et par saison

Les échantillonnages entrepris dans les quatre habitats du PNTB durant les deux saisons repartis sur 40 nuits, ont permis de recenser 7409 insectes. Les ordres des Diptères, Lépidoptères, Hémiptères et les Coléoptères ont été les plus représentés.

L'analyse de la variance de l'abondance de tous les insectes indique une différence hautement significative entre les habitats (Kruskal-wallis, $H = 74,5$, $P < 0,0001$). Les insectes sont très abondants au niveau de la lisière, puis de la clairière et enfin des zones ripicoles. Elle est faible est dans la forêt (Figure 15).

Les insectes sont plus importants en novembre qu'en juillet (Figure 16a, b, c, d). Mais cette différence n'est pas statistiquement significative.

Les coléoptères et les hémiptères sont plus abondants en novembre qu'en juillet. Par contre, les diptères sont plus nombreux en juillet qu'en novembre (Tableau 14). Ces différences d'abondance entre les deux saisons sont vérifiées statistiquement.

Tableau 14 : Analyse de l'abondance des 4 ordres d'insectes par rapport aux habitats et aux saisons avec valeurs de H (Kruskal-Wallis), U (Mann-Whitney) et de P.

Ordre		Valeur H et U	Valeur P	Figure
COLEOPTERES	Habitat	16,69	0,0008	Figure 16a
	Saison	103719,50	0,0075	
LEPIDOPTERES	Habitat	29,09	< 0,0001	Figure16b
	Saison	108651,00	ns	
DIPTERES	Habitat	55,56	< 0,0001	Figure 16c
	Saison	98980,00	0,0002	
HEMIPTERES	Habitat	22,50	< 0,0001	Figure 16d
	Saison	106555,00	0,0442	

ns : non significatif

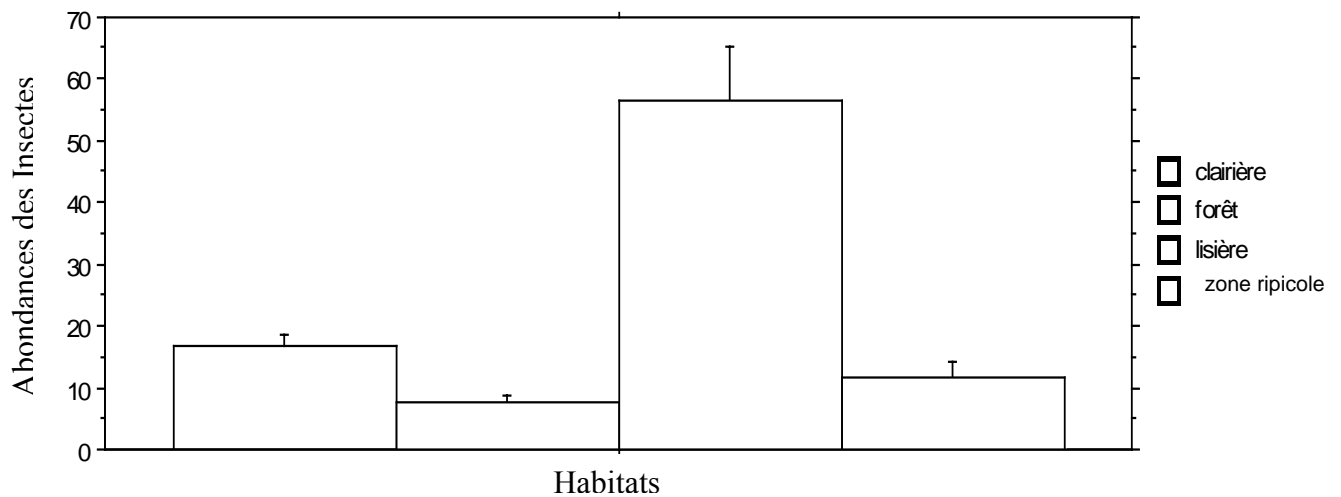


Figure 15: Abondance des insectes par habitats (* : $P < 0,0001$)

En général, l'abondance des principaux groupes d'insectes proies identifiés dans la composition alimentaire des 5 espèces de chauves-souris est importante au niveau de la lisière, de la clairière et des zones ripicoles. Les Diptères y sont très abondants même s'ils ne constituent pas des proies potentielles pour les espèces étudiées. Ces espèces étudiées sont actives dans ces 3 types d'habitats. La forêt est l'habitat le moins fréquenté par ces chauves-souris. Les insectes proies y sont rares.

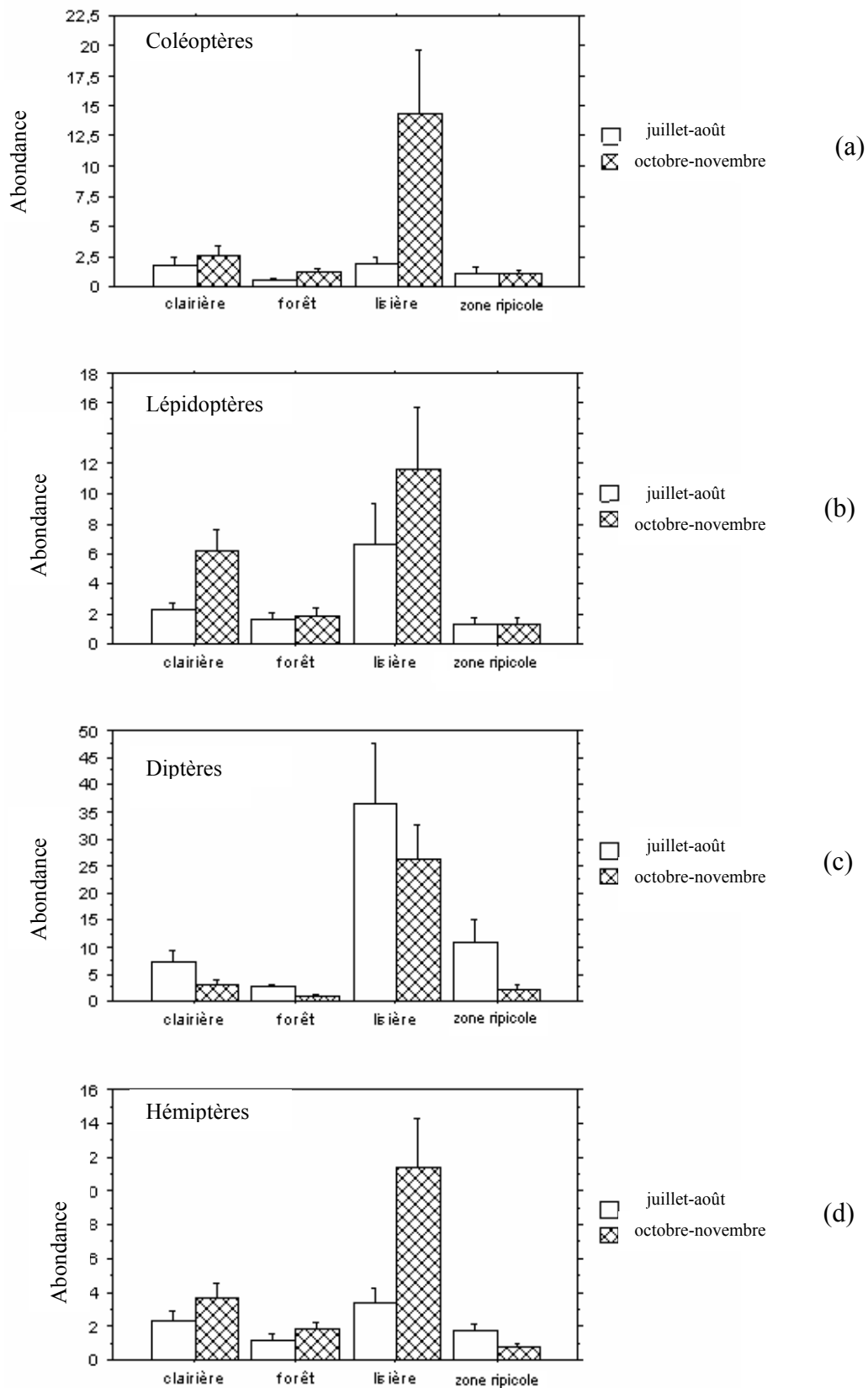


Figure 16 a, b, c, d : Abondance de chaque ordre dans les habitats en fonction de la saison



III.3.2 Composition des insectes proies

III.3.2.1 Description taxonomique

Au total, 7409 insectes répartis dans quatre habitats durant les deux saisons confondues ont été capturés. Ces insectes sont répartis dans 14 ordres. Parmi eux, les ordres des Diptères, des Lépidoptères, des Hémiptères et des Coléoptères, sont les plus représentés avec respectivement 48%, 21%, 14% et 13% de l'effectif. Les autres ordres sont faiblement représentés.

Dans l'ordre des Diptères, les familles les plus représentées sont : les Cecidomiidae (23%), Psychodidae (23%), Chironomidae (19%), Sciaridae (6%) et Chloropidae (6%).

L'identification jusqu'au rang de famille est difficile pour l'ordre des Lépidoptères. Tous ces représentants ont été groupés dans le sous-ordre des Hétérocères étant donné que ce sont tous des lépidoptères nocturnes.

La famille des Cicadellidae (50%), suivie de celles des Fulgoridae (13%), des Delphacidae (8%) et enfin des Lygaeidae (7%) sont les plus représentées dans l'ordre des Hémiptères. Enfin, l'ordre des Coléoptères est principalement représenté par les familles des Cucujoidea (14%), des Staphylinidae (11%), des Dryopidae (10%) et des Phalacriidae (9%)

III.3.2.2 Catégorie de taille

Les insectes de taille moyenne « M » appartenant aux ordres des Coléoptères, Lépidoptères et Diptères et ceux de petite taille « P » appartenant aux ordres des Hémiptères et Diptères sont les plus représentés dans les différents habitats (Test de Kruskal-Wallis). Elles sont beaucoup plus nombreuses au niveau de la lisière que dans les autres habitats. Les individus de grande taille « L » pour tous les ordres d'insectes avaient une fréquence de capture quasi nulle (Tableau 15).

Le tableau 16 (Page 54) montre les variations de l'effectif moyen des insectes capturés pour chaque catégorie de taille par rapport à la saison. Il y a une augmentation des nombres d'individus capturés pour toutes les catégories de taille vers le mois de novembre. Tel est le cas pour les ordres des Coléoptères, Lépidoptères et Hémiptères. Par contre, chez tous les Diptères et les Lépidoptères de taille « L », il y a une baisse de l'effectif des individus capturés vers le mois de novembre.



Tableau 15: Nombre moyen d'individus capturés (\pm ES) et leur distribution suivant les catégories de tailles par habitat avec la valeur de P correspondante (Kruskal-Wallis).

Ordres	Taille	Habitat				P
		clairière	forêt	lisière	zone ripicole	
Coléoptères	P	0,8 \pm 0,2	0,5 \pm 0,1	3,5 \pm 1,3	0,7 \pm 0,3	*
	M	1,3 \pm 0,4	0,4 \pm 0,1	4,5 \pm 1,5	0,3 \pm 0	***
	L	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,1 \pm 0,0	0,1 \pm 0,0	ns
Lépidoptères	P	1,5 \pm 0,3	1,0 \pm 0,3	3,8 \pm 1,2	0,5 \pm 0,1	*
	M	3,2 \pm 0,4	1,9 \pm 0,4	4,0 \pm 0,7	1,5 \pm 0,3	***
	L	0,6 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	0,6 \pm 0,1	0,3 \pm 0,1	ns
Diptères	P	4,1 \pm 0,1	0,9 \pm 0,2	27,8 \pm 6,3	4,3 \pm 1,1	***
	M	1,1 \pm 0,4	0,8 \pm 0,3	3,5 \pm 0,5	2,3 \pm 1,2	***
	L	0,0 \pm 0,0	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1	0,0 \pm 0,0	ns
Hémiptères	P	1,6 \pm 0,3	0,6 \pm 0,1	5,3 \pm 1,2	0,7 \pm 0,2	***
	M	1,3 \pm 0,3	0,9 \pm 0,2	2,0 \pm 0,4	0,5 \pm 0,1	ns
	L	0,0 \pm 0,0	0,1 \pm 0,0	0,2 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1	ns

P = petite

M = moyenne

L = large

* : P < 0,05

** : P < 0,01

*** : P < 0,001

ns : non significative (P > 0,05)



Tableau 16: Nombre moyen d'individus capturés (\pm ES) et leur distribution suivant les catégories de tailles par saison avec la valeur de P correspondante.

Taille		Saison		
Ordres		juillet	novembre	P
Coléoptères	P	0,7 \pm 0,2	2,1 \pm 0,7	ns
	M	0,5 \pm 0,1	2,7 \pm 0,8	*
	L	0,0 \pm 0,0	0,1 \pm 0,0	ns
Lépidoptères	P	0,7 \pm 0,1	2,7 \pm 0,6	***
	M	2,3 \pm 0,3	3,0 \pm 0,4	ns
	L	0,5 \pm 0,1	0,4 \pm 0,1	ns
Diptères	P	11,5 \pm 3,0	7,1 \pm 1,7	**
	M	2,9 \pm 0,7	1,1 \pm 0,2	***
	L	0,0 \pm 0,0	0,1 \pm 0,0	ns
Hémiptères	P	1,2 \pm 0,2	2,9 \pm 0,6	ns
	M	0,9 \pm 0,2	1,4 \pm 0,2	ns
	L	0,1 \pm 0,0	0,2 \pm 0,1	ns

P = petite

M = moyenne

L = large

* : P < 0,05

** : P < 0,01

*** : P < 0,001

ns : non significative (P > 0,05)

III.4 Variation temporelle de l'activité de chasse des chauves-souris et de l'abondance des insectes proies



III.4.1 Variation temporelle du nombre de « feeding buzzes »

Le comptage du nombre de « Feeding buzzes » dans les différents habitats durant les deux périodes d'études a été groupé en fonction de l'heure. Le nombre de « Feeding buzzes » est élevé durant la première heure (06 heures du soir) précédant le coucher du soleil, c'est-à-dire la période où les chauves-souris sortent pour chasser. Puis, il y a une baisse jusqu'à 08 heures. A 09 heures du soir, on assiste à une légère hausse (Kruskal-Wallis, $H = 4,2$; $P < 0,05$).

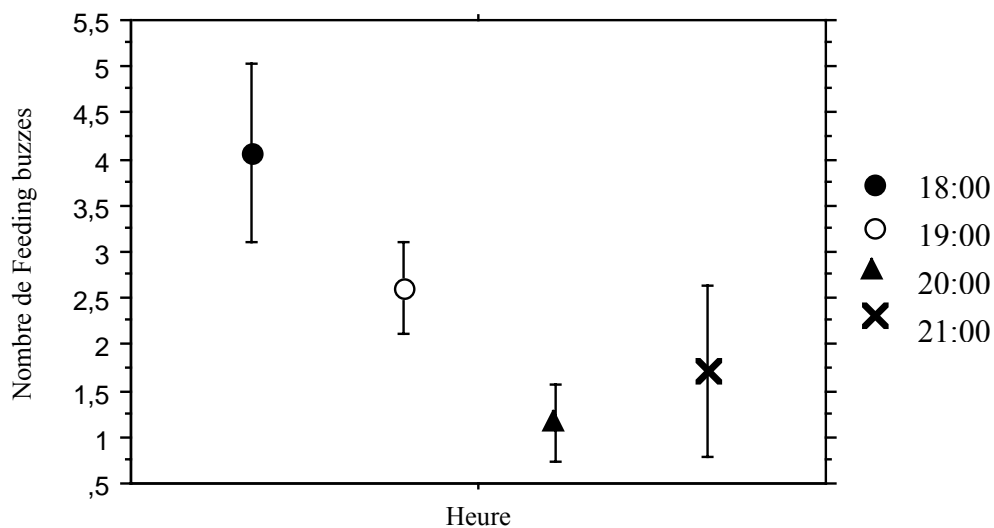


Figure 17: Moyenne (\pm ES) de « Feeding buzzes » par point d'écoute par heure ($P < 0,05$).

III.4.2 Variation temporelle de l'abondance des insectes proies.

L'abondance des quatre ordres les plus représentés (Coléoptères, Lépidoptères, Diptères et Hémiptères) varie en fonction de l'heure (Kruskal-wallis, $H_{\text{Coléoptères}} = 8,424$; $H_{\text{Lépidoptères}} = 15,168$; $H_{\text{Diptères}} = 11,238$; $H_{\text{Hémiptères}} = 12,327$, $P < 0,05$). Les Diptères sont très abondants au crépuscule. Leur nombre diminue progressivement au fur et à mesure que la nuit



tombe (Figure 18c). Par contre, les Coléoptères, Lépidoptères et Hémiptères deviennent plus important en nombre vers 07 heures du soir, puis ce nombre régresse progressivement jusqu'à 09 heures du soir (Figure 18 a, b et d).

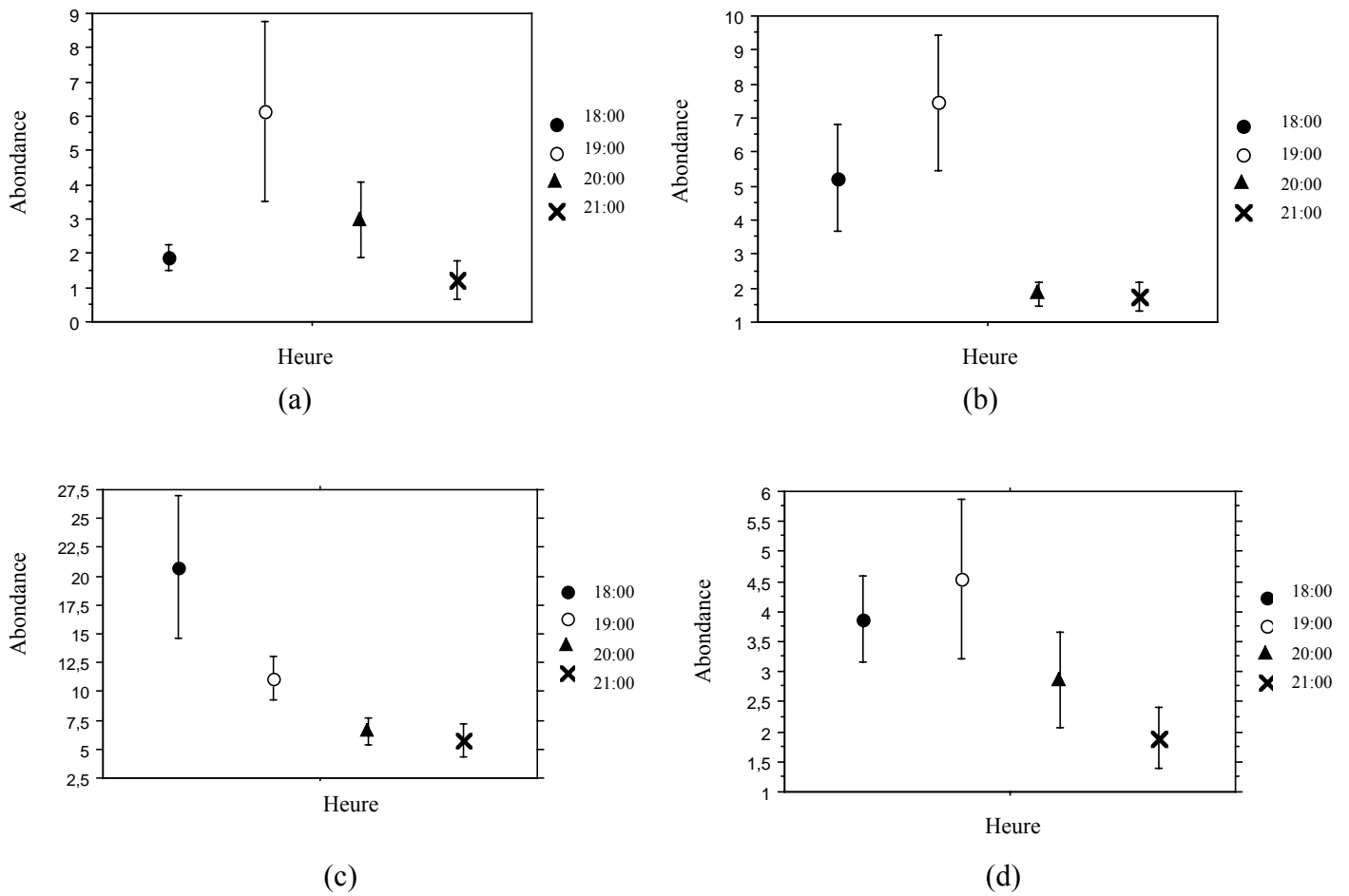


Figure 18 a,b,c,d : Abondance des 4 ordres d'insectes en fonction de l'heure ($P < 0,05$).



III.5 Chevauchement dans l'exploitation des proies et l'utilisation de l'habitat

III.5.1 Sélectivité alimentaire

L'indice de sélectivité d'Ivlev E_i est utilisé pour estimer la préférence du prédateur pour un groupe de proies. Il a une valeur comprise entre -1 et $+1$. Si la valeur est comprise entre 0 et $+1$, cela indique une préférence. Entre -1 et 0 , l'animal évite de consommer le type de proie. Une valeur nulle indique que l'animal n'a pas de préférence précise.

Tableau 17 : Valeur de E_i des 5 espèces de chauves-souris pour quatre groupes de proies disponibles.

Espèces	Valeur de E_i						
	Coléoptères		Lépidoptères		Diptères		Hémiptères
<i>H. commersoni</i>	0,75	***	- 0,90	-	- 0,99	- 0,19	-
<i>M. goudoti</i>	0,53	**	- 0,17	-	- 0,73	- 0,25	-
<i>M. manavi</i>	0,46	**	0,05	*	- 0,88	0,37	**
<i>T. furculus</i>	0,26	*	0,48	**	- 0,93	- 0,30	-
<i>T. rufus</i>	0,29	*	0,38	**	- 0,94	0,15	*

- : aucune préférence

* : faible préférence

** : préférence moyenne

*** : grande préférence

Les cinq espèces de chauves-souris ont toutes une préférence pour les Coléoptères. *H. commersoni* est le plus sélectif pour les Coléoptères, suivis de *M. goudoti* et de *M. manavi*. Cette préférence est faible pour les deux espèces de *Triadenops*. Par contre, aucune des espèces étudiées n'ont une préférence et évitent les Diptères malgré leur disponibilité dans les habitats fréquentés par les chauves-souris. Ceux-ci pourraient refléter l'existence de la sélectivité alimentaire. Les deux espèces de *Triadenops* et *M. manavi* ont une préférence moyenne respectivement pour les Lépidoptères et les Hémiptères.



III.5.2 Chevauchement dans l'exploitation des proies (Figure 19)

H. commersoni se caractérise par la proportion élevée de Coléoptères dans son régime alimentaire. En effet, 86,32% du volume des fèces est composé par des fragments de Coléoptères. Toutes les espèces étudiées ont des Coléoptères dans leur nourriture, mais les Coléoptères de grande taille ne peuvent être exploités que par *H. commersoni* à cause de la dureté de leur exosquelette. Cette espèce a des dents acérées et une mâchoire très robuste.

Les Lépidoptères sont les plus volumineux dans le régime alimentaire des deux espèces de *Triaenops*. Elles se nourrissent aussi de Coléoptères et d'Hémiptères.

M. goudoti est la seule espèce qui consomme des araignées.

M. manavi peut être classé comme une espèce généraliste. Elle consomme toutes les proies (Coléoptères, Lépidoptères, Diptères et Hémiptères) dans le milieu sans une préférence spécifique pour un groupe de proies particulière.

III.5.3 Chevauchement dans l'utilisation de l'habitat

Pour les deux saisons confondues, le nombre d'individus capturés (toutes espèces confondues) était de 137 dans la forêt, et suivi de la lisière avec 109 individus. Le plus petit nombre d'individus capturé était de 9 au niveau de la clairière (Kruskal-wallis, $H = 10,837$, $P < 0,05$). (Figure 20, Page 59).

H. commersoni a une prédilection pour les zones ripicoles et la lisière. Cette espèce a surtout été capturée avec les filets installés à travers les cours d'eau et les pistes à une hauteur inférieure à 1m. *M. goudoti*, est plus fréquent dans les zones ripicoles et l'est moins dans la forêt (respectivement 53% et 37%). Inversement, 56% de *M. manavi* ont été capturés dans la forêt et 34% dans les zones ripicoles. La distribution des 4 espèces à part *H. commersoni* diminue progressivement au fur et à mesure que l'on sort de la forêt.

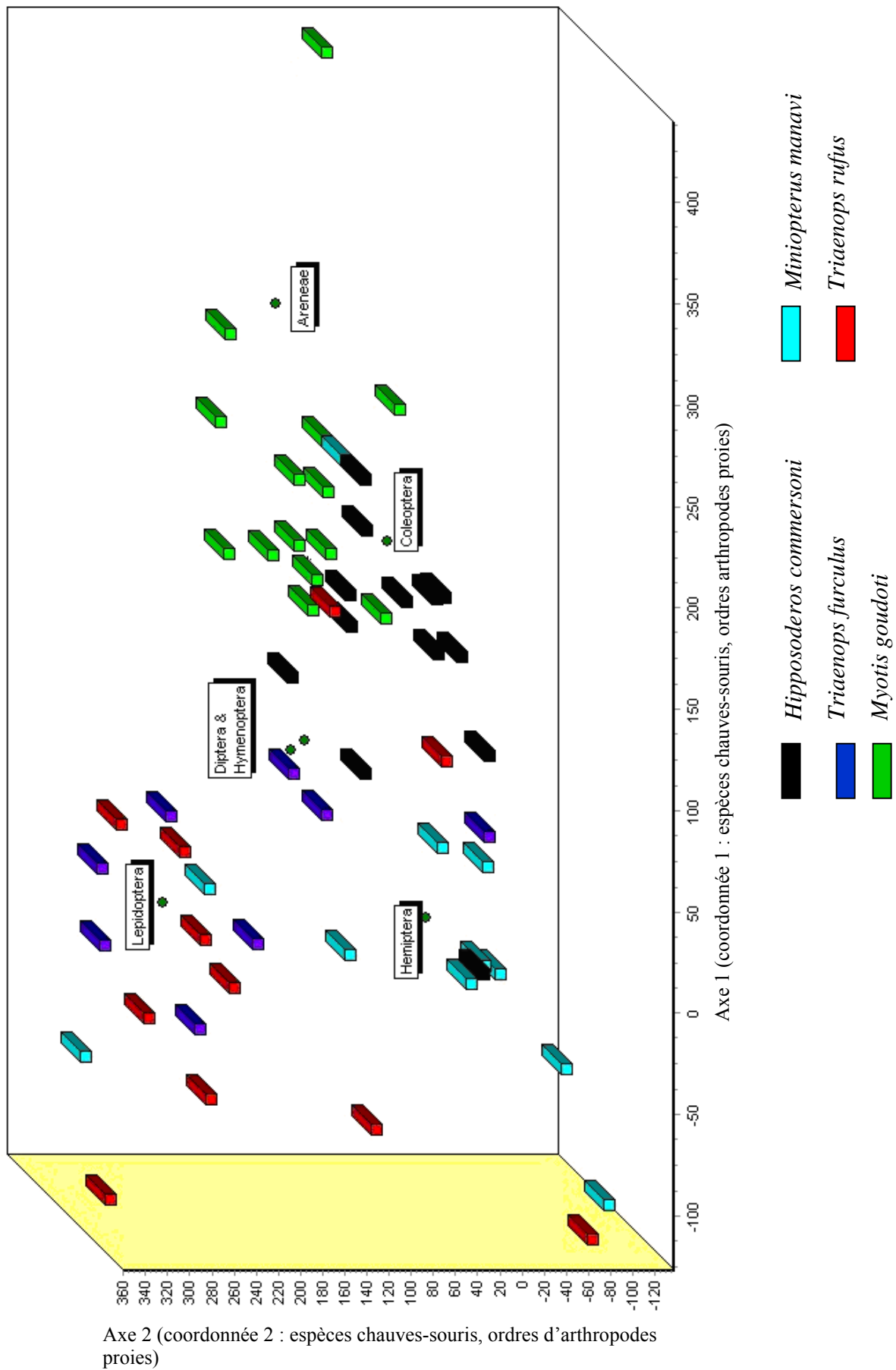
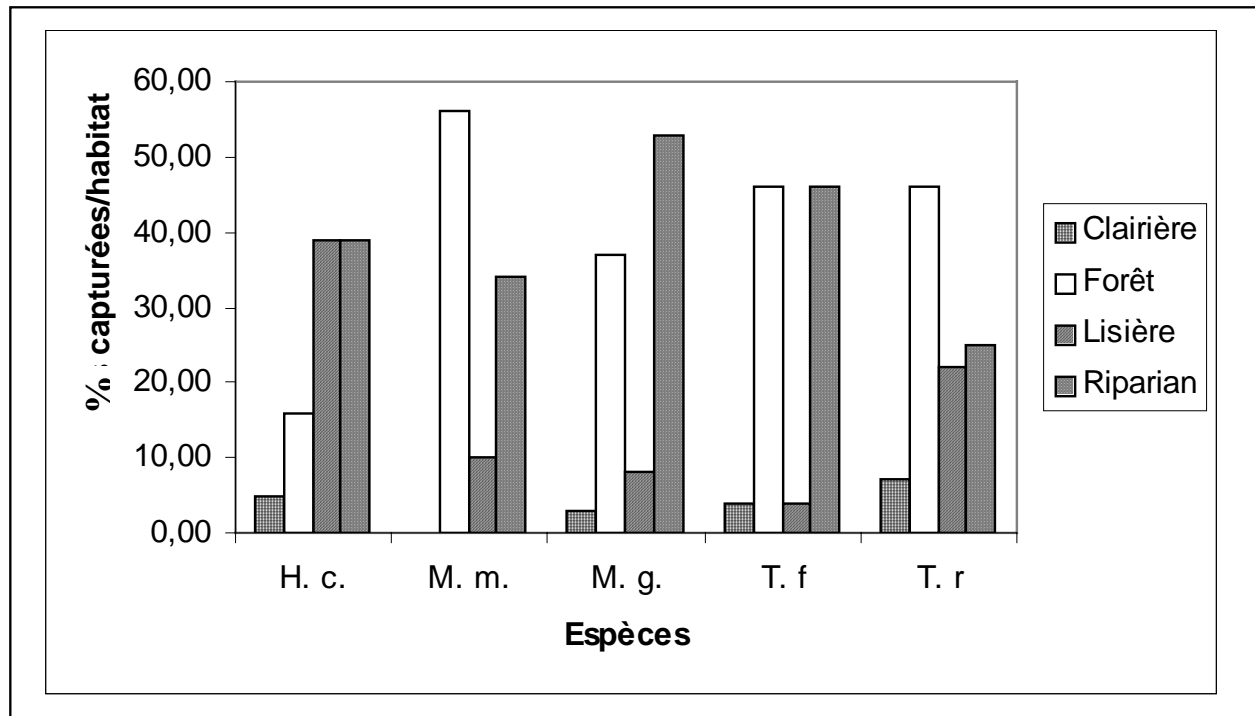


Figure 19 : Diagramme d'ordination DECORANA des 5 espèces de chauve-souris étudiées basée sur la composition de leur régime alimentaire (coordonnées x 1000).



H. c.: *Hipposideros commersoni*

T. f. : *Triaenops furculus*

M. m. : *Miniopterus manavi*

T. r. : *Triaenops rufus*

M. g.: *Myotis goudoti*

Figure 20: Captures des 5 espèces de microchiroptères dans les quatre types d'habitats ($P < 0,05$).

IV DISCUSSION

VI.1 Saisonnalité

VI.1.1 Insectes

Beaucoup d'insectes africains sont en diapause durant la saison sèche et nécessitent quelques semaines pour atteindre leur maturité avec l'arrivée de la pluie (Cumming et Bernard 1997). Dangerfield et Telford (1996) ont observé chez les millipèdes que la seconde pluie la plus importante de la saison initie leur activité. Cumming (1995) a établi une tendance similaire suggérant qu'un accroissement en nombre et en activité après la pluie est un principe général pour les invertébrés terrestres. Pourtant, certains insectes sont non-conformistes et peuvent être abondants tout au long de l'année ou manifestent des particularités dans leur émergence. Différentes espèces d'*Anopheles* (Diptère, Culicidae), par exemple peuvent montrer des gammes d'abondances saisonnières (Shiff et *al.* 1995). Dans nos résultats, l'abondance des diptères est saisonnière. En effet, l'abondance diminue vers le début de la saison de pluie. Cela pourrait s'expliquer par l'importante intervention du milieu aquatique dans le cycle biologique des Diptères. Les différents stades larvaires des Diptères sont sténohygres. L'humidité baisse de juillet à novembre. La pluie est encore très rare en novembre et n'est pas encore suffisante pour alimenter le milieu en eau.

Dans la présente étude, d'une part, l'abondance des coléoptères augmente vers le début de la saison humide. En effet, leur imago atteint la maturité avec l'arrivée de la pluie. Cela concorde avec les observations de Vaughan (1977), Doude (1991) et Gardiner (1995) sur l'aspect saisonnier de l'émergence et l'activité des Coléoptères. D'autre part, la baisse de l'abondance des lépidoptères pendant la saison sèche et la hausse de leur nombre lors de la saison humide sont soutenues par les observations de LaVal et LaVal en 1980.

Selon Cumming et *al.* (1997), l'abondance des insectes atteint son apogée approximativement un mois après les fortes pluies. Une comparaison similaire entre la période de mise-bas et la période de pluie montre que les microchiroptères (à l'exception des Molossidae) mettent au monde généralement un mois après le pic de pluie. La période de lactation étant de 6 semaines environ, le moment de parturition est tel que les jeunes sont sevrés juste avant la période d'abondance des insectes.



VI.1.2 Reproduction

Selon Racey (1982), la reproduction chez quelques chauves-souris semble synchrone de telle façon que la lactation, la période qui nécessite beaucoup d'énergie coïncide avec la période où la disponibilité des proies est maximale (Racey, 1982), bien que pour certaines espèces d'Amérique Centrale, le sevrage coïncide avec ce pic (Fleming et *al.*, 1972). En octobre et au début du mois de novembre, les mâles de *H. commersoni* présentent des testicules et des glandes frontales bien développées, signes de l'activité sexuelle, tandis que les femelles sont gestantes.

Les naissances pourraient avoir lieu en décembre pour cette espèce. Ceci concorderait avec l'observation de Peterson et *al.* (1995), qui ont capturé une femelle allaitant au nord de Mampikony au mois de décembre.

Pour les deux espèces de *Triaenops* (*T. rufus* et *T. furculus*) et *M. manavi*, des signes d'activités sexuelles ont été remarqués aux mois d'octobre et novembre, tel que la gravidité des femelles qui est perceptible au toucher, ainsi que la descente des testicules chez les mâles. Goodman (1996) a capturé des femelles de *M. manavi* gestantes dans le PN d'Andringitra vers la fin de novembre. La majorité des mise-bas ont lieu en octobre et novembre selon Garbutt (1999). Nos observations sur le terrain confirment toutes ces observations puisque 18% des femelles de cette espèce étaient gravides. Il est probable que les femelles restantes soient aussi gravides mais à un stade non perceptible au toucher.

Toutes ces observations appuient nos résultats puisque à Bemaraha, les naissances pourraient avoir lieu en décembre et correspondre à la période d'abondance maximale des insectes.

VI.3 Poids

La fluctuation du poids du corps des mâles représente une réponse au grand coût énergétique de la reproduction durant la saison fraîche et sèche quand la disponibilité des proies est limitée. A Mabura Zimbabwe, Cotterill (1999) a constaté que chez les mâles de *H. commersoni*, les taux de graisse et le poids du corps déclinent durant la saison fraîche et sèche. Le poids de leur corps est élevé entre décembre et janvier et les mâles ont accumulé de grandes réserves de graisse. Les taux de graisse chez les femelles fluctuent de la même manière que chez les mâles. Cette variation du poids corporelle est, de plus, associée à la gestation : le poids des femelles gestantes croît jusqu'à la parturition au mois d'octobre où il décline soudainement, puis s'accroît jusqu'à un pic en février. Le schéma similaire sur la

fluctuation cyclique du poids du corps a été enregistré dans notre étude chez *T. rufus* et *T. furculus*.

Ainsi, l'augmentation du poids pendant la saison chaude chez les femelles de *T. rufus*, *T. furculus* et de *M. manavi* pourrait être attribuée de façon relative à la gestation. En ce qui concerne le poids des microchiroptères mâles à Bemaraha, cela reste stable entre les deux saisons probablement à cause de l'entrée en phase de torpeur. Ce phénomène a été observé par McHale (1987) dans des grottes situées dans la Réserve Spéciale d'Ankarana après 6 mois de saison sèche.

VI.1.4 Cas d'*Hipposideros commersoni*

C'est la seule espèce qui n'a pas été capturée pendant la saison fraîche et sèche. Au cours des captures des individus de cette espèce au début de la saison chaude et humide, tous ont présenté des signes d'activité sexuelle.

En Afrique, des scénarii comparables ont été enregistrés pour cette même espèce. Vaughan (1977) avait constaté au Sud du Kenya que cette espèce n'était présente dans la région surveillée qu'en mai et durant les pluies de novembre et décembre. Les femelles gravides quittent leurs gîtes sur les côtes après l'accouplement et n'y retournent que huit semaines plus tard pour la mise bas. Ces femelles ont migré à plus de 300 km à l'intérieur des terres, dans des régions où il pleut 6 semaines plus tôt que sur les côtes (McWilliam, 1982). Au Zimbabwe, pendant la saison fraîche et sèche du mois de juin au mois d'août, les femelles migrent de 700 km et voire 900 km au delà de leur gîtes en quête de proies (Cotterill et Fergusson, 1999).

D'autre part, en Namibie, *H. commersoni* a été observé inactive dans une grotte où il reste durant l'hiver sans entrer, ni en phase de torpeur ni sortir pour chasser à des conditions de température et d'humidité de 24°C et 44%RH (Humidité Relative). Cette espèce semble utiliser ses réserves de graisse pour passer l'hiver (Churchill *et al.*, 1997). McNab (1969) a déjà aussi rapporté de tel phénomène chez d'autres espèces d'*Hipposideros* au Nord de l'Inde. Dans notre cas, lors de la saison fraîche et sèche, aucun individu de *H. commersoni* n'a été recensé lors du suivi des 11 grottes dans l'Antsingy, la température moyenne étant de 22,1°C.

Dans le cas de Madagascar, les informations sur cette espèce sont encore insuffisantes (Peterson *et al.*, 1995). Un suivi périodique d'au moins un an est nécessaire pour la compréhension de la biologie de cette espèce, ce qui n'est pas possible dans le cas de Bemaraha à cause de l'inaccessibilité du site pendant la saison de forte pluie.



VI.2 Composition du régime alimentaire

La différence du régime alimentaire est assez prononcée entre les espèces, sauf pour les deux espèces de *Triaenops*.

H. commersoni se nourrit principalement de Coléoptères de la famille des Scarabaeidae, Carabidae, Chrysomeloidea et Passalidae, suggérant que cette espèce est un prédateur spécialiste des Coléoptères. L'analyse des contenus stomacaux de 5 espèces de microchiroptères forestières, incluant 11 individus de *H. commersoni* provenant du PN Tsingy de Bemaraha a été effectuée par Razakarivony et *al.* (2005). Ils ont trouvé que des fragments de coléoptères étaient présents dans 64% des contenus stomacaux analysés.

Des observations opportunistes de *H. commersoni* mangeant des individus de *Yanga* spp. (Cicadidae) sur leur perchoir le long des sentiers en forêt pendant les sessions de captures ont eu lieu. Leur localisation était assez facile à cause de la faible hauteur (environ 3 m de hauteur) de leur perchoir et du cri aigu émis par ses victimes. *H. commersoni* volait de leur perchoir (3 - 4 m de distance) vers des végétations bordant une piste pour capturer *Yanga* spp. La taille des cigales était de 2 cm environ. Cependant, les fragments de cigales n'ont été identifiés que dans les fèces d'un seul individu sur les 19 individus capturés (1/19 ; 5%).

Nos observations concordent avec les résultats de Vaughan (1977) stipulant que la nourriture d'*H. commersoni* est constituée de Coléoptères de grande taille membres de la famille des Cerambycidae, Elateridae, Scarabaeidae et Chrysomelidae, puis avec ceux de Garbutt (1999) indiquant que *H. commersoni* chasse des insectes comme les Coléoptères, les Cigales, les blattes et les termites.

De leur côté, *T. rufus* et *T. furculus* consomment principalement des Lépidoptères (respectivement 46% et 58%), puis des Coléoptères. *M. goudoti* se distingue de toutes les autres espèces par la présence des Araneae dans son régime alimentaire.

L'étendue de la niche alimentaire varie énormément entre les espèces : *H. commersoni* est un spécialiste, *T. rufus* et *T. furculus* sont opportunistes, *M. goudoti* et *M. manavi* quant à eux sont généralistes. Ces résultats confirment la suggestion de Vaughan (1977), de Cotterill et Fergusson (1999) que *H. commersoni* est une espèce spécialiste des grands Coléoptères. Cependant, aucune information sur les autres espèces n'a pas encore été publiée.



VI.3 Préférence

Les liens entre les proportions des insectes collectés et les proportions de leurs fragments dans les fèces des différentes espèces pendant la même période d'étude démontrent un degré de sélectivité au niveau du régime alimentaire. Toutefois, les insectes capturés par les différents dispositifs de capture (piège lumineux et piège malaise) n'étant pas représentatifs des insectes dans le milieu naturel, les conclusions ci-dessus pourraient être sujet à discussion.

Les résultats sur le régime alimentaire des *Triaenops* montrent que les Lépidoptères sont consommés proportionnellement à leur abondance dans le milieu. Lors du début de la saison humide, les Coléoptères occupent une part assez importante dans le régime de *T. rufus* et *T. furculus*. Ainsi, ces deux espèces semblent adapter leur régime alimentaire avec les proies disponibles et leur profitabilité énergétique pour les sélectionner activement. Ces résultats correspondent avec l'étude du régime alimentaire de *Rhinolophus ferrumequinum* par Jones en 1990.

Les observations de Vaughan (1977) au Kenya durant la saison humide ont démontré que les femelles *H. commersoni* sont des prédateurs spécialistes de grands Coléoptères, notamment ceux de la famille des Scarabaeidae. L'aspect saisonnière de l'émergence et de l'activité de ces Coléoptères (Doude, 1991 ; Gardiner, 1995), pourraient constituer d'importantes contraintes énergétiques pour *H. commersoni* durant une partie de l'année. En effet, *H. commersoni* n'est présent à Bemaraha que pendant la saison chaude et humide où les insectes de grandes tailles tels que les Coléoptères et les Cigales abondent. Cette absence pourrait être expliquée par une migration vers des régions plus riche en nourriture (Vaughan, 1977 ; McWilliam, 1982) ou la torpeur (Churchill et al., 1997).

D'autre part, il existe un lien étroit entre les caractéristiques de l'écholocation et le régime alimentaire

Ces 5 espèces faisant l'objet de notre étude peuvent être classées en 3 groupes en se basant sur la nature de leur écholocation (CF= fréquence constante, FM= fréquence modulée). Les 3 espèces d'Hipposideridés sont dans le groupe CF, *M. goudoti* dans le groupe FM et *M. manavi* dans le groupe FM/CF-Vespertilionidae. La fréquence maximale de leur écholocation sont respectivement : 64 kHz pour *H. commersoni*, *T. furculus* : 112 kHz, *T. rufus* : 91 kHz, *M. goudoti* : 55-75 kHz et celle de *M. manavi* : 57 kHz (Russ et al., 2003).

Fullard en 1987 a conclu que les Lépidoptères peuvent détecter les fréquences comprises entre 20 et 60 kHz. Les chauves-souris s'adaptent pour réduire leur détectabilité en



émettant des cris dominés par des sons de fréquence < 20 kHz ou > 60 kHz. L'occurrence de plus de 45% de Lépidoptères dans l'alimentation de *T. rufus* et de *T. furculus* concorde avec cette conclusion de Fullard. Pour les autres chauves-souris dont la fréquence de l'écholocation est comprise entre 20 et 60 kHz, elles consomment principalement des insectes tels que les Coléoptères (Black, 1972, 1974 ; Fenton et *al.*, 1998). Cela pourrait expliquer la grande préférence pour les Coléoptères chez *H. commersoni* lors de cette étude.

VI.4 Utilisation de l'habitat

Les espèces capturées peuvent être réparties en deux groupes en fonction de leur fréquentation des différents habitats :

- *H. commersoni* fréquente la lisière et les zones ripicoles dans les forêts. Cette espèce a été observée plusieurs fois chassant et se perchait sur des branches d'arbres le long des sentiers dans la forêt lors des sessions de captures. L'observation de Garbutt (1999) concorde avec notre observation.
- les espèces de petite taille et de taille moyenne (*M. manavi*, *M. goudoti*, *T. rufus* et *T. furculus*) sont supposées être des espèces forestières au vu des résultats de captures.

C'est au niveau de la forêt que le plus grand nombre d'individus a été capturé. Il se peut que ces individus aient été capturés dès leur émergence de leur gîte (grottes) par des filets placés à travers les pistes. A Bemaraha, les grottes et les crevasses sont localisées à l'intérieur de la forêt, induisant l'émergence d'un grand nombre de chauves-souris dès le coucher du soleil. D'ailleurs, Bidaut (2004) lors de ses études a constaté que les chauves-souris emprunteraient les sentiers pour sortir de la forêt. La capture de plusieurs individus de ces espèces dans un piège harpe placé à travers un chemin menant au lac de Tsimendroa semble indiquer qu'elles chassent sur ce lac et ses alentours. Les résultats de la surveillance au détecteur ultrasonique montrent que l'activité est réduite à l'intérieur de la forêt. Elle est plus importante au niveau des zones ripicoles et de la lisière. Lors de cette étude, les chauves-souris étudiées nichent dans des grottes et crevasses à l'intérieur des forêts, utilisent les sentiers pour se déplacer et utilisent la lisière et les zones ripicoles comme lieux de nourrissages.

Des études plus approfondies sont à entreprendre pour connaître les habitats de chasse de la communauté de chauve-souris de Bemaraha. Les résultats issus des captures et de la détection ultrasonique doivent être pris en compte ensemble, pour que l'on puisse mieux comprendre l'utilisation des habitats par toutes les espèces.



VI.5 Attitude de chasse et d'alimentation

VI.5.1 Hipposideridae

Des études sur terrain ont montré que les Hipposideridae chassent régulièrement près des végétations (Aldridge et Rautenbach, 1987 ; Jones et *al.*, 1993 ; Parvey et Burwell, 2000), d'autres espèces montrent une flexibilité dans l'utilisation de l'habitat de chasse en volant à la fois dans une végétation dense comme dans la forêt et dans un milieu ouvert (Bell et Fenton 1984 ; Habersetzer et *al.*, 1984 ; Jones et *al.*, 1993 ; Churchill, 1994). Certaines espèces d'Hipposideridae de grande taille chassent principalement au niveau de la lisière (Vaughan, 1977 ; Pavey, 1998 ; Pavey et Burwell, 2000).

H. commersoni a une stratégie de chasse différente de celle des 4 autres espèces étudiées. Comme d'autres espèces de chauves-souris insectivores de grande taille telles que *Nycteris grandis* (Fenton et *al.*, 1987) et *Hipposideros commersoni* (Vaughan, 1977), *H. commersoni* utilise la méthode de chasse « sit-and-wait » (se percher et attendre) (Vaughan, 1977). Lors de cette étude, il a été observé chasser à partir de son perchoir et capturer des cigales (Cicadidae). Les mouvements de rotation de son corps et les mouvements verticaux de sa tête sont tels qu'il semble scanner méticuleusement l'espace entourant son perchoir. L'arrêt brusque des mouvements de la tête et du corps est associé à la localisation d'une proie. Il chasse aussi dans le niveau inférieur de la forêt, capturant des insectes comme les Coléoptères, Hémiptères Cicadidae, Dictyoptères Blatellidae. Ces résultats sont en accord avec les observations d'autres chercheurs comme Garbutt (1999) et Peterson (1995), Vaughan (1977) et Russ et Benett (1999).

Pour les deux espèces de *Trienops*, aucune étude sur leur écologie et biologie n'a encore été faite. On pourrait avancer une prédiction sur leur comportement de chasse à partir de la morphologie de leur aile et de la structure de leur écholocation.

T. rufus et *T. furculus*, ont des ailes étroites aux bouts arrondis. Leurs écholocations sont constituées d'une longue portion de Fréquence Constante (CF), souvent suivie d'un balayage de Fréquence Modulée (FM). Dans un milieu fermé, l'écholocation devient plus courte en durée, et le balayage de FM devient plus persistant et plus riche en gamme de fréquence (Russ et *al.*, 2003a). Les Hipposideridés et les Rhinolophidés appartiennent au « clutter-groupe » c'est-à-dire ceux qui chassent en milieu fermé, encombré de végétation. Leurs écholocations sont dominées par un composant de Fréquence Constante (CF) avec une courte Fréquence Modulée de (FM) à la fin et adaptées à la détection de proies sur fond de végétation encombrée. Leurs ailes aux pointes arrondies, leur confèrent un vol assez



manœuvrable en milieu fermé (Aldridge et Rautenbach, 1987). Selon les études menées par Findley et Black (1983), *Cleotis* (Hipposideridae) et *Rhinolophus* (Rhinolophidae) sont considérées comme étant spécialistes de Lépidoptères. En effet, elles ont des ailes étroites, des oreilles et des feuilles nasales courtes, des traits qui conviennent à une rapide poursuite aérienne. Les caractéristiques de *Triaenops* (la morphologie des ailes, la structure de l'écholocation et le régime alimentaire constitué de Lépidoptères) ont des fortes similarités avec les caractéristiques de ces 2 genres étudiés ultérieurement. *T. rufus* et *T. furculus* pourraient traquer avec beaucoup d'agilité ses proies dans une végétation dense.

5.2 Vespertilionidae

M. goudoti se trouve dans le groupe FM, c'est-à-dire que son écholocation a une structure à Fréquence Modulée. Selon Anderson et Racey (1991), l'écholocation de type FM est caractéristique des chauves-souris glaneurs. Ils utilisent aussi d'autres sens pour localiser une proie sur un substrat. Certaines chauves-souris glaneuses cessent d'émettre leur écholocation lors de la recherche et de l'approche de la proie (Anderson et Racey, 1991). La localisation s'effectue en écoutant les bruits émis par les proies. Tel est le cas de *Myotis evotis* qui combine cette tactique avec la chasse en vol (Faure et Barclay 1992), de *Anthrozous pallidus* (Bell, 1982 ; Fuzesseri et al., 1993) et de *Myotis septentrionalis* (Faure et al., 1993). D'autres utilisent la vue lorsque la lumière est suffisante (*Macrotus californicus* , Bell 1985), ou l'olfaction et une écoute passive (*Mustacina tuberculata* , Jones, 2003). Ces glaneurs ont un faible rapport surface portante-poids qui facilite le glanage et la poursuite en vol des proies dans des habitats encombrés (Norberg et Rayner, 1987).

Myotis nattereri utilise une écholocation avec une large bande de fréquence, le rendant apte à détecter des proies sur un substrat (Siemers et Schnitzeler, 2000). Cette espèce glane des diptères diurnes (qui se reposent probablement la nuit sur le feuillage des végétations) et des Araignées. Ses larges ailes lui permettent de voler à proximité des végétations.

Dans la présente étude, la présence des fragments de Diptères (Cyclorrhaphes et Brachicères), d'Araignées et d'autres ordres aériens nocturnes dans les fèces de *M. goudoti* pourrait confirmer la prédiction de « glaneur ». Ces proies auraient été glanées sur la végétation ou capturées en vol. De la même façon, les araignées suspendues sur leur toile près des végétations auraient été glanées par cette espèce. Ces résultats à partir de l'analyse des fèces confirment aussi la prédiction de Fenton et al. (2002) sur *M. goudoti* comme pratiquant à la fois le glanage et la prise de nourriture en vol.

CONCLUSION

Le Parc National Tsingy Bemaraha est unique par la présence d'une mosaïque d'habitats et de massifs karstiques calcaires qui abritent une multitude de grottes pouvant servir de gîtes pour les chauves-souris insectivores. Actuellement, peu d'informations sont disponibles sur le comportement alimentaire de ces chauves-souris. Nos objectifs ont été de décrire leur régime alimentaire, la disponibilité des insectes proies, les chevauchements des niches, la saisonnalité ainsi que la relation entre la composition alimentaire, les proies disponibles et les habitats fréquentés (clairière, forêt, lisière et zone ripicole). Pour ce faire, les chauves-souris ont été capturées à l'aide de filet japonais pour obtenir des fèces, les insectes disponibles ont été échantillonnés à l'aide de piège malaise et de piège lumineux dans 16 sites distribués dans les 4 habitats pendant 2 saisons : la saison sèche et fraîche au mois de juillet et chaude et humide en novembre.

Les espèces sympatriques étudiées sont : *Hipposideros commersoni*, *Triaenops furculus*, *T. rufus*, *Myotis goudoti* et *Miniopterus manavi*. Il y a dimorphisme sexuel chez *H. commersoni*, *T. rufus* et *M. goudoti*. Les mâles sont plus grands que les femelles pour la longueur de l'avant-bras et le poids sauf pour *M. goudoti*.

La composition du régime alimentaire de toutes ces espèces étudiées contient souvent des Coléoptères, des Hémiptères et des Lépidoptères. Malgré la similarité de la composition alimentaire, des différences dans les habitudes alimentaires ont été observées chez chaque espèce ; ainsi, *H. commersoni* consomme surtout des Coléoptères, *M. goudoti* consomme principalement des Dictyoptères, des Neuroptères, des Hymenoptères et des Araneae, *M. manavi* principalement des Hémiptères et *T. rufus* et *T. furculus* consomment surtout des Lépidoptères. Les Diptères sont les insectes les plus abondants dans les pièges mais rarement rencontrés dans les fèces.

H. commersoni n'a pu être capturé durant la saison sèche, peut être à cause du manque de nourriture disponible dans la zone d'étude. Les quatre autres espèces ont changé d'habitude alimentaire selon la disponibilité des insectes proies durant chaque saison, les Lépidoptères étant les plus abondants durant la saison sèche et les Coléoptères pendant la saison chaude et humide.

Tous les individus des autres espèces capturés au cours de cette période sont plus lourds que ceux en juillet. La gestation chez plusieurs femelles pourrait expliquer de façon relative ces gains de poids.

Ainsi, les résultats obtenus sur l'alimentation de ces espèces de chauve-souris confortent l'hypothèse selon laquelle les espèces qui utilisent les mêmes stratégies d'exploitation de l'habitat ont tendance à adopter une alimentation similaire (Hespenheide, 1975). Ces résultats concordent avec le mécanisme de préférence alimentaire basé sur l'abondance des proies disponibles (en quantité et en qualité) et les apports énergétiques que les chauves-souris peuvent en bénéficier. L'abondance des insectes et l'activité des chauves-souris sont toutes deux élevées à la lisière et aux zones ripicoles.

Les résultats amènent à déduire que la différence de taille, la morphologie des ailes et les caractéristiques de l'écholocation conduisent à des manières différentes d'exploitation des habitats et de sélection des proies. Ces paramètres sont de bons prédicateurs de la structure écologique d'une communauté. Le fait que *H. commersoni*, *T. furculus*, *T. rufus*, *M. goudoti* et *M. manavi* chassent en même temps suggère qu'il y a chevauchement de leur temps de chasse.

Ces espèces étudiées sont étroitement liées avec la forêt et les habitats adjacents. La perte de ces habitats pourrait constituer de façon relative une menace pour ces microchiroptères.

RECOMMANDATIONS

A partir de cette étude, nous pouvons émettre quelques recommandations pour la conservation de la communauté de chiroptères de l'Antsingy.

- Les grottes et les formations Karstiques sont parmi les principales attractions touristiques du PNTB. Comme la majorité des chauves-souris de Bemaraha est cavernicole, leur conservation est liée avec la protection des grottes. Nous recommandons de prohiber les visites touristiques dans les grottes fréquentées par les chiroptères pour prévenir d'éventuelles perturbations.
- La perte de l'habitat de chasse constitue une menace pour la communauté de chauves-souris. Les champs de cultures au niveau de la lisière abondent en insectes proies. L'utilisation d'insecticide risquera de menacer les chauves-souris.
- Une sensibilisation de la population locale sur les rôles écologiques des Chiroptères (Ex. Programme d'Education Environnementale dans les Ecoles Primaires Publiques du Complexe) et sur leur valeur en tant que patrimoine national est nécessaire.

PERSPECTIVES

Comme les données sur les microchiroptères malgaches restent encore très limitées, l'étude de chaque espèce permettrait de connaître des informations sur leur exigence écologique et biologique. L'utilisation du radiotracking et du marquage fluorescent permettrait de connaître l'habitat préférentiel et le territoire de chasse d'une espèce. Le radiotracking consiste à poser un petit émetteur sur l'animal et de le suivre grâce à un récepteur. Le marquage fluorescent quant à lui permet d'observer les mouvements de l'animal dans l'obscurité. Ainsi, les comportements de chasse, la distance parcourue et les gîtes de repos de chaque espèce peuvent être connus. Enfin, des études éventuelles sur le rôle et l'utilisation des chauves-souris dans la lutte biologique contre les insectes nuisibles seraient intéressantes.

BIBLIOGRAPHIE

1. Aldridge, H. D. J. N.; I. L. Rautenbach. 1987. Morphology, echolocation and resource partitioning in insectivorous bats. *J. Anim. Ecol.*, **56**: 763-778.
2. Anderson, M. E. et P. A. Racey. 1991. Feeding behaviour of captive brown long-eared bats, *Plecotus auritus*. *Anim. Behav.*, **42**: 489-493.
3. Andriafidison, D. 2004. Etude des rôles des Mégachiroptères dans la pollinisation de Baobabs (*Adansonia grandidieri* et *A. suarezensis*) et la dispersion des graines dans la forêt naturelle de Befandrana. Mémoire de D.E.A., Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, 69p.
4. Andriafidison, D., R. A. Andrianaivoarivelo, O. R. Ramilijaona, M. R. Razanahoera, J. MacKinnon, R. K. B. Jenkins et P. A. Racey. 2006. Nectarivory by Endemic Malagasy Fruit Bats During the Dry Season. *Biotropica*, **38** (1): 85-60.
5. Andrianaivoarivelo, A. R. 2004. Les rôles des Mégachiroptères (*Pteropus rufus* et *Eidolon dupreanum*) dans la pollinisation de *Ceiba pentandra* de la région de Morondava. Mémoire de D.E.A., Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, 73p.
6. Andrianaivoarivelo, A. R., Ranaivoson, N., Racey, P. A. et Jenkins, R. K. B. 2006. The diet of three synanthropic bats (Chiroptera: Molossidae) from eastern Madagascar. *Acta Chiropterologica* **8**: 439-444
7. ANGAP – Programme Bemaraha – Composante Parc National. 2003. *Plan de Gestion et de Conservation du Complexe d'Aires Protégées Tsingy de Bemaraha*. Document de travail (Non Publié).
8. Barclay, R. M. R. 1994. Constraints on reproduction by flying vertebrates: energy and calcium. *Am. Nat.*, **174**: 1021-1031.
9. Barlow, K. 1999. Bats. *Expedition Field Techniques*. Expedition Advisory Center, London, 69p.
10. Bell, G. P. 1982. Behavioral and ecological aspects of gleaning by a desert insectivorous bat, *Antrozous pallidus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Behavioural Ecology and Sociobiology*, **10**: 217-223.
11. Bell, G. P. 1985. The sensory basis of prey location by the California leaf-nosed bat *Macrotus californicus* (Chiroptera: Vespertilionidae). *Behavioural Ecology and Sociobiology*, **16**: 343-347.
12. Bell, G. P. et M. B. Fenton. 1984. The use of Doppler-shift echoes as a flutter detection and clutter rejection system: the echolocation and feeding behavior of *Hipposideros ruber* (Chiroptera: Hipposideridae). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, **15**: 109-114.



13. Besairie, H. 1971. Les terrains sédimentaires. *Annales de Géologie de Madagascar*. Fasc. 35.
14. Bidaut, C. 2004. Impact des caractéristiques linéaires du paysage sur l'activité des Microchiroptères dans différentes forêts de Madagascar. Mémoire de D.E.A., Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, 91p.
15. Black, H. L. 1979. Precision in prey selection by the trident-nosed bat (*Cleotis percivali*). *Mammalia*, **43**: 53-57.
16. Black, H. L. 1974. A north temperate bat community structure and prey population. *J. Mammal.*, **55**: 138-157.
17. Black, H. L. 1972. Differential exploitation of moths by the bats *Eptesicus fuscus* and *Lasiurus cinereus*. *J. Mammal.*, **53**: 598-601.
18. Bourgeat, H. 1972. Contribution à l'étude des sols sur socle ancien à Madagascar. Type de différenciation et interprétation chronologique au cours du quaternaire. *Mém. ORSTOM*, **57** : 338 pp.
19. Burger, J., M. A. Howe, D. C. Hahn et J. Chase. 1977. Effect of tide cycles on habitat selection and habit partitioning by migrating shorebirds. *Auk.*, **94**: 743-758.
20. Churchill, S. K. 1994. Diet, prey selection and foraging behaviour of the orange horseshoe-bat, *Rhinconycteris aurantius*. *Wildl. Res.*, **21**: 115-130.
21. Churchill, S., R. Draper et E. Marais. 1997. Cave utilisation by Namibian bats : population, microclimate and roost selection. *S. Afr. J. Wildl. Res.*, **27** (2): 44-50
22. Conservation Breeding Specialist Group (SSC/IUCN). 2002. Evaluation et Plans de gestion pour la Conservation (CAMP) de la Faune de Madagascar: Lémuriens, Autres Mammifères, Reptiles et Amphibiens, Poissons d'eau douce et Evaluation de la Viabilité des Populations et des Habitats de *Hypogeomys antimena* (Vositse). CBSG, Apple Valley, MN.
23. Cotterill, F. P. D. et R.A. Fergusson. 1999. Reproduction ecology of Commerson's leaf-nosed bats *Hipposideros commersoni* (Chiroptera : Hipposideridae) in South-Central Africa : Interactions between seasonality and large body size and implications for conservation. *S. Afri. J. Zool.*, **34** (1): 53-63.
24. Cumming, G. S. 1995. Activity patterns of termite-eating land planarians *Microplana termitophaga* (Platyhelminthes, Tricladia). *J. Zool. Lond.*, **237**: 531-542.
25. Cumming, G. S. 1996. *Mantis* movements by night and the interactions of sympatric bats and mantids. *Can. J. Zool.*, **74**: 1771-1774.
26. Cumming, G. S. et R. T. F. Bernard. 1997. Rainfall, food abundance and timing of parturition in African bats. *Oecologia*, **111**: 309-317.



27. Dangerfield, J. M. et S. R. Telford. 1996. The ecology of savanna millipedes in Southern Africa. *Acta Muriapodol.* Mem. Mus. Nat Hist.
28. Delvare, G. et H-P. Aberlenc. 1989. Les insectes d'Afrique et d'Amerique tropicale. Clés pour la reconnaissance des familles. Laboratoire de Faunistique-Departement GERDAT, France, 302 pp
29. Doube, A. 1991. Dung beetles of southern Africa. Pp. 133-155. In: *Dung beetle ecology*. (Eds. I. Hanski et Y. Cambefort). Princeton University Press, Princeton.
30. Edmunds, M. 1986. The phenology and diversity of praying mantids in Ghana. *J. Trop. Ecol.*, **2**: 39-50.
31. Eger, J. L. et L. Mitchell. 1996. Biogeography of the bats of Madagascar. Pp. 321-328. In: *Biogéographie de Madagascar* (Ed. Lourenço, W. R.), Paris.
32. Eger, J. L. et L. Mitchell. 2003. Chiroptera, Bats. Pp. 1287-1298. In: *The Natural History of Madagascar* (Eds. Goodman, S. M. et J. M. Benstead). The Chicago University Press.
33. Faramalala, M. H. 1988. *Etude de la végétation de Madagascar à l'aide des données spatiales*. Thèse de Doctorat d'Etat. Université Paul Sabatier, Toulouse, 167pp.
34. Faure, P. A., J. H. Fullard et J. W. Dawson. 1993. The gleaning attacks of northern long-eared bat, *Myotis septentrionalis*, are relatively audible to moths. *J. Exp. Biol.*, **178**: 173-189.
35. Faure, P. A. et R. M. R. Barclay. 1992. The sensory basis of prey detection by the long-eared bat, *Myotis evotis*, and consequences for prey selection. *Anim. Behav.*, **44**: 31-39.
36. Fenton, M. B. et I. L. Rautenbach. 1987. The roosting and foraging behaviour of three species of African insectivorous bats (*Rhinolophus hildebrandti* : Rhinolophidae ; *Scotophilus borbonicus* : Vespertilionidae ; et *Tadarida midas* : Molossidae). *Can. J. Zool.*, **64**: 2860-2867.
37. Fenton, M. B., M. S. Cumming, G. Ford. 1998. Bats and the loss of tree canopy in African woodlands. *Conserv. Biol.*, **12**: 399-407.
38. Fenton, M. B. 1985. The feeding behaviour of insectivorous bats: echolocation, foraging strategies, and resource partitioning. *Transvaal Mus. Bull.*, **21**: 5-16.
39. Findley, J. S. et H. Black. 1983. Morphological and dietary structuring of a Zambian insectivorous bat community. *Ecology*, **64** (4): 625-630.
40. Finnemore, M et P. Richardson. 1999. Catching Bats. Pp. 33-39. In: *The Bat Worker's Manual*. Joint Nature Conservation Committee.



41. Fleming, T. H., E. T. Hooper et D. E. Wilson. 1972. Three central American bat communities: structure, reproductive cycles and movement patterns. *Ecology*, **53**: 555-569.
42. Francis, C. M. 1989. A comparison of mist nets and two designs of harp traps for capturing bats. *J. Mammal.*, **70** (4): 865-870.
43. Fujita, M. S. 1991. Flying foxes (Chiroptera: Pteropodidae): Threatened animals of key ecological and economical importance conservation. *Biology*, **5** (4): 455-463.
44. Fullard, J. H. 1987. Sensory ecology and neuroethology of moths and bats: interactions in a global perspective. Pp. 244-272. In: *Recent advances in the study of bats* (Eds M. B. Fenton, P. A. Racey et J. M. V. Rayner).
45. Fuzessery, Z. M., P. Battenhoff, B. Andrews et J. M. Kennedy. 1993. Passive sound localisation of prey by the pallid bat (*Antrozous p. pallidus*). *J. Comp. Physiol. A.*, **171**: 767-777.
46. Garbutt, N. 1999. *Mammals of Madagascar*. New Haven Yale: University Press, London.
47. Garbutt, N. 2007. *Mammals of Madagascar A Complete Guide*. A&C Black, London
48. Gardiner, A. J. 1995. The effect of the large mammalian herbivore community structure on the coprophagous scarab beetle fauna (Coleoptera: Scarabaeidae). Volume 1. Unpublished Phd thesis. University of Zimbabwe, Harare.
49. Glaw, F. et M. Vences. 2000. Current counts of species diversity and endemism of Malagasy amphibians and reptiles. Pp. 243-248. In: *Diversity and Endemism in Madagascar* (Eds W. R. Lourenço et S. M. Goodman).
50. Glendell, M. et N. Vaughan. 2002. Foraging activity of bats in historic landscape parks in relation to habitat composition and park management. *Animal Cons.*, **5**: 309-316.
51. Goodman, S. M. 1996. Result of a Bat Survey of the Eastern Slopes of the Réserve Naturelle Intégrale d'Andringitra, Madagascar. *Fieldiana: Zoology*, **85**: 284-288.
52. Goodman, S. M. 1998. Notes on the Bats of the Réserve Spéciale d'Anjanaharibe-Sud, Madagascar. *Fieldiana: Zoology*, **90**: 223-226.
53. Goodman, S. M. 1999. Notes on the Bats of the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela and surrounding areas of the Southeastern Madagascar. *Fieldiana: Zoology*, 94 pp.
54. Goodman, S. M., D. Andriafidison, R. Andrianaivoarivelo, S. G. Cardiff, E. Ifticene, R. K. B. Jenkins, A. Kofoky, T. Mbohoahy, D. Rakotondravony, J. Ranivo, F. Ratriomomanarivo, J. Razafimanahaka et P. A. Racey. 2005. The distribution and conservation of bats in the dry regions of Madagascar. *Animal Cons.*, **8**:153-165.



55. . Goodman, S. M., F. H. Ratrimomanarivo et F. H. Randrianandrianina. 2006. A new species of *Scotophilus* (Chiroptera: Vespertilionidae) from western Madagascar. *Acta Chiropterol.* **8**:21-37.
56. Green, G. M. et R. W. Sussman. 1990. Deforestation history of the eastern rain forests of Madagascar from satellite images. *Science*, **248**: 212-215.
57. Gregory, S. V., F. J. Swanson, W. A. McKee et K. W. Cummins. 1991. An ecosystem perspective for riparian zones: Focus on links between land and water. *BioScience*, **41** (8): 540-551.
58. Griffiths, O. 1997. A survey of the non marine Mollusca of the central and northern parts of the Reserve Naturelle Integrale de Bemaraha in the central west of Madagascar. *Papustyla*, **11** (1): 4-14.
59. Hespenheide, H. A. 1975. Prey characteristics and predator niche width. *Ecology and Evolution Communities* (Ed. by M. L. Cody & J. M. Diamond). Pp 158-180. Belknap Press. Cambridge, Massachusetts.
60. Hespenheide, H. 1971. Food preference and the extent of overlap in some insectivorous bird, with special reference to the Tyrannidae. *Ibis*, **113**: 59-72.
61. Humbert, H. et G. Cours Darne. 1965. *Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques*. Travaux de la Section Scientifique et Technique de l'Institut français de Pondichéry.
62. Huston, A. M. et P. A. Racey. 1999. Examining Bats. Pp. 39-46. In: *The Bat Worker's Manual*. Joint Nature Conservation Committee.
63. Huston, A. M., S. P. Mickleburgh et P. A. Racey. 2001. *Microchiropteran bats*. Global conservation status. IUCN.
64. Jesu, R., F. Mattioli et G. Schimmenti. 1999. On the discovery of a new large chameleon inhabiting the limestone outcrops of western Madagascar: *Furcifer nicosiai* sp. Nov. (Reptilia, Chamaeleonidae). *Doriana*, **7** (311): 1-14.
65. Jones, G. 1990. Prey selection by the greater horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*): optimal foraging by echolocation. *J. Anim. Ecol.*, **59**: 587-602.
66. Jones, G. et J. Rydell. 2003. Bat-Insect Interaction. Pp 301-345. In: *Bat Ecology* (Eds. Kunz T. H. et M. B. Fenton).
67. Jones, G. et M; Morton 1992. Radio-tracking studies on habitat use by greater horseshoe bats (*Rhinolophus ferrumequinum*). Pp 521-537. In: *Wildlife telemetry. Remote monitoring and tracking of animals* (Eds. I. G. Priede et S. M. Swift).
68. Koopman, K; F. 1994. Chiroptera: systematics. Pp; 1-217. In: *Handbooks of Zoology* (Eds. J. Niethammer, H. Schliemann, et D. Stark). Vol. 8. Berlin.



69. Krebs, C. J. 1989. Niche Overlap and Diet Analysis. Pp 371-405. In: *Ecological Methodology*. Harpper & Row, Publisher. New York.
70. Kuhn, M.. 2003. Feeding ecology of the bat *Eptesicus fuscus* : “preferred” prey abundance as one factor influencing prey selection and diet breath. *J. Zool.*, London, **260**: 169-177.
71. Kunz, T. H. 1973. Resource utilization: temporal and spatial components of bat activity in Central Iowa. *J. Mammal.*, **54**: 459-472.
72. Kunz, T. et A. Kurta. 1990. Capture methods and Holding devices. Pp. 1-29. In: *Ecological and Behavioural Methods for the Study of Bats* (Ed. T. H. Kunz). Smithsonian Institution Press.
73. Kunz, T. 1990. Methods of assessing the availability of prey to insectivorous bats. Pp. 191-209. In: *Ecological and Behavioural Methods for the Study of Bats* (Ed. T. H. Kunz). Smithsonian Institution Press.
74. LaVal, R. K. et M. L. LaVal. 1980. Prey Selection by the Slit-Faced Bat *Nycteris thebaica* (Chiroptera : Nycteridae) in Natal, South Africa. *Biotropica*, **12**: 241-246.
75. MacKinnon, J. L., C. E. Hawkins et P. A. Racey. 2003. Pteropodidae, Fruit Bats, Fanihy, Angavo. Pp. 1299-1302. In: *The Natural History of Madagascar* (Eds. Goodman, S. M. et J. M. Bestead). The Chicago University Press.
76. McNab, B. K. 1969. The economics of temperature regulation in neotropical bats. *Comp. Biochem. Physiol.*, **31**: 227-268.
77. Mc William, A. N. 1982. Adaptive responses to seasonality in four species of insectivorous bats in coastal Kenya. Unpublished PhD thesis. University of Aberdeen, Aberdeen.
78. Myers, N., R. A. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca et J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, **403**: 853-858.
79. Mickleburgh, S. P., Hutson, A. M. et Racey, P. A. 1992. *Old word fruit bats. An action plan for their conservation*. Gland , Switzerland, IUCN.
80. Naiman R. J., H. Decamps et M. Pollock. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Ecol. Appli.*, **3** (2): 209-212.
81. Norberg, V. M. et J. M. V. Rayner. 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia: Chiroptera): wing adaptation, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **316**: 335-427.
82. Peterson, R. L., J. L. Eger et L. Mitchell. 1995. *Chiroptères*. Faune de Madagascar, **84**: 1-204.



83. Projet ZICOMA. 1999. Les zones d'importance pour la conservation des oiseaux à Madagascar. *Parc National et Réserve naturelle Intégrale du Tsingy de Bemaraha*. Antananarivo, Madagascar, 266pp.
84. Racey, P. A. 1990. Reproductive Assesment in Bats. Pp. 31-45. In: *Ecological and Behavioural Methods for the Study of Bats* (Ed. T. H. Kunz).
85. Racey, P. A. 1999. Handling, releasing and keeping bats. Pp. 51-56. In: *The Bat Worker's Manual*. Joint Nature Conservation Committee.
86. Racey, P. A. 1982. Ecology of bat reproduction. Pp 57-104. In: *Ecology of Bats* (Ed. T. H. Kunz). Plenum, Nen York.
87. Rajeriarison, C., E. Roger et H. Rabarison. 2000. Biodiversité et Endemisme dans le Bemaraha. Pp. 37-44. In: *Diversité et endémisme à Madagascar* (Eds. Lourenço, W. R. et S. M. Goodman).
88. Rakotoarison, N., T. Mutschler et U. Thalmann. 1993. Lemurs in Bemaraha (World landscape, western Madagascar). *Oryx*, **27**: 35-40.
89. Ramanitra, N. A. 1997. Contribution à l'étude de la faune ornithologique de la Réserve de Bemaraha. Mémoire de D.E.A., Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo.
90. Rasoloarison, R. M., S. M. Goodman et J. U. Ganzhorn. 2000. Taxonomic revision of mouse lemurs (*Microcebus*) in the west portions of Madagascar. *International Journal of Primatology* **21**: 963-1019.
91. Rasoloarison, V. et F. Paquier. 2003. Tsingy de Bemaraha. Pp. 1507-1512. In : *The Natural History of Madagascar* (Eds. Goodman, S. M. et J. M. Benstead). The Chicago University Press.
92. Ratrimomanarivo, A. F. 2003. Etude du régime alimentaire de *Eidolon dupreanum* dans les hautes-terres centrales malgaches et son rôle potentiel sur la régénération forestière. Mémoire de D.E.A., Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, 69p.
93. Razafimanahaka, H. J. 2004. Contribution à l'étude de la morphologie et de l'écologie en vue de la conservation des chiroptères dans le Parc National Tsingy de Bemaraha. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, 70p.
94. Razakarivony, V. R., B. Rajemison, et S.M. Goodman. 2005. The diet of Malagasy Microchiroptera based on stomach contents *Mamm. Biol.* **70**, 312-316
95. Reith, C. C. 1980. Shifts in times of activity by *Lasionycteris noctivagans*. *J. Mammal.*, **61**: 104-108.
96. Russ, J., D. Bennett. 1999. The Bats of the Masoala Peninsular: Madagascar and the use of time expansionultrasound detectors in surveying Microchiropteran

- p>communities. Final report of Queens University Belfast. Masoala Bat Project, 1999. Viper Press, Glossop, England.
97. Russ, J., D. Bennett, K. Ross et A. Kofoky. 2003a. *The Bats of Madagascar: A Field Guide with description of Echolocation Calls*. Viper Press, Great Britain, 96pp.
 98. Russ, J., M. Briffa, et W. I. Montgomery. 2003b. Seasonal patterns in activity and habitat use by bats (*Pipistrellus* spp. and *Nyctalus leisleri*) in Northern Ireland, determined using a driven transect. *J. Zool. Lond.*, **259**: 289-299.
 99. Scholtz, C. H. et E. Holm. 1986. *Insects of Southern Africa*. Butterworths. Durban, South Africa.
 100. Shiel, C., C. McAney, C. Sullivan et J. Fairley. 1997. Identification of arthropod fragments in bat droppings, 56 pp.
 101. Shiff, C. J., J. N. Minjas, T. Hall, R. H. Hunt, S. Lyimo, et J. R. Davis. 1995. Malaria infection potential of anopheline mosquitoes sampled by light trapping indoors in coastal Tanzanian villages. *Med. Vet. Entomol.* 9: 256-262.
 102. Siemers, B. M., et H.-U. Schnitzler. 2000. Natterer's bat (*Myotis nattereri* Kuhl, 1818) hawks for prey close to vegetation using echolocation signals of very broad band-width. *Behav. Ecol. and Sociobio.*, **47**: 400-412.
 103. Stephen, W. 2000. Ordination: patterns and gradients among samples. Pp. 269 – 302. In: *Statistical Ecology in Practice*. Pearson Education Limited. Edinburgh Gate, England.
 104. Stephens, D. W. et J. R. Krebs. 1986. *Foraging theory*. Princeton University Press, Princeton.
 105. Thalmann, U., et T. Geismann. 2005. New species of woolly lemur *Avahi* (Primates: Lemuriformes) in Bemaraha (Central Western Madagascar). *Amer J. Primat.*, **67**: 371-376.
 106. UICN. (2001). Catégories et Critères de l'UICN pour la Liste Rouge :Version 3.1. Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni. ii + 32 pp.
 107. Vaughan, T. A. 1977. Foraging behaviour of the giant leaf-nosed bat (*Hippiosideros commersoni*). *E. Afr. Wild. J.* **15**: 237-249.
 108. Whitaker, J. O., H. L. Black. 1976. Food habits of cave bats from Zambia, *Afri. J. Mammal.*, **57**: 199-204.

Annexe 2 : Les Chiroptères de Madagascar

FAMILLE	ESPÈCES	UICN	GMA
Pteropodidae	<i>Pteropus rufus</i> * Tiedemann 1808	VU B2b+3d	VU
	<i>Eidolon dupreanum</i> * Pollen 1866	LR lc	VU
	<i>Rousettus madagascariensis</i> * Grandidier 1928	LR nt	NT
Emballonuridae	<i>Emballonura atrata</i> Peters 1867	VU A2c	LC
	<i>Emballonura tiavato</i> * Goodman, Cardiff, Ranivo, Russel et Yoder, 2006	—	—
	<i>Coleura afra</i> Peters 1852	—	LC
	<i>Taphozous mauritanus</i> * Geoffroy 1818	LR lc	LC
Nycteridae	<i>Nycteris madagascariensis</i> Grandidier 1937	DD	DD
Hipposideridae	<i>Hipposideros commersoni</i> * Geoffroy 1813	LR lc	NT
	<i>Triaenops furculus</i> * Trouessart 1906	VU A2c	LC
	<i>Triaenops auritus</i> Grandidier 1912	DD	NT
	<i>Triaenops rufus</i> * Milne-Edwards 1881	DD	LC
Vespertilionidae	<i>Myotis goudoti</i> * Smith 1834	LR nt	LC
	<i>Pipistrellus nanus</i> * Peters 1852	—	LC
	<i>Pipistrellus kuhli</i> Kuhl 1817	—	LC
	<i>Pipistrellus raceyi</i> Bates, Ratrimomanarivo, Harrison et Goodman 2006	—	—
	<i>Pipistrellus hesperidus</i> Temminck 1840	—	—
	<i>Hypsugo anchietae</i> Seabra 1900	—	—
	<i>Neoromicia melckorum</i> Robert 1919	—	—
	<i>Neoromicia matroka</i> Thomas et Schwann 1905	—	LC
	<i>Neoromicia malagasyensis</i> Peterson Eger et Michell 1995	DD	EN
	<i>Scotophilus robustus</i> * Milne-Edwards 1881	LR nt	DD
	<i>Scotophilus borbonicus</i> Geoffroy 1803	CR A1c	DD
	<i>Scotophilus tandrefana</i> * Goodman, Jenkins et Ratrimomanarivo 2005	—	—
	<i>Scotophilus marovaza</i> Goodman, Ratrimomanarivo et Randrianandrianina 2006	—	—
	<i>Miniopterus gleni</i> * Peterson, Eger et Mitchell 1995	LR nt	LC
	<i>Miniopterus majori</i> * Thomas 1906	DD	LC
	<i>Miniopterus fraterculus</i> Thomas et Schwann 1906	LR nt	LC
	<i>Miniopterus manavi</i> * Thomas 1906	DD	LC
Myzopodidae	<i>Myzopoda aurita</i> Milne-Edwards et Grandidier 1878	VU A2c	LC
	<i>Myzopoda schliemanni</i> Goodman, Rakotondraparany et Kofoky 2006	—	—
Molossidae	<i>Mormopterus jugularis</i> Peters 1865	VU A2c	LC

	<i>Tadarida fulminans</i> Thomas 1903	LR nt	LC
	<i>Chaerephon leucogaster</i> * Grandidier 1869	DD	LC
	<i>Chaerephon pumilus</i> Cretzschmar 1826	LR lc	LC
	<i>Chaerephon jobimena</i> * Goodman et Cardiff 2004	–	LC
	<i>Mops leucostigma</i> * Allen 1918	DD	LC
	<i>Mops midas</i> Sundevall 1843	LR lc	LC
	<i>Otomops madagascariensis</i> * Dorst, 1953	VU	LC

* : Espèce présente dans le PNB

CR : Gravement menacé

LR nt : Quasi-menacé

DD : Données insuffisantes

LC : Préoccupation mineur

EN : En danger

VU : Vulnérable

LR lc : Moindres risques

A1c ; A2c : Voir Annexe 4

NT : Quasi-menacé

Annexe 3 : Fiche de mesure complète des Chiroptères dans le PNB

SPECIES●				DATE●	
SITE●				TIME●	
Macro-habitat				MOON●	
Micro-habitat				HEIGHT●	
SPECIMEN#	RBJ	(Release)	(Cage)	(Stress)	(Free-fly)
Recordings (track name/no):					
AGE●	adult	juvenile	Samples●	(faeces)	(parasites)
SEX●	female	(nulliparous)	(parous)	(pregnant)	(lactating)
	male	(observations)			
METHOD●	(mist net)	(harp trap)	(by hand)	Other	
Forearm :	mm	Weight	g	Tragus:	mm
Tibia:	mm	Tail-vent:	mm	Ear:	mm
5MDE:	mm	Head-body:	mm	Nose-leaf:	mm
Colour notes●	Dorsal				
	Ventral				
Other notes●					

ESPECE				DATE	
SITE				HEURE	
Macro-habitat				LUNE	
Micro-habitat				HAUTEUR	
SPECIMEN#	RBJ	(Relâchement)	(Cage)	(Stress)	(Libre)
Enregistrements (code/n°)					
AGE	Adulte	Juvenile	Echantillons	(Fécès)	(Parasites)
SEXE	Femelle	(nullipare)	(pare)	(Gravide)	(En lactation)
	Mâle	(Observations)			
METHODE	(Filet japonais)	(Piège harpe)	(A la main)	Autre	
Avant-bras :	mm	Poids :	g	Tragus :	mm
Tibia :	mm	Queue :	mm	Oreille :	mm
métacarpe 5è doigt:	mm	Tête-corps :	mm	Feuille nasale :	mm
Couleurs	Dorsale				
	Ventrale				
Notes					

Annexe 4 : Fiche de capture multiple

Site =

Other information (Notes) =

[illegible]

1 : Espèces

3 : Date

⁵ : Largeur de la crête

⁷ : Etat de reproduction

⁹ : Longueur de l'avant-bras (mm)

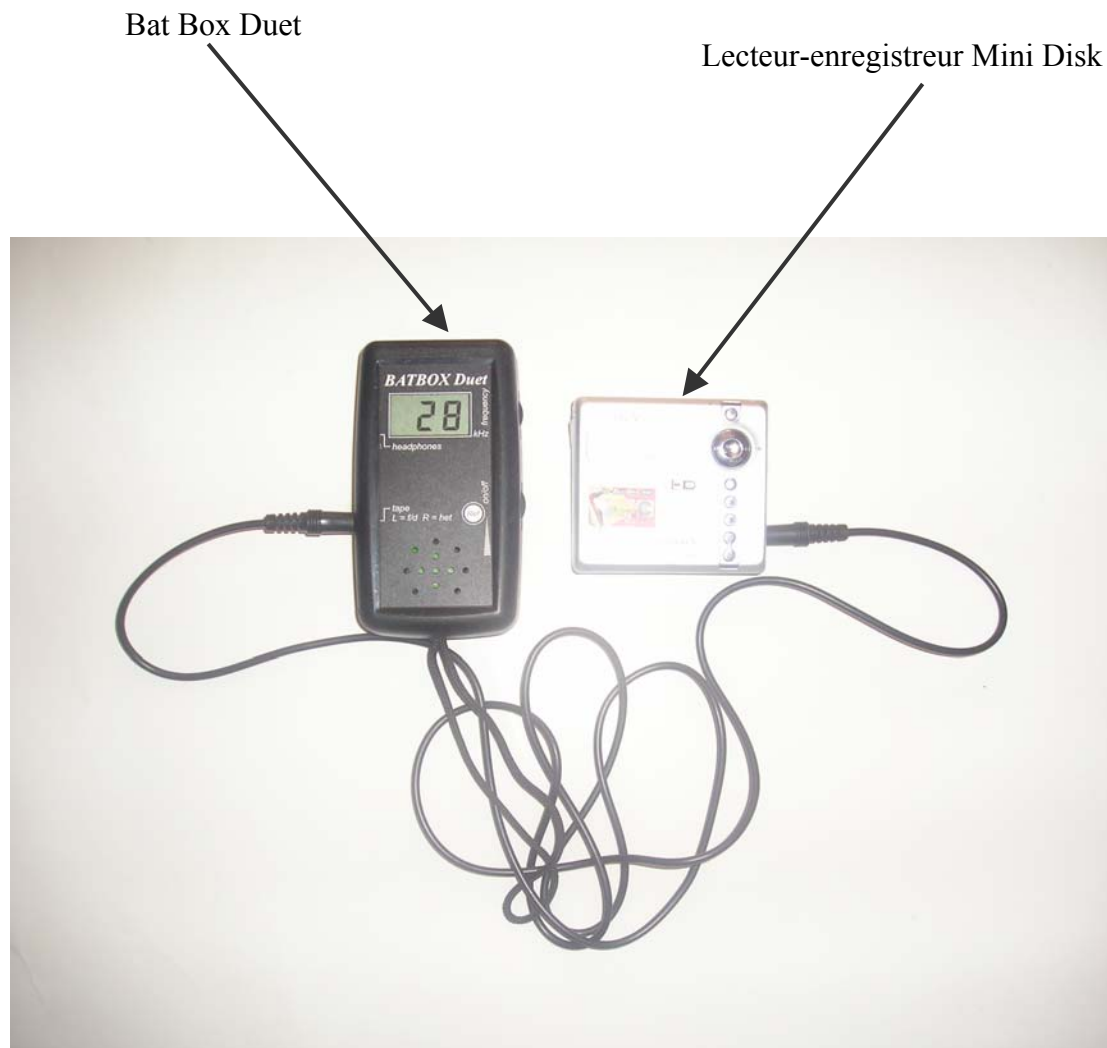
2 : Heure

4 : Sexe

⁶ : Age⁸ : Poids (g)

¹⁰ : A l'intérieur ou à l'extérieur du gîte

Annexe 5: Appareil détecteur ultrasonique (BatBox Duet) relié à un appareil lecteur-enregistreur (Mini Disk).



Annexe 5 : Fiche d'identification des insectes

Piège :

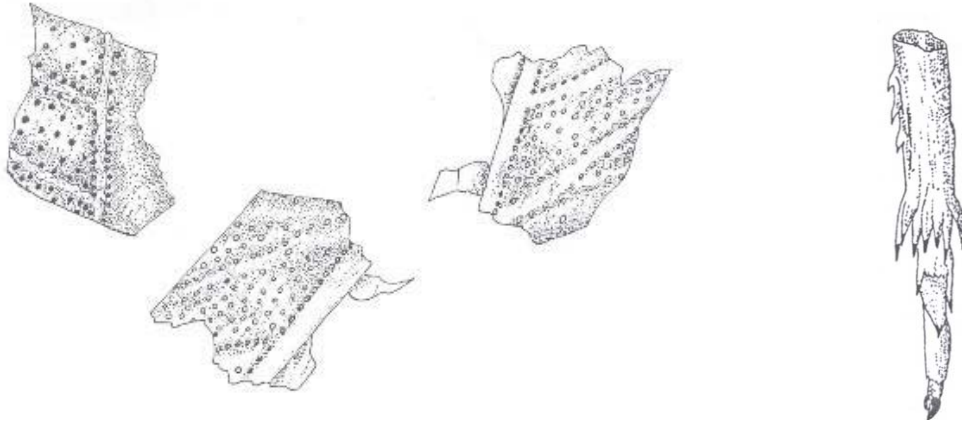
Nº :

[illegible]

mm= millimètre

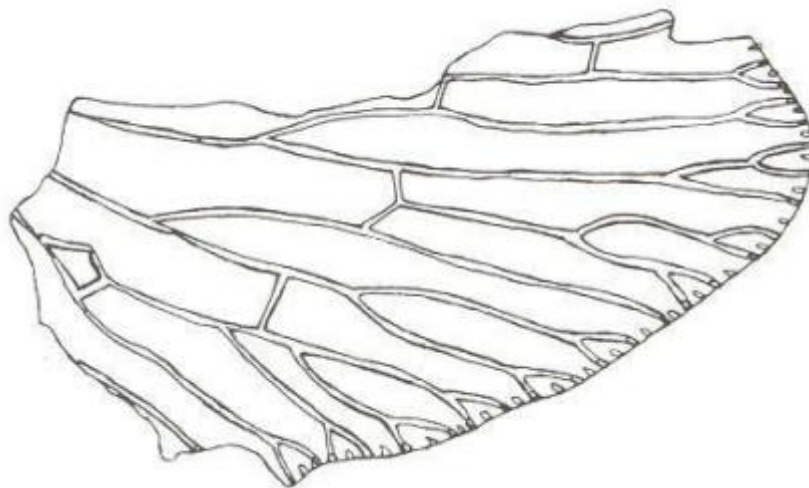
longueur= tête + thorax + abdomen (sans les antennes, ni ailes, ni pattes)

Annexe 6 : Exemples de fragments d'insectes contenus dans les fèces de chauves souris (grossissement faible ; 2,5 x 10) (Rakotoarivelo, 2004)

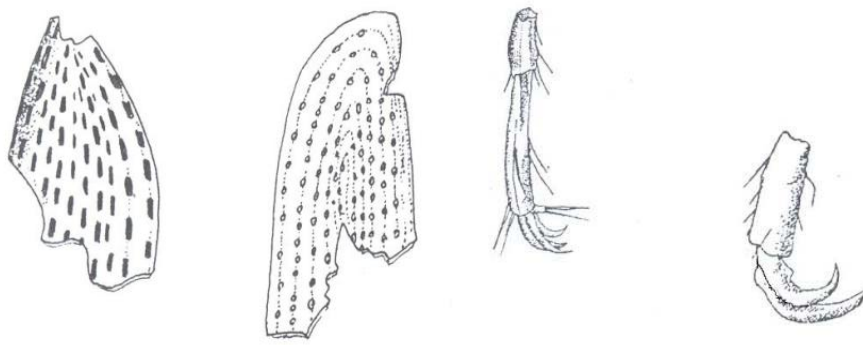


Fragments d'aile d'Hémiptères
(Echelle : 15000/1000)

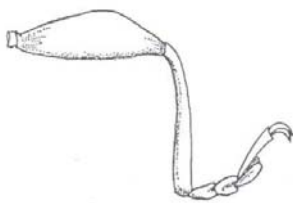
Fragments de patte d'Hémiptères
(Echelle : 20000/1000)



Fragments d'aile de Neuroptères
(Echelle : 20000/1000)



Fragments d'élytres et de pattes de Coléoptères Scarabaeidae
(Echelle : 10000/1000)



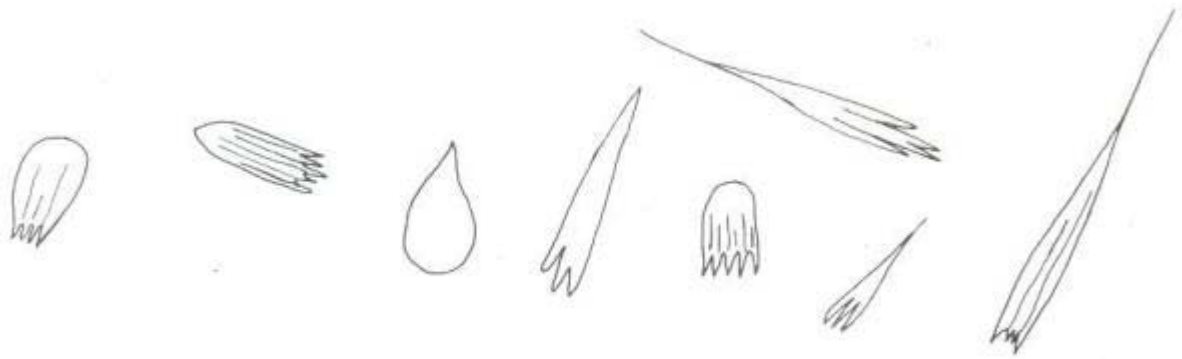
Pattes de Coléoptères Curculionidae
(Echelle : 15000/1000)



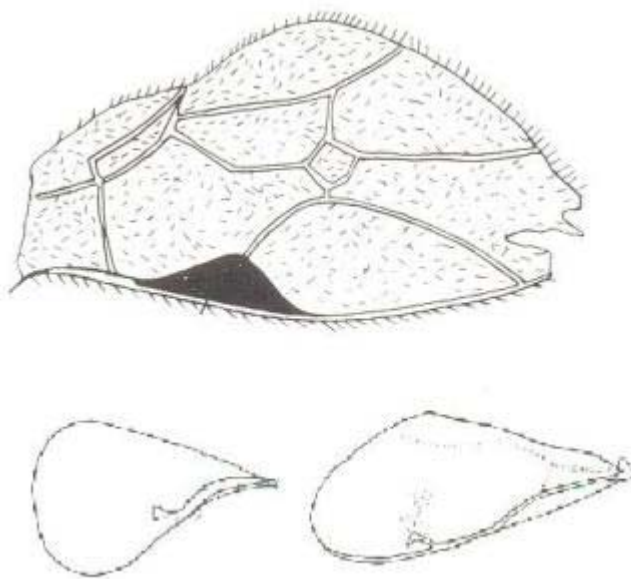
Fragments de têtes et d'antenne
de Coléoptères Curculionidae
(Echelle : 10000/1000)



Fragments d'antenne et de patte de Coléoptères Curculionidae
(Echelle : 15000/1000)



Ecailles de Lépidoptères
(Echelle : 30000/1000)



Fragment d'ailes d'Hyménoptères (Ichneumonidae et Calcidoidae)
(Echelle : 20000/1000)



Fragment de pattes et de chélicère d'Araignées
(Echelle : 20000/1000)

Annexe 7 : Fiche d'identification des fragments dans les fèces

Species : _____
 Date : _____
 Site : _____
 Sex : _____
 Code : _____

[illegible]

Annexe 8 : Catégories de l'UICN pour les Listes Rouges et leurs critères d'application (version 3.1) (UICN, 2001)

ETEINT (EX)

Un taxon est dit Éteint lorsqu'il ne fait aucun doute que le dernier individu est mort. Un taxon est présumé Éteint lorsque des études exhaustives menées dans son habitat connu et/ou présumé, à des périodes appropriées (rythme diurne, saisonnier, annuel), et dans l'ensemble de son aire de répartition historique n'ont pas permis de noter la présence d'un seul individu. Les études doivent être faites sur une durée adaptée au cycle et aux formes biologiques du taxon.

ÉTEINT À L'ÉTAT SAUVAGE (EW)

Un taxon est dit Éteint à l'état sauvage lorsqu'il ne survit qu'en culture, en captivité ou dans le cadre d'une population (ou de populations) naturalisée(s), nettement en dehors de son ancienne aire de répartition. Un taxon est présumé Éteint à l'état sauvage lorsque des études détaillées menées dans ses habitats connus et/ou probables, à des périodes appropriées (rythme diurne, saisonnier, annuel), et dans l'ensemble de son aire de répartition historique n'ont pas permis de noter la présence d'un seul individu. Les études doivent être faites sur une durée adaptée au cycle et aux formes biologiques du taxon.

EN DANGER CRITIQUE D'EXTINCTION (CR)

Un taxon est dit En danger critique d'extinction lorsque les meilleures données disponibles indiquent qu'il remplit l'un des critères A à E correspondant à la catégorie En danger critique d'extinction (pour plus d'informations voir Catégories et Critères de l'UICN pour la Liste Rouge, Version 3.1) et, en conséquence, qu'il est confronté à un **risque extrêmement élevé d'extinction** à l'état sauvage.

EN DANGER (EN)

Un taxon est dit En danger lorsque les meilleures données disponibles indiquent qu'il remplit l'un des critères A à E correspondant à la catégorie En danger (pour plus d'informations voir Catégories et Critères de l'UICN pour la Liste Rouge, Version 3.1) et, en conséquence, qu'il est confronté à un **risque très élevé d'extinction** à l'état sauvage.

VULNÉRABLE (VU)

Un taxon est dit Vulnérable lorsque les meilleures données disponibles indiquent qu'il remplit l'un des critères A à E correspondant à la catégorie Vulnérable (pour plus d'informations voir Catégories et Critères de l'UICN pour la Liste Rouge, Version 3.1) et, en conséquence, qu'il est confronté à un **risque élevé d'extinction** à l'état sauvage.

QUASI MENACÉ (NT)

Un taxon est dit Quasi menacé lorsqu'il a été évalué d'après les critères et ne remplit pas, pour l'instant, les critères des catégories En danger critique d'extinction, En danger ou Vulnérable mais qu'il est près de remplir les critères correspondant aux catégories du groupe Menacé ou qu'il les remplira probablement dans un proche avenir.

PRÉOCCUPATION MINEURE (LC)

Un taxon est dit de Préoccupation mineure lorsqu'il a été évalué d'après les critères et ne remplit pas les critères des catégories En danger critique d'extinction, En danger, Vulnérable ou Quasi menacé. Dans cette catégorie sont inclus les taxons largement répandus et abondants.

DONNÉES INSUFFISANTES (DD)

Un taxon entre dans la catégorie Données insuffisantes lorsqu'on ne dispose pas d'assez de données pour évaluer directement ou indirectement le risque d'extinction en fonction de sa distribution et/ou de l'état de sa population. Un taxon inscrit dans cette catégorie peut avoir fait l'objet d'études approfondies et sa biologie peut être bien connue, sans que l'on dispose pour autant de données pertinentes sur l'abondance et/ou la distribution. Il ne s'agit donc pas d'une catégorie Menacé. L'inscription d'un taxon dans cette catégorie indique qu'il est nécessaire de rassembler davantage de données et n'exclut pas la possibilité de démontrer, grâce à de futures recherches, que le taxon aurait pu être classé dans une catégorie Menacé. Il est impératif d'utiliser pleinement toutes les données disponibles. Dans de nombreux cas, le choix entre Données insuffisantes et une catégorie Menacé doit faire l'objet d'un examen très attentif. Si l'on soupçonne que l'aire de répartition d'un taxon est relativement circonscrite, s'il s'est écoulé un laps de temps considérable depuis la dernière observation du taxon, le choix d'une catégorie Menacé peut parfaitement se justifier.

NON ÉVALUÉ (NE)

Un taxon est dit Non évalué lorsqu'il n'a pas encore été confronté aux critères.

La Liste rouge est établie par la Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN (CSE) - un réseau de quelque 8 000 spécialistes répartis dans la quasi totalité des pays du monde - à partir de ses propres données et de celles fournies par diverses organisations partenaires. Collectivement, le réseau de la CSE représente probablement la base de connaissances scientifiques la plus exhaustive sur la biologie et l'état de conservation des espèces.

Toutes les données sur lesquelles se fonde la Liste rouge seront stockées dans une série de bases de données qui constitueront l'ossature du Species Information Service (Service d'information sur les espèces) de la CSE actuellement en formation. La création de ce service constitue une précieuse initiative qui permettra à tous les usagers du monde entier d'accéder facilement et rapidement à la considérable masse d'informations détenue par le réseau de la CSE.

Annexe 9 : Critères relatifs à l'inscription de biens naturels sur la Liste .du patrimoine mondial (Source : UNESCO 2000)

Conformément à l'article 2 de la Convention, sont considérés comme « Patrimoine naturel » :

« *les monuments naturels* constitués par de formations physiques et biologiques ou par des groupes de telles formations qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue scientifique ;

les formations géologiques et physiographiques et les zones strictement délimitées constituant l'habitat d'espèces animales et végétales menacées, qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science ou de la conservation ;

les sites naturels ou les zones naturelles strictement délimitées, qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science, de la conservation ou de la beauté naturelle. »

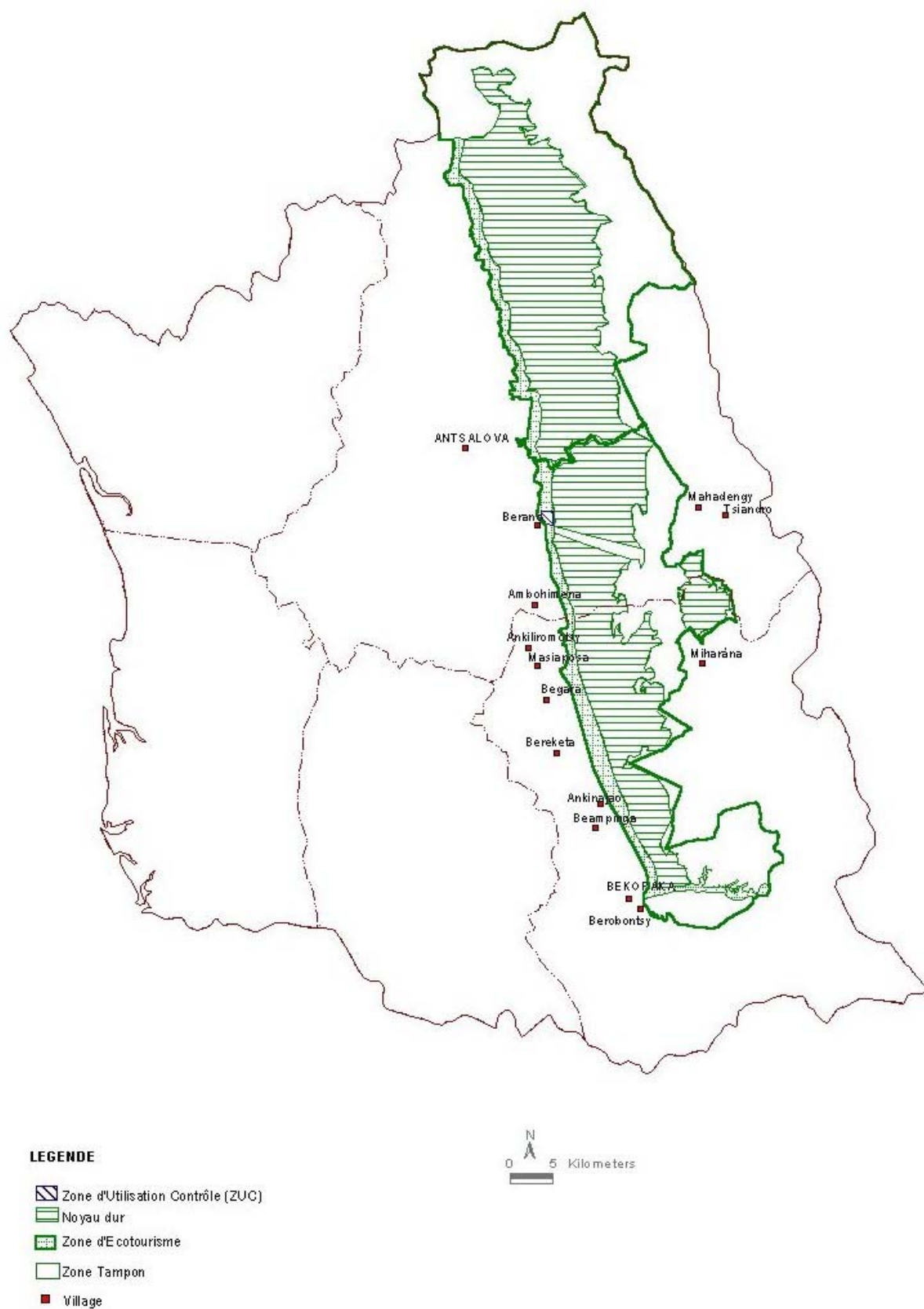
... Les biens proposés devront :

- i.* Etre des exemples éminemment représentatifs des grands stades de l'histoire de la terre, y compris le témoignage de la vie, de processus géologiques en cours dans le développement des formes terrestres ou d'éléments géomorphiques ou physiographiques ayant une grande signification ; ou
- ii.* Etre des exemples éminemment représentatifs de processus écologiques et biologiques en cours dans l'évolution et le développement des écosystèmes et des communautés de plantes et d'animaux terrestres, aquatiques, côtiers et marins ; ou
- iii.* Représenter des phénomènes naturels ou des aires d'une beauté naturelle et d'une importance esthétique exceptionnelle ; ou
- iv.* Contenir des habitats naturels les plus représentatifs et les plus importants pour la conservation in situ de la diversité biologique, y compris ceux où survivent des espèces menacées ayant une valeur universelle exceptionnelle du point de vue de la science ou de la conservation.

Remarque : Le Parc National Tsingy de Bemaraha répond aux critères iii et iv.

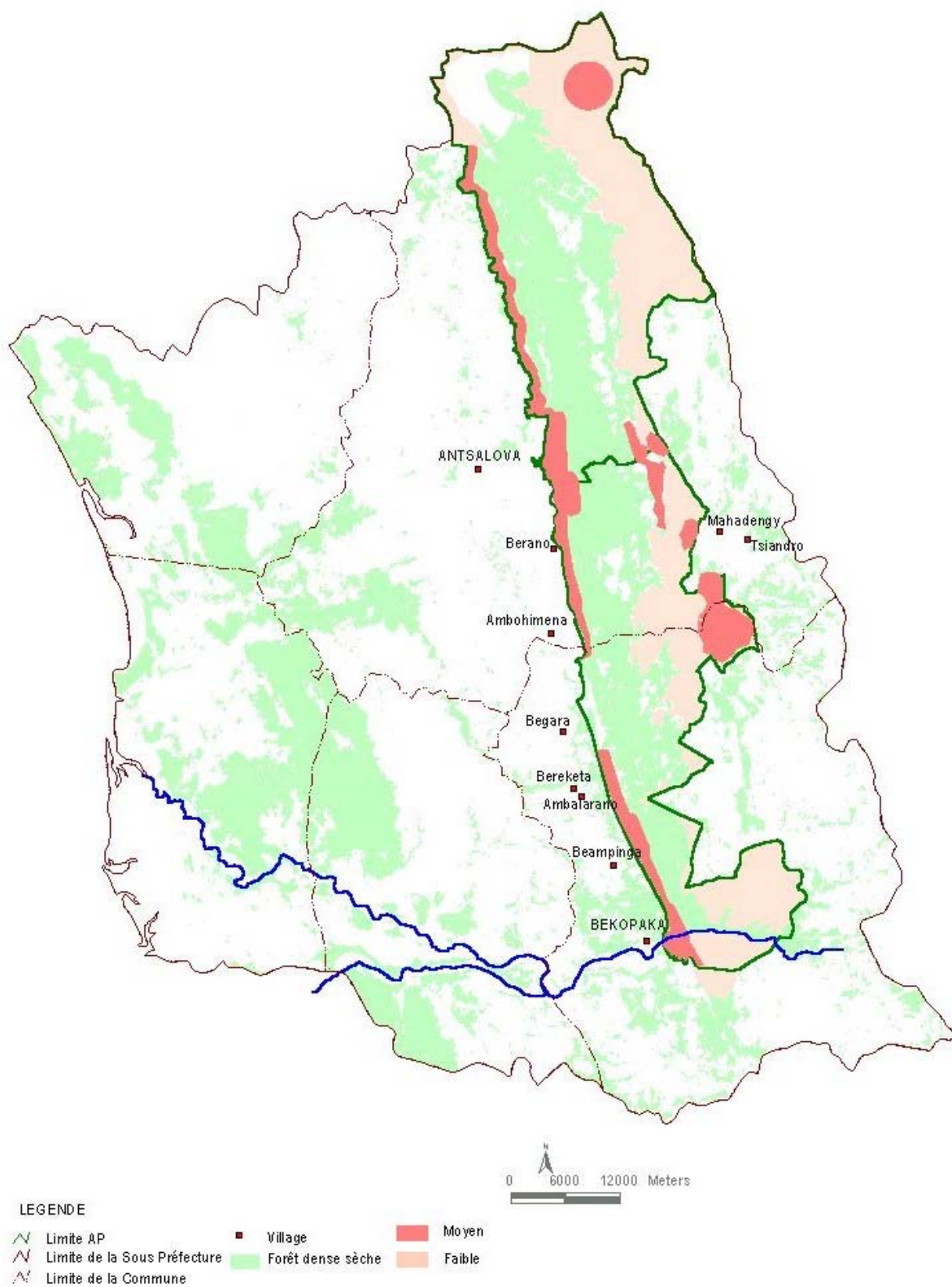
Annexe 10 : Zonage du CAPTB

(Source : Programme Bemaraha 2003)



Annexe 11 : Les menaces dans le CAPTB

(Source : Programme Bemaraha 2003)



RAKOTOARIVELO Andrinajoro Rianarivola

Titre : SELECTION DES PROIES ET DES HABITATS EXPLOITES PAR CINQ ESPECES SYMPATRIQUES DE MICROCHIROPTERES DANS LA FORET SECHE CADUCIFOLIEE DU TSINGY DE BEMARAHA, MADAGASCAR

Pagination : 95 + viii

Tableaux : 18

Figures : 20

RESUME

Le Parc National Tsingy de Bemaraha est classé comme un « hot spot » parce qu'il détient l'une des plus riches diversités biologiques dans la forêt sèche caducifoliée de l'Ouest de Madagascar. En plus des importantes populations de lémuriens, de reptiles et de rongeurs, c'est un site d'importance majeure pour la conservation des microchiroptères. L'abondance des grottes fournit des gîtes appropriés et la forêt offre des sites de nourrissage. La présente étude a pour objectif général de compléter les données sur l'éco-biologie de cinq espèces de chiroptères de l'Antsingy. Les objectifs spécifiques sont de décrire le régime alimentaire de ces chiroptères, la disponibilité des insectes proies, les chevauchements des niches, la saisonnalité ainsi que la relation entre la composition alimentaire, les proies disponibles et les habitats fréquentés (clairière, forêt, lisière et zone ripicole). Deux études sur le terrain sur deux saisons différentes ont été menées en 2003, la première en juillet-août pendant la saison fraîche et sèche et la seconde en octobre-novembre au début de la saison des pluies. Le régime alimentaire a été évalué à partir de l'analyse des échantillons de fèces collectés chez les microchiroptères capturés dans des filets japonais. Des insectes ont été collectés dans les mêmes habitats que les sites de captures, et pendant les mêmes périodes, en utilisant un piège lumineux et un piège malaise. L'analyse des fèces récoltées a permis de constater que les coléoptères et les lépidoptères sont les principaux composants de l'alimentation de la communauté étudiée. Ainsi, en fonction de la proportion des proies dans leur alimentation, *Hipposideros commersoni* peut être classé comme une espèce spécialiste des coléoptères, *Triaenops furculus* et *T. rufus* spécialistes de lépidoptères. *Myotis goudoti* et *Miniopterus manavi* sont des opportunistes qui s'alimentent d'une grande variété de proies. L'écologie d'alimentation de *Myotis goudoti* est différente de celle des autres microchiroptères en raison de la présence d'araignées dans son régime alimentaire, ce qui suggère que cette espèce glane ses proies sur les végétations (glaneur) ou en vol. L'évaluation de l'activité des chauves-souris à l'aide d'un détecteur ultrasonique a montré une plus grande activité d'alimentation à la lisière de la forêt. Les microchiroptères s'abritent dans des grottes, chassent dans la même partie de la forêt mais il y a une répartition des sources de nourritures par une spécialisation alimentaire. La seule exception est *H. commersoni* qui semble exploiter les lacunes dans la forêt pour chasser ses proies.

Mots-clés : *Hipposideros commersoni* ; *Triaenops rufus* ; *Triaenops furculus* ; *Myotis goudoti* ; *Manavi manavi* ; sélection de proie ; disponibilité des proies ; utilisation de l'habitat ; Tsingy de Bemaraha ; Madagascar.

Encadreur : - Madame RAMILIJAONA RAVOAHANGIMALALA Olga, Professeur Titulaire au Département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo ;

- Monsieur JENKINS Richard, Docteur et Directeur Exécutif de l'ONG Madagasikara

Voakajy (www.madagasikara-voakajy.org).

Adresse de l'auteur : Monsieur RAKOTOARIVELO Andrinajoro Rianarivola, Près Lot II U 57 K bis Andrainarivo