

## Sommaire

INTRODUCTION.....	I
I. MILIEU D'ETUDES.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
I.1.SITUATION GEOGRAPHIQUE .....	5
I.2. SITUATION SOCIO-ECONOMIQUE .....	5
I.3. CLIMAT. ....	6
I.4. FORMATION VEGETALE. ....	7
I.4.1. Forêt dense sèche.....	7
I.4.2. Forêts rupicoles. ....	7
I.4.3. Formations secondaires variées.....	8
I.5. FAUNES DES VERTEBRES A MORONDAVA.....	8
I.5.1. Primates. ....	8
I.5.2. Mammifères autres que les primates. ....	8
I.5.3. Oiseaux.....	9
I.5.4. Reptiles.....	9
I.5.5. Amphibiens.....	9
I.5.6. Poissons d'eau douce.....	9
I.6. FAUNES DES INVERTEBRES.....	10
II. MATERIELS ETUDES. ....	11
II.1. <i>CEIBA PENTANDRA</i> .....	11
II.1.1. Systématique. ....	11
II.1.2. Origine, distribution et utilisation. ....	11
II.1.3. Fleurs et inflorescences. ....	12
a. Floraison. ....	12
b. Fleurs et Inflorescences. ....	12
II.2. <i>PTEROPOUS RUFUS</i> .....	13
II.2.1. Systématique et description. ....	I
II.2.2. Distribution et statut. ....	14
II.2.3. Mode de vie. ....	14
II.3. <i>EIDOLON DUPREANUM</i> .....	16
II.3.1. Systématique et description. ....	16
II.3.2. Distribution et statut. ....	16
II.3.3. Mode de vie. ....	17
III. METHODOLOGIE. ....	18
III.1. CALENDRIER DE TRAVAIL.....	18
III.2. REPERAGE DES GITES ET COMPTAGE DE MEGACHIROPTERES A MORONDAVA.....	18
III.3. ETUDE DE <i>Ceiba pentandra</i> . ....	18
III.3.1. Etude de l'apparition de fleurs. ....	18
a. Apparition des fleurs sur l'arbre.....	18

b. Mode d'apparition des fleurs sur l'inflorescence. ....	19
c. Moment d'ouverture des fleurs. ....	19
<b>III.3.2. Etude de la production de nectar. ....</b>	<b>19</b>
a. Etude quantitative: variation de quantité. ....	20
b. Etude qualitative: variation de concentration. ....	20
<b>III.4. METHODES D'OBSERVATIONS DIRECTE DES VISITEURS. ....</b>	<b>21</b>
<b>    III.4.1. Observation des visiteurs nocturnes. ....</b>	<b>21</b>
a. Observations et comptages. ....	21
b. Capture des Megachiroptères. ....	21
<b>    III.4.2. Observations des visiteurs diurnes. ....</b>	<b>22</b>
a. Observations et comptages. ....	22
b. Captures. ....	23
<b>III.5. METHODE D'EXCLUSION DES VISITEURS. ....</b>	<b>24</b>
<b>    III.5.1. Objectif et principe de la méthode. ....</b>	<b>24</b>
a. Sacs d'exclusion. ....	24
b. Témoins. ....	24
<b>    III.5.2. Types de sacs. ....</b>	<b>25</b>
a. Sac d'exclusion totale. ....	25
b. Sac d'exclusion des Vertébrés. ....	26
c. Sac d'exclusion de tous les visiteurs diurnes. ....	I
<b>III.6. METHODE STATISTIQUE UTILISEE. ....</b>	<b>28</b>
<b>    III.6.1. Analyses de variance. ANOVA ....</b>	<b>28</b>
a. Objectif. ....	28
b. Procédure à suivre. ....	28
c. Comparaison de variance des analyses de variance. ....	30
d. Test de Tukey ....	30
<b>    III.6.2. Mesure de corrélation. ....</b>	<b>30</b>
a. Signification de la corrélation. ....	30
b. Investigation de la corrélation. ....	31
<b>IV. RESULTATS ET INTERPRETATIONS. ....</b>	<b>32</b>
<b>    IV.1. GITES DE <i>PTEROPOUS RUFUS</i> A MORONDAVA. ....</b>	<b>32</b>
<b>    IV.2. <i>CEIBA PENTANDRA</i> (KAPOKIER). ....</b>	<b>33</b>
<b>        IV.2.1. Fleurs. ....</b>	<b>33</b>
a. Etude de la fleur. ....	33
b. Etude de l'inflorescence. ....	34
c. Résultat sur le mode d'apparition des fleurs sur l'arbre. ....	35
d. Ouverture des fleurs. ....	35
<b>        IV.2.2. Production de nectar. ....</b>	<b>36</b>
a. Production quantitative du nectar : production totale et production disponible. ....	36
b. Production qualitative du nectar. ....	37

IV.3. VISITEURS ET LEURS COMPORTEMENTS.....	38
<b>IV.3.1. Visiteurs nocturnes.</b> .....	<b>38</b>
a. Comportements et Visites des Megachiroptères.....	38
b. Proportion de visites de <i>P. rufus</i> sur le kapokier .....	40
c. Moyennes de durée des visites de Megachiroptères par inflorescence.	41
d. Insectes Nocturnes.....	42
e. Corrélation entre espèces nocturnes et quantité du nectar disponible. ..	43
f. Corrélation entre concentration du glucose et nombre de visite des Megachiroptères. .....	44
<b>IV.3.2. Recensement et observation des visiteurs diurnes.</b> .....	<b>45</b>
a. Oiseaux .....	45
b. Insectes visiteurs de fleurs de kapokier. .....	48
c. Relation entre espèces diurnes et production de nectar disponible. ....	50
IV.4. RESULTAT DES SACS D'EXCLUSION.....	50
<b>IV.4.1. Avec le test analyse de variance (ANOVA).</b> .....	<b>50</b>
<b>IV.4.2. Avec le test de Tukey.</b> .....	<b>52</b>
a. Moyennes qui ont des différences significatives .....	52
b. Moyennes qui n'ont pas de différence significative.....	52
 V. DISCUSSION. .....	54
V.1. <i>CEIBA PENTANDRA</i> . .....	54
<b>V.1.1 Phénologie de la floraison.</b> .....	<b>54</b>
<b>V.1.2 Caractères de la plante qui attirent les chauves-souris.</b> .....	<b>55</b>
<b>V.1.3. Sélection : facteurs défavorables a la fécondation.</b> .....	<b>56</b>
V.2. LES MEGACHIROPTERES. .....	56
<b>V.2.1 Adaptation morphologique des Megachiroptères.</b> .....	<b>56</b>
<b>V.2.2 Compétitions et pics d'activité des Megachiroptères.</b> .....	<b>57</b>
V.3. CORRELATION ENTRE VISITEURS ET PRODUCTION DE NECTAR.....	57
<b>V.3.1.Corrélation entre les visites des Megachiroptères et la quantité du nectar disponible.....</b>	<b>57</b>
<b>V.3.2. Corrélation entre les visites des Megachiroptères et la concentration du nectar.</b> .....	<b>58</b>
V.4. DISPONIBILITE DU NECTAR PAR RAPPORT AUX POPULATIONS DE MEGACHIROPTERES COMPTEES SUR LE GITE. .....	58
V.5. POLLINISATEURS ET POLLINISATION.....	59
 CONCLUSION .....	61
BIBLIOGRAPHIE. ....	Erreur ! Signet non défini.
ANNEXE.....	66

## Liste des tableaux.

Tableau 1: Températures et Précipitations Années 1999 et 2000, C. F. P. F. Kirindy.....	6
Tableau 2: Valeurs de la corrélation et leurs significations.....	31
Tableau 3: Gîtes de <i>P. rufus</i> recensés à Morondava (avril 2000).....	32
Tableau 4: Nombre des fleurs apparues chaque jour sur 5 inflorescences étudiées.....	34
Tableau 5: Nombres de boutons floraux par inflorescence à la périphérie (25 inflorescences) et à l'intérieur (25 inflorescences) du kapokier .....	35
Tableau 6: Variation des quantités disponibles et production totale du nectar. ....	I
Tableau 7: Variation des concentrations de glucose du nectar par heure.....	37
Tableau 8: Moyennes des nombres de visites de <i>Pteropus rufus</i> et d' <i>Eidolon dupreanum</i> sur un pied de kapokier par heure.....	39
Tableau 9: Visite de <i>P. rufus</i> sur les 3 strates de l'arbre (2-30 juillet 2000). (Annexe 6).....	40
Tableau 10: Durée moyenne et nombre avec les heures de visite par inflorescence et par heure de <i>Pteropus rufus</i> . .....	41
Tableau 11: Corrélations entre le volume du nectar disponible et visites de deux espèces de Megachiroptères ( <i>P. rufus</i> et <i>E. dupreanum</i> ). .....	43
Tableau 12: Corrélation entre concentration du glucose et nombre de visites des Megachiroptères. .....	44
Tableau 13: Durée de visite par inflorescence des Oiseaux.....	45
Tableau 14 : Effectifs par heure des Oiseaux visiteurs de fleurs de kapokier.....	45
Tableau 15: Classification des Insectes visiteurs diurnes de fleurs de kapokier.....	49
Tableau 16: Résultats des expériences d'exclusion.....	50
Tableau 17: Analyse (ANOVA) des fruits de trois types d'exclusion et du témoin .....	51
Tableau 18: Sommaire de l'ANOVA.....	51
Tableau 19: Comparaison entre les moyennes des exclusions et du témoin.....	52

## Liste des figures.

Figure 1: Site d'études.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 2: Points d'études.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 3: Courbes normales de Gaussen (C.F.P.F. Kirindy, Morondava, 2000). .....	I
Figure 4: Fleurs et inflorescence de <i>C. pentandra</i> . <i>Source : Dr Mackinnon</i> .....	12
Figure 5: <i>Pteropus rufus</i> mâle adulte( <i>Photo : Razakarivony</i> ;2000 échelle = 1/2).....	15
Figure 6: <i>Eidolon dupreanum</i> . (mâle adulte) ( <i>Source : Dr Mackinnon</i> , échelle =1/2) .....	17
Figure 7: Filet du type traditionnel pour les captures.....	22
Figure 8: Division schématique d'un kapokier en 3 strates fleuries.....	23
Figure 9: Schéma de pose de sac d'exclusion sur une inflorescence, cas d'exclusion totale.....	25
Figure 10: Schéma de pose de sac d'exclusion sur une inflorescence, pour exclure les Oiseaux et Megachiroptères. .....	26
Figure 11: Exclusion des visiteurs diurnes, a : sac fermé ; b : sac ouvert. ....	27
Figure 12: Fleurs et boutons de <i>Ceiba pentandra</i> à différents stades de leur apparition. ....	33
Figure 13: Variation de nombre de fleurs par inflorescence : moyennes et erreurs standards.....	34
Figure 14: Productions totale et disponible du nectar (Morafeno et Beroboka sud : 04, 20, 25 juillet 2000) : moyennes et erreurs standards. ....	36
Figure 15: Variation de concentration du nectar en glucose durant la nuit : moyennes et erreurs standards. ....	38
Figure 16: <i>Pteropus</i> visitant une inflorescence. ....	39
Figure 17: Histogrammes de visites de <i>Pteropus rufus</i> et <i>Eidolon dupreanum</i> : moyennes et erreurs standards. ....	40
Figure 18: Moyennes de durée de visites (6 échantillons par heure) par inflorescence et nombre de visites par pied par heure pour <i>P. rufus</i> : Moyennes et erreurs standards. ....	41
Figure 19: Effectif de chaque espèce d'Oiseaux : moyennes et erreurs standards.....	46
Figure 20: <i>Hypsipetes madagascariensis</i> suçant le nectar de <i>Ceiba pentandra</i> . ....	47
Figure 21: <i>Nectarinia notata</i> suçant le nectar de <i>Ceiba pentandra</i> .....	48
Figure 22: Effectif par heure de <i>Apis mellifera</i> sur le kapokier en floraison : moyennes et erreurs standards. ....	49

## INTRODUCTION

Les grandes chauves-souris recensées à Madagascar jusqu'à maintenant sont au nombre de trois. Elles sont toutes endémiques (Peterson *et al.* 1995). Il s'agit de *Pteropus rufus*; *Eidolon dupreanum* et *Rousettus madagascariensis*. Elles n'ont pas été beaucoup étudiées à Madagascar et leur taxinomie est perplexe. Des chercheurs comme Peterson *et al.* (1995) ont effectué des études approfondies de *Pteropus rufus*. Schlegel en 1867, quant à lui, a étudié *Eidolon dupreanum*, ces études sont fondées uniquement sur des critères morphologiques.

D'autres travaux de recherches sur les Megachiroptères malgaches ont été menés. Ces travaux mettent en évidence l'importance des différentes espèces sur le maintien de l'équilibre de leurs populations dans l'écosystème. A titre d'exemples, Raheriarisena (2000) a étudié la biologie, l'écologie et le rôle de la colonie de *Pteropus rufus* dans le maintien et la régénération forestière dans la réserve privée de Berenty ; Ratrimomanarivo (2003) a effectué une étude sur le régime alimentaire de *Eidolon dupreanum* sur les Hautes-Terres centrales malgaches et son rôle potentiel sur la régénération de l'écosystème. Ratrimomanarivo a trouvé que 20 familles des plantes des taxons polliniques sont rencontrées dans les échantillons de crottes de *Eidolon dupreanum*.

Cependant, une grande partie de ces études reste à approfondir, notamment en ce qui concerne la taxinomie des Megachiroptères malgaches et leur importance sur l'écosystème.

Ainsi, nous menons dans ce travail une étude sur le rôle des chauves-souris en tant que pollinisateurs de *Ceiba pentandra* (Malvaceae, kapokier) dans les écosystèmes malgaches.

A Morondava, les Megachiroptères sur les kapokiers en floraison se nourrissent spécialement de nectar en saison sèche. Sur ces arbres, ils sont chassés par les paysans qui ignorent les rôles des chauves-souris dans la pérennité de la plante. A cet effet, ces animaux constituent une source de revenue saisonnière plus importante pour les paysans par rapport à la vente des fruits de kapokier ou la bourse.

Concernant les études sur le rôle des Megachiroptères dans la pollinisation de *Ceiba pentandra* ou des autres espèces, notons que Baker et Harris (1959) ont effectué au Ghana l'étude sur la pollinisation de *Ceiba pentandra* et d'une autre plante du genre *Parkia* par les Megachiroptères (Pteropodidae : *Nanonicteris veldcampi*, *Epomophorus gambiens* et *Eidolon helvum*). Gribel *et al.* en 1998 ont mené leur recherche sur la phénologie de la floraison et la biologie de la pollinisation de *Ceiba pentandra* en Amazonie Centrale, Au Ghana, la chauve-souris *Epomophorus* (Pteropodidae, Epomophorine) suce le nectar d'une fleur de *Parkia* (Malvaceae) dans une position stationnaire en quelques secondes (Allen. 1940). Mais quand cette espèce est sur le kapokier, elle se met sur la branche et se déplace en utilisant ses griffes pour sucer le nectar. Baker et Harris (1959) au Ghana ont vu que *Eidolon* perd beaucoup plus de temps sur *Ceiba pentandra* que sur *Adansonia digitata* (Bombacaceae). De même, *Epomophorus* et

*Nanonycteris* (Pteropodidae) sont des visiteurs importants de *Parkia* et ne passent sur le kapokier que très rarement. Ainsi les comportements des chauves-souris peuvent être différents, alors, la présente recherche consiste à étudier les comportements des chauves-souris visitant *Ceiba pentandra* (kapokier) dans le centre ouest de Madagascar.

Etant donné qu'il n'y a pas eu encore des études sur le mode de pollinisation du kapokier à Madagascar, l'objet de ce travail consiste à rechercher quelles sont les caractéristiques spécifiques des kapokiers pour être pollinisés par les chauves-souris, nous chercherons à savoir :

1. quels sont les vrais agents de pollinisation parmi tous les animaux qui viennent visiter les fleurs de *Ceiba pentandra*.

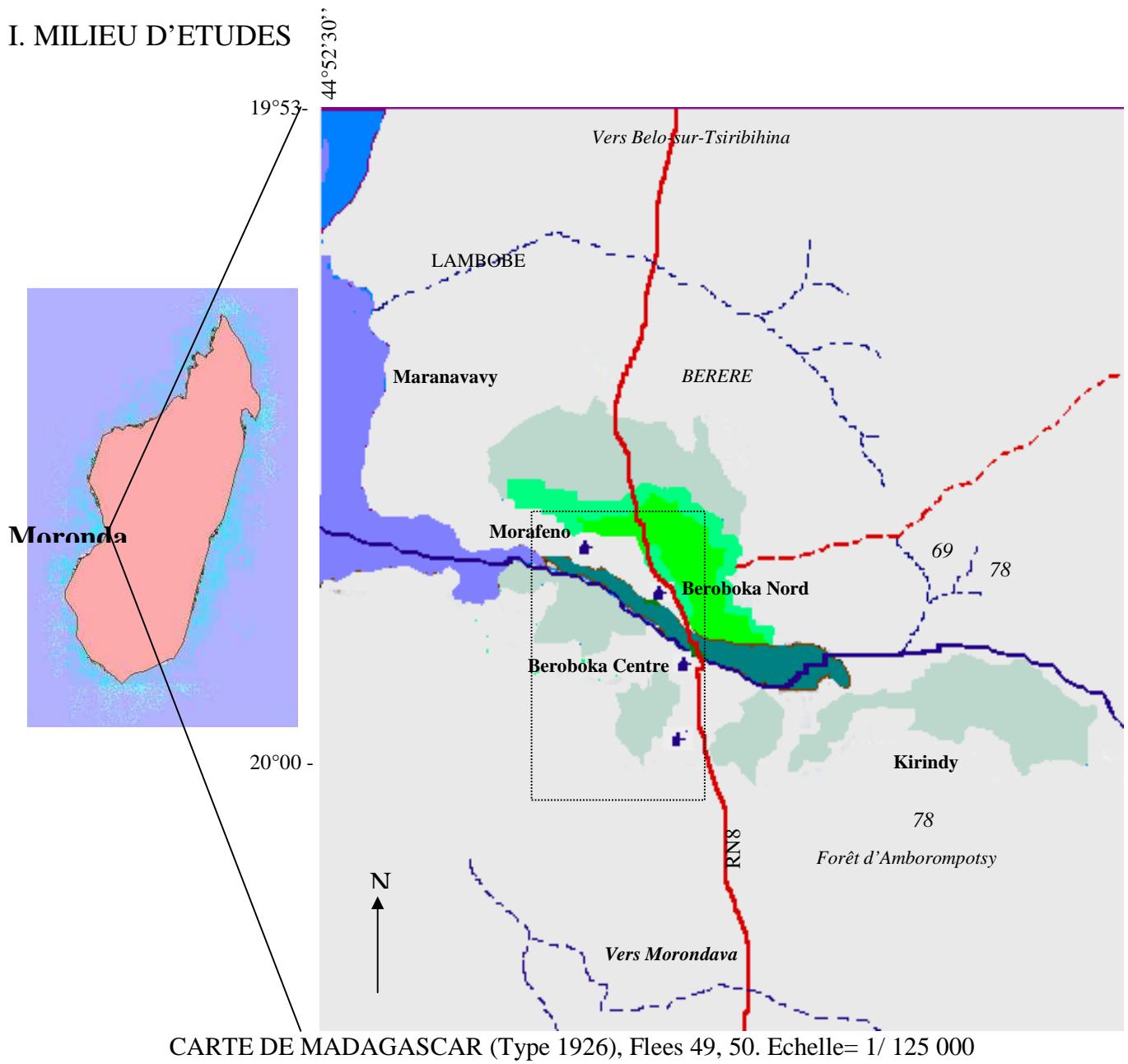
2. ces vrais agents constituent-ils l'acteur de pollinisation pour la pérennisation de la plante.

Il s'agit donc ici, d'étudier les animaux qui visitent le kapokier et plus particulièrement les Megachiroptères. Cette étude sera basée sur l'observation des espèces visiteuses de kapokiers, les caractéristiques de la plante en question et les expériences d'exclusion permettant de reconnaître les groupes des visiteurs de fleurs (Insectes, Oiseaux et Megachiroptères) responsables de la formation des fruits.

Ce travail sera divisé en cinq parties : le milieu d'études, les matériels étudiés, la méthodologie, les résultats et interprétations, et la discussion.

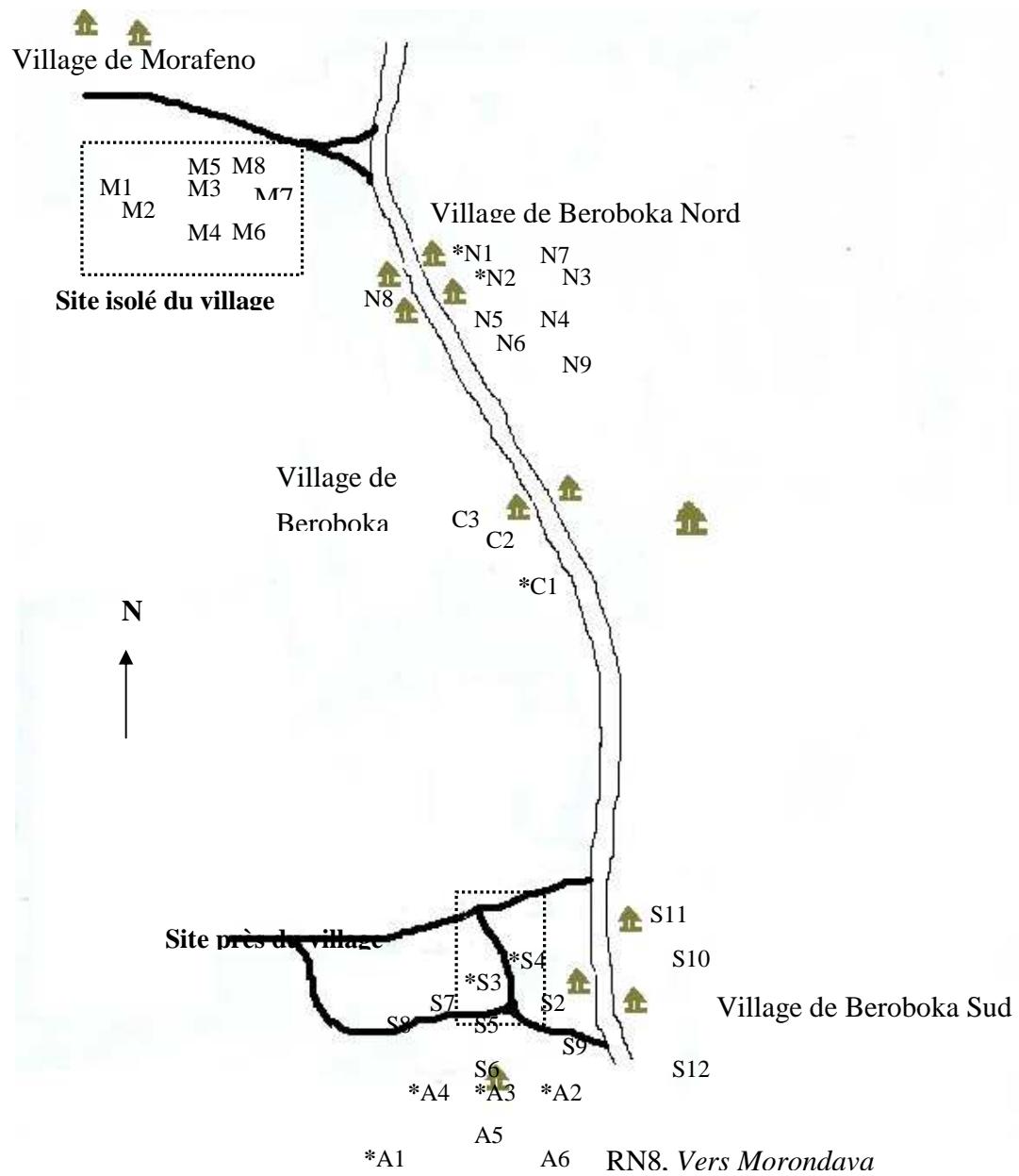
**Rapport**

## I. MILIEU D'ETUDES



69; 78	:Points géodésiques		:Site d'études : site à kapokiers
	:Concession de sisal		:Route praticable pendant toute l'année (RN8)
	:Brousse		:Route saisonnière
	:Forêt		:Rivière permanente
	:Marécage		:Rivière saisonnière
	:Rizière		:Village

Figure 1 : Site d'études.



Carte élaborée par Radosoa ANDRIANAIVOARIVELO, tracée à l'aide de GPS (*Global Position System*)

C1 à C3 : Pieds de kapokier à Beroboka centre

S1 à S12 : Pieds de kapokier à Beroboka sud

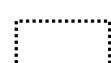
A1 à A6 : pieds de kapokier au sud de Beroboka

M1 à M8 : pieds de kapokier à Morafeno

N1 à N9 : Pieds de kapokier à Beroboka nord

M1 et M8 : Pieds observés à Morafeno

\*N, \*C, \*A, \*S : Pieds utilisés pour les expériences d'exclusions



: Sites d'observation des visiteurs



: Route nationale 8



: Villages



: Chemins

**Figure 2 : Points d'études**

## I.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

La présente étude a été effectuée dans la région de Morondava, Commune de Beroboka, villages de Beroboka Nord, Beroboka Sud, Beroboka Centre et Morafeno, encadrée par les coordonnées géographiques suivantes  $19^{\circ} 76,300' \text{ Sud}$  ;  $19^{\circ} 95,670' \text{ Sud}$  et  $044^{\circ} 33,250' \text{ Est}$  ;  $044^{\circ} 36,160' \text{ Est}$ . L'altitude varie de 25 à 40 mètres (Figure 1). Beroboka se trouve sur la route RN 8 reliant Morondava et Belo-sur-Tsiribihina. Il est situé à 55 km vers le Nord-Est et à 17km au Nord-Ouest du Centre de Formation Professionnelle Forestière de Kirindy (CFPF).

Le gîte le plus proche de *Pteropus rufus* de cette Commune se situe à Andranomainty Betamboro Commune de Tsoratana ( $19^{\circ} 44' 26'' \text{ Sud}$ ,  $44^{\circ} 50' 44'' \text{ Est}$ ) soit à 36,1km de Morafeno et à 36,5 km de Beroboka Sud (sites d'étude) à vol d'oiseau.

## I.2. SITUATION SOCIO-ECONOMIQUE

Les paysans de Beroboka ont commencé à cultiver le kapokier à l'époque coloniale. Le kapokier est une plante introduite et originaire d'Amérique du sud (Marche et Marchad, 1965). Les bourres ou kapoks de ces plantes servent à rembourrer le matelas et constituent une source de revenue saisonnière importante à l'époque. Le kapokier en floraison constitue en outre un moyen efficace pour la chasse au *Pteropus rufus* visiteur de fleurs.

Actuellement, la chasse au *Pteropus rufus* reste traditionnelle. Les chasseurs utilisent un filet et quelquefois le fruit de « farehitsy » (*Ucarina stellulifera* F : PEDALIACEAE). Ils utilisent comme piège la grappe de ces fruits épineux. Une grappe est constituée de 3 ou 4 fruits. A l'aide d'un long perche, on l'installe parmi les inflorescences du kapokier pendant le jour. Cette grappe se fixe alors solidement sur les patagiums de *Pteropus rufus* ou de *Eidolon dupreanum* (F. Pteropodidae, SS. O. Megachiroptera) et l'animal tombe facilement par terre pour être recueilli par le chasseur.

Les paysans pratiquent la riziculture traditionnelle, la culture d'arachide, de canne à sucre et quelquefois de manioc. Quelques familles résidentes à Beroboka vivent exclusivement de la chasse au *Tenrec ecaudatus* (Tenrecidae, Insectivores), au *Pteropus rufus* et au *Potamochoerus larvatus* (F. Suidae, O. Artiodactyles).

Les kapokiers poussent près du village et dans les terrains de culture. On a recensé au moins 30 pieds de kapokiers à Beroboka (Cf figure 2). La densité moyenne des kapokiers dans tout le village est à peu près 15 par  $\text{km}^2$ . La plupart des paysans témoignent l'importance du kapokier sur la chasse au *Pteropus rufus*. Quelques chasseurs de Beroboka ont expliqué que les individus de *Pteropus rufus* capturés sur un pied fournissent de bénéfices beaucoup plus importants que les kapoks cueillis sur la même plante. Durant la floraison d'un pied, le chasseur capture en moyen 80 individus de *Pteropus*. Ces individus valent 400 000fmg (5 000fmg par individu en 2000, observation personnelle). Un pied de kapokier donne en moyenne 12 sacs de bourse de kapok par

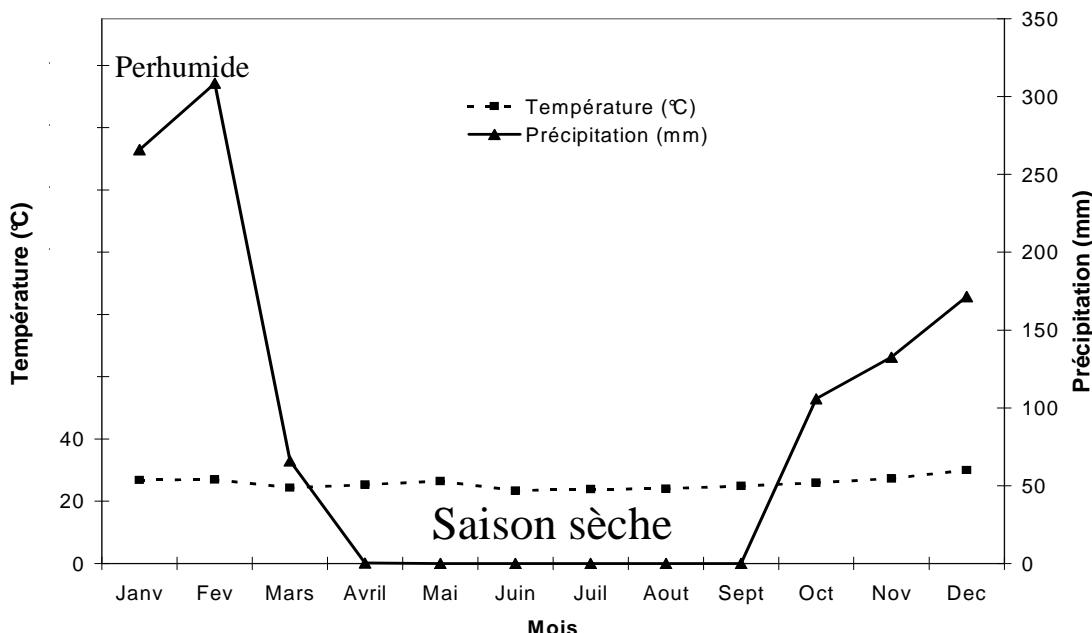
saison dont un sac est 8 000fmg, c'est-à-dire le pied en entier fournit un revenu annuel de 90000fmg. De ce fait, les individus de *P. rufus* capturés sur le pied sont 4 à 5 fois plus bénéfique que les fruits cueillis sur ce même pied.

### I.3. CLIMAT

Les données météorologiques (2000) présentées ci-après ont été prélevées par les chercheurs du C.F.P.F. Kirindy (Centre de Formation Professionnelle Forestière Kirindy). Ce centre est à 17km au sud du site d'étude.

**Tableau 1: Températures et Précipitations (Années 1999 et 2000, C. F. P. F. Kirindy)**

Températures (°C)													
Moyennes	Années	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Minimales	1999	23,2	23,3	23,2	22,4	22,2	20,2	19	19,5	20,1	20,5	22,3	25
Maximales	1999	30,9	31,3	21,4	31,3	31,4	29,5	28,6	28,2	29,6	30,9	31,9	35,6
Minimales	2000	23	22,8	22,8	22,3	22,3	20,5	19,5	19,2	20,1	21,2	22,8	23
Maximales	2000	30,1	30,6	30,1	30,6	30,1	28,9	28,3	29,1	29,8	31	32,3	36,4
Moyennes		26,8	27	24,4	26,7	26,5	24,78	23,9	24	24,9	25,9	27,3	30
Précipitations (mm)													
	1999	227	347	24,9	0,5	0	0	0	0,01	0	9,3	152	184
	2000	305	270	107	0,25	0	0	0	0	0	202	113	159
Moyennes		266	309	66	0,38	0	0	0	0,01	0	106	133	172



**Figure 1: Courbes normales de Gaussen (C.F.P.F. Kirindy, Morondava, 2000)**

Les températures maximale et minimale sont respectivement de 36,4°C et de 20,5°C (1999-2000). Le climat présente six mois secs (avril- septembre) avec une saison très marquée par l'absence de pluie du mois de mai au mois de septembre (Figure 3). La précipitation maximale est enregistrée aux mois de février et de janvier.

## **I.4. FORMATION VEGETALE**

La composition floristique d'une forêt dense sèche dans la région de Morondava recèle plus de 200 espèces ligneuses. Malgré cette richesse en espèce, le volume exploitable par hectare n'est pas très important en raison du faible nombre de troncs atteignant un diamètre suffisant à maturité (Rakotonirina, 1996).

### **▪ I.4.1. Forêt dense sèche**

Elle présente de nombreuses variantes en fonction des conditions édaphiques, en effet, il y a donc trois types de forêts selon la nature du sol (Faramalala, 1988):

- Forêt sur sols arénacés
- Forêts sur sols argileux
- Forêts sur sols alluvionnaires

Ce sont toutes des forêts caducifoliées, stratifiées avec 3 strates (Rakotonirina, 1996, Faramalala, 1988), à savoir :

- la strate supérieure de hauteur variable, constituée surtout par des Légumineuses (*Dalbergia spp*, *Tamarindus sp*, Fabaceae), des Anacardiaceae (*Protorhus*), des Burseraceae (*Commiphora*, *Canarium madagascariensis*) ;
- la strate arbustive formée par les espèces sempervirentes et caducifoliées de nombreuses familles : Euphorbiaceae (*Croton*), Tiliaceae (*Grevia*), Sterculiaceae ;
- la strate herbacée qui est discontinue et saisonnière.

La forêt est riche en lianes, les formes d'adaptation à la sécheresse sont nombreuses. Il y a l'aphylie, la crassulescence des tiges ou des feuilles, la pachycaulie chez certaines espèces arborescentes (*Adansonia*, *Commiphora*) ou lianescentes (*Adenia*, Passifloraceae), (Faramalala, 1988).

### **▪ I.4.2. Forêts rupicoles**

Elles couvrent les sols les plus frais de l'Ouest, dans les plaines alluviales, ou au bord des cours d'eau. Elles sont parfois réduites à un mince rideau d'arbres de largeur variable. Les sols sont périodiquement inondés, parfois marécageux. Ce sont les formations les plus sempervirentes de l'Ouest (vers la limite ouest de Beroboka). Elles sont marquées par la présence constante d'un certain nombre d'espèces comme, *Adina microcephala* (Rubiaceae), *Fucus coccifolia*

(Moraceae), ou *Eugenia sakalavarum* (Myrtaceae). Actuellement, de nombreuses plantes introduites s'ajoutent à cette liste, comme *Manguifera indica* (Anacardiaceae) et *Albizya lebbeck* (Fabaceae, SSF. Leguminosae). On y trouve également, malgré l'humidité du milieu, des espèces à feuilles caduques comme *Terminalia sp.* (Combretaceae), *Tamarindus indica* (Légumineuses) (Faramalala, 1988).

#### ▪ **I.4.3. Formations secondaires variées**

Elles sont formées par :

- des lambeaux forestiers climatiques éparpillés (Faramalala, 1988) ;
- savanes boisées ayant l'apparence de forêts dégradées ou de fourrés : Savanes à *Ziziphus spinochristi*, savane à *Ziziphus mauritiana* (Fabaceae) et à *Cryptocarya* (Lauraceae) (Faramalala, 1988).

*Ceiba pentandra* (F. Malvaceae) se trouve surtout dans la formation dégradée, dans les villages abandonnés ou peuplés.

### **I.5. FAUNES DES VERTEBRES A MORONDAVA**

#### ▪ **I.5.1. Primates**

Les forêts de Kirindy et d'Andranomena abritent une très riche communauté de lémuriens, dans le centre Ouest de Madagascar. D'après Russell *et al.* en 1994, on y trouve des :

- Cheirogalidae : *Microcebus murinus* (tsidy, tsiditsidy, telitelivahy), *Mirza coquereli* (tanta), *Cheirogale medius* *Phaner furcifer pallescens* (kelibehoho) ;
- Lepilemuridae : *Lepilemur ruficaudatus* (boenga) ;
- Lemuridae : *Eulemur fulvus rufus* (gidro, varika) ;
- Indriidae : *Propithecus verreauxi verreauxi* (sifaka).

#### ▪ **I.5.2. Mammifères autres que les primates**

Trois espèces de Carnivores existent à Kirindy (C. F. P. F.) (Albignac, 1987), ce sont les Viverridae : *Mungotictis decemlineata* (bokiboky), *Viverricula indica* (jaboady) et *Cryptoprocta ferox* (fosa). (Rasolonandrasana, 1994, Rasoloarison *et al.* 1995) ;

Les Rongeurs sont constitués par 3 espèces, tous endémiques : *Macrotarsomys bastardi*, *Eliurus myoxinus*, *Hypogeomys antimena*. (Petter, 1972) ;

Les Insectivores sont : *Tenrec ecaudatus* (trandraka), *Microgale* (Ganzhorn et Sorg, 1996) ;

Les Megachiroptères sont : *Pteropus rufus* (Fanihy) et *Eidolon dupreanum* (Angavo) (Observation personnelle, 2000) ;

Les Microchiroptères (ramanavy) sont représentés par 4 familles:

- Molossidae : *Mops leucostigma* ; *Chaerephon leucogaster* (Projet LFR, 2003) ;

- Vespertilionidae : *Miniopterus manavi* ; *Myotis goudotii* (Projet LFR, 2003) ;
- Hipposideridae : *Triaenops rufus* ; *Triaenops furculus*, *Hipposideros commersoni* (Projet LFR, 2003) ;
- Emballonuridae : *Taphozous mauritianus* (Projet LFR, 2003) .

- ***I.5.3. Oiseaux***

L’Ouest de Madagascar sert d’habitat pour 38 espèces reconnues (Morris et Hawkins, 1998). Les espèces qui s’aventurent souvent dans les zones d’études sont *Porphyrio porphyrio* (akohondrano), *Milvus aegyptius* (papango), *Polyboroides radiatus*, *Coua cristata*, *Centropus toulou*, *Upupa marginata*, *Coracopsis vasa* (Koera), *Coracopsis nigra*, *Merops superciliosus* (kiririoka), *Hypsipetes madagascariensis* (tsakorovana), *Nectarinia notata* et *Nectarinia souimanga* (kisanga).

- ***I.5.4. Reptiles***

- Les Sauriens sont représentés par : Chamaeleonidae (8 espèces); Suncidae (4 espèces); Gerrhosauridae (2 espèces); Iguanidae (1 espèce) (Laurent J et Gottinger. 1991);
- Les Ophidiens sont: Typhlopidae (2 espèces); Boidae (2 espèces); Colubridae (avec 14 espèces) (Glaw et Vences, 1994).
- Les Chéloniens. sont représentés par: *Pyxis planicauda* (Bour, 1981).

- ***I.5.5. Amphibiens***

Sur le versant Ouest, on rencontre 12 espèces d’amphibiens (Rakotovao, 1994).

- ***I.5.6. Poissons d'eau douce***

La répartition et les espèces de poissons dans la région de l’Ouest ne sont que provisoires : *Paretroplus damii* ; *P. kienerii* ; *P. maculatus* ; *P. petiti* (Rakotovao, 1994).

## 1.6. FAUNES DES INVERTEBRES

La liste suivante montre les ordres appartenant à la classe d’Insectes les plus rencontrés avec les familles capturées dans la région de Morondava (Ranaivoson, 2000).

### Classe. INSECTES.

- O. Odonates. F. Libellulidae.
- O. Dictyoptères : F. Mantidae.
- O. Isoptères. Termitidae.
- O. Orthoptères : - SS. O. Caelifera : F. Acrididae.
  - SS. O. Ensifera : F. Gryllidae ; Tettigonidae ;
- O. Nevroptères : F Myrmelionidae.
- O. Lepidoptères : - SS. O. Rhopalocera (Cf. résultat . IV.3.2.b. P. 49).
  - SS. O. Heterocera : F. Sphingidae (espèce *Macroglossum aesalum* espèce visiteuse des fleurs de *Ceiba pentandra*) ;
  - Noctuidae.
- O. Diptères: - SS. O. Nematocera : F. Culicidae ; F. Cecidomyiidae ; Chironomidae ; Sciaridae ; Mycetophilidae ; Ceratopogonidae ; Psychodidae.
  - SS. O. Cyclorrhapha : F. Calliphoridae ; Chloropidae ; Carnidae ; Muscidae ; Phoridae ; Agromyzidae ; Phoridae ; Hippoboscidae ; Syrphidae.
  - SS. O. Brachycera : F Asilidae ; Tabanidae.
- O. Coleoptères : F. Carabidae ; Cebrionidae ; Tenebrionidae ; Scolytidae ; Cucujidae ; Curculionidae ; Elateridae ;
- O. Hyménoptères : F. Chrysidae; Formicidae ; Mymaridae ; Pompilidae ; Pteromalidae ; Sphecidae ; Vespidae ; Benthylidae ; Braconidae ; Ichneumonidae.
- O. Homoptères : F. Cicadellidae ; Cercopidae ; Cicadellidae ; Flatidae.
- O. Hétéroptères : F. Reduviidae.

## II. MATERIELS ETUDES

### II.1. *Ceiba pentandra*

#### ■ II.1.1. Systématique.

Selon Emberger, 1960

REGNE :	VEGETAL
EMBRANCHEMENT :	CORMOPHYTES
CLASSE :	ANGIOSPERMES
SOUS-CLASSE :	DILLENIIDAE
ORDRE :	MALVALES
FAMILLE :	BOMBACACEAE
Genre :	<i>Ceiba</i>
Espèce :	<i>pentandra</i> (Marche et Marchad, 1965).
Noms vernaculaires :	kapokier, fromager (français) Pamba (malgache), silk cotton tree (English).

#### ■ II.1.2. Origine, distribution et utilisation

Le kapokier est apparu au Crétacé. *Ceiba pentandra*, communément appelée kapokier ou fromager est originaire d'Amérique du sud. Il est répandu en Afrique tropicale. Il pousse spontanément dans les forêts secondaires. C'est un arbre immense atteignant 60m de hauteur. Le tronc est souvent épineux, surtout dans les formes jeunes. Il est garni à la base de larges contreforts. Le diamètre de la base du tronc est, en moyenne, de 85 cm (Marche et Marchad, 1965). Les aires de répartition à Madagascar sont à l'ouest et au Nord-ouest ; il est planté autour des villages (observation personnelle).

Les fruits ou capsules pendantes du kapokier s'ouvrent en 5 valves, laissant apparaître la bourre qui, enveloppe les graines, formée par les poils de l'endocarpe et constituant le kapok de Java très léger et difficilement mouillable (Marche et Marchad, 1965). Les graines contiennent de l'huile; moulues, elles entrent dans la composition de certains plats. Le tronc sert à la construction de pirogues, les contreforts sont utilisés pour la fabrication des portes des maisons d'habitation. La fibre du fruit est non tissable, mais sert à rembourrer les matelas (Marche et Marchad, 1965).

- **II.1.3. Fleurs et inflorescences**

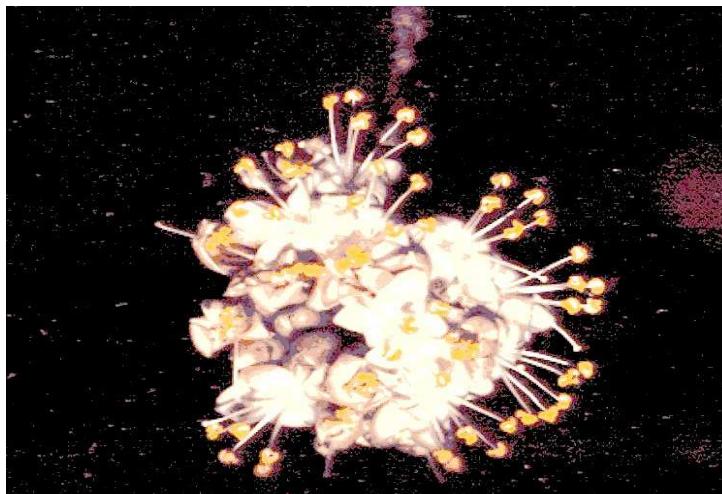
- a. Floraison.*

*Ceiba pentandra* fleurit normalement chaque année, (Juin- juillet à Madagascar). L'arbre laisse tomber ses feuilles en même temps que les boutons floraux se forment. D'après Baker et Harris en 1957, il n'y a aucune relation entre le climat et la perte de feuilles. Les moments de floraison de différents pieds de kapokier ne se passent pas en même temps, il existe ceux dont les boutons sont en train de se former, tandis que les autres sont déjà en cours de floraison.

Le kapokier fleurit durant la saison sèche (Décembre-Janvier au Sénégal et Juin-Juillet à Madagascar). Ses fleurs blanches apparaissent sur les branches complètement dépouillées.

- b. Fleurs et inflorescences.*

Les fleurs de *Ceiba pentandra* sont issues d'un grand groupe de bourgeons qui se développent sur les axes des feuilles. Par conséquent, la majorité des fleurs est produite à la périphérie du feuillage du kapokier. Chaque fleur est apparue sur un pédicelle de 8cm de longueur . Le pédicelle est surmonté d'un calice tubulaire avec 5 sépales. Le calice couvre l'ovaire et persiste après la chute de la corolle, des étamines et du style qui se fanent. Les pétales cohérents sont au nombre de 5 (Baker et Harris, 1959). La fleur montre une coloration marron sur sa face externe, la surface interne est blanche brillante. La fleur est courte ou plutôt large que longue ; son diamètre varie de 4 à 5cm (Baker et Harris, 1959).



(Photo : par Dr James Mackinnon, taille normale)

**Figure 2: Fleurs et inflorescence de *C. pentandra***

Chaque fleur contient cinq étamines qui sont soutenues par le réceptacle floral. Le stigmate est blanc et succulent. Quand la fleur s'ouvre, elle est bien tendue et se redresse avec l'anthère extorso. *Ceiba pentandra* est une espèce monoïque. Les grains de pollen sont difficilement transportés par le vent. Les organes mâles et femelles sont mûrs en même temps. L'ovaire

présente cinq lobes, le style est terminé par un stigmate concave et est à 2 cm au-dessus de l'ovaire. Le stigmate peut se placer entre les anthères. Dans ce cas, l'autopollinisation est tout à fait probable. Cependant, il est possible que la position oblique du stigmate empêche tout contact avec les étamines. Pour ce dernier, la pollinisation croisée est obligatoire. Quelquefois le stigmate est en contact avec d'autres étamines de la fleur voisine conduisant successivement à la "geitonogamie" (Baker et Harris, 1959).

## **II.2. *Pteropus rufus***

### **■ II.2.1. Systématique et description**

REGNE:	ANIMAL
EMBRANCHEMENT:	VERTEBRES
CLASSE:	MAMMIFERES
ORDRE:	CHIROPTERES
SOUS-ORDRE:	MEGACHIROPTERES
FAMILLE:	PTEROPODIDAE
SOUS-FAMILLE:	PTEROPODINAE
Genre:	<i>Pteropus</i>
Espèce:	<i>rufus</i> (Tiedman. 1808)
Nom vernaculaire :	flying fox (anglais), renard volant (français), fanihy (malagasy).

*Pteropus rufus* présente l'espèce la plus grande en taille parmi les Megachiroptères de Madagascar. Elle est aussi l'une des plus grandes chauve-souris du monde (Tiedman, 1808). Il existe environ 59 espèces connues de *Pteropus* dans le monde. *Pteropus rufus* appartient au groupe des « rufus » (Nowak, 1994). La longueur totale du museau à la queue est habituellement de 23,5 à 27 cm avec un avant bras de 15,5 à 17,5 cm, une envergure de 100 à 125 cm et un poids de 500 à 750 grammes (Brink et Barruel, 1967).

*Pteropus rufus* présente la formule dentaire spécifique au régime alimentaire frugivore : Formule Dentaire = 2/2 1/1 3/3 2/3 (Ronald, 1991).

La base du corps est brune, avec le dos et la région anale noire. Les joues et les épaules sont dorées. La face, le cou et la poitrine sont jaunâtres. Les yeux sont larges; les oreilles pointues, et le museau long et étroit. Le patagium est noir, les doigts N°1 et 2 sont munis de griffes (Nowak, 1994).

### ▪ **II.2.2. Distribution et statut**

*P. rufus* se trouve dans les forêts humides de l'Est, dans les forêts sèches du versant Ouest et quelquefois sur quelques aires de la région du Sud de Madagascar (Mackinnon et Hawkins, 2000). Les gîtes de plusieurs congénères se trouvent près des côtes et même sur les îles (Nowak, 1994).

Avant l'atelier « CAMP, 2001 » organisé par l'IUCN, l'espèce n'était pas mentionnée dans la liste rouge de l'IUCN. Par contre, après l'atelier, *P. rufus* est classée par l'IUCN parmi les espèces « Vulnérables ». Les menaces qui pèsent sur l'espèce sont : la chasse avec un taux d'exploitation élevé, la chasse de loisir. 60% des gîtes sont menacés et l'effectif de la population est en baisse (CAMP, 2001).

### ▪ **II.2.3. Mode de vie**

Durant le jour, *P. rufus* reste en grandes colonies. Des fois, on en dénombre jusqu'à un millier d'individus sur la cime des arbres de forêt primaire ou secondaire et occasionnellement des arbres des plantations. En cas de perturbation, elles volent autour de leur gîte. Beaucoup de gîtes sont localisés à 100km de la côte (Observation personnelle).

Si la température ambiante est élevée, elles bougent leurs membranes alaires à la manière de l'éventail pour réduire la température du corps. Au crépuscule, ces chauves-souris commencent à quitter le gîte et peuvent voler sur plusieurs kilomètres pour trouver des endroits où les arbres fruitiers sont plantés. Au cours de leurs déplacements, elles peuvent s'arrêter pour boire. Elles ne se déplacent pas par écholocation. Elle utilise plutôt sa vision (Nowak, 1994).

Le régime alimentaire de *P. rufus* est dominé par le jus des fruits obtenu par la pression des pulpes des fruits dans sa bouche. Elle aspire le jus et rejette les fibres de pulpes. Les pulpes molles sont avalées avec les graines. Elle mange beaucoup de variétés de fruits. Les Moraceae (*Ficus sp.*) sont les plus appréciés mais elle consomme aussi les fruits des plantes cultivées comme la papaye, le goyave. Pendant les saisons où les fruits deviennent plus rares, *Pteropus rufus* se nourrit également de pollens et de feuilles. Les compositions en acides aminés des pollens correspondent au besoin physiologique des chauve-souris (Howell, 1974). Quelques fleurs à savoir *Ceiba sp.* sont sucées pour obtenir le nectar et le pollen. *Pteropus rufus* est une importante agent de dispersion et de pollinisation des espèces de plantes des forêts malgaches. 118 espèces, 70 genres et 43 familles de plantes ont été recensés par Baum, 1995. Dans la forêt littorale de Sainte-Luce au Sud-Est de Madagascar (Fort-Dauphin), *P. rufus* joue un rôle important sur la dispersion des graines de 40 espèces endémiques malgaches (Bollen et Elsaker, 2002).

*Pteropus rufus* se met normalement dans une position renversée mais quand elle défèque ou urine, pour éviter de se souiller elle-même, elle se met en position « tête vers le haut ». Au cours

de la période d'accouplement, le mâle approche de la femelle en se déplaçant de branche en branche à l'aide de ses griffes et de ses dents. La naissance des jeunes a lieu au mois d'octobre (Baum, 1995b).



**Figure 3: *Pteropus rufus* mâle adulte( *Photo* : Par Razakarivony ; 2000 échelle = 1/2)**

## **II.3. *Eidolon dupreanum***

### **II.3.1. Systématique et description**

REGNE :	ANIMAL
EMBRANCHEMENT:	VERTEBRES
CLASSE:	MAMMIFERES
ORDRE:	CHIROPTERES
SOUS-ORDRE:	MEGACHIROPTERES
FAMILLE:	PTEROPODIDAE
SOUS-FAMILLES:	PTEROPODINAE
Genre:	<i>Eidolon</i>
Espèce:	<i>dupreanum</i> (Schlegel. 1867).
Nom vernaculaire:	Roussette (français), straw colored fruit bat (anglais), angavo (malagasy)

Le genre est représenté par deux espèces, l'espèce *E. dupreanum* est plus grande que sa cousine *Eidolon helvum* d'Afrique. *E. helvum* est la chauve-souris d'Afrique ayant une très large distribution géographique (Nowak, 1994).

Par mensuration, l'animal a la grandeur moyenne suivante. La longueur totale varie de 19 à 21,5cm, l'avant-bras 11,5 à 13cm, l'envergure de 75 à 95cm et le poids varie de 230 à 330 grammes (Schlegel, 1867). Le pelage est court et couvre la tête, le dos et le ventre. Le cou est légèrement long et est confondu avec le corps. Le front et l'arrière de la tête sont nus. La couleur de l'ensemble de la tête et du corps est gris-brun ; les ailes sont brun-noire. Un bandeau cannelé forme un collier autour du cou, ceci se distingue bien chez le mâle. En outre, du point de vue pelage et taille, le dimorphisme sexuel n'est pas manifeste (Schlegel, 1867).

### **■ II.3.2. Distribution et statut**

La zone géographique de distribution de *E. dupreanum* couvre toutes les régions de l'île. C'est la seule espèce de chauve-souris frugivore cavernicole occupant les Haute-Terres centrales de Madagascar (Mackinnon et Hawkins, 2000).

Avant l'atelier « CAMP. 2001 », l'espèce était non évaluée dans la liste rouge de l'IUCN et après l'atelier, *Eidolon dupreanum* est assignée par l'IUCN parmi les espèces « à données insuffisantes ». Les menaces qui pèsent sur l'espèce sont : la chasse et les incendies volontaires (CAMP, 2001).

### ■ **II.3.3. Mode de vie**

Cette espèce passe son temps sur les gîtes, dans les rochers, les anfractuosités des falaises, dans des caves ou dans un tronc de l'arbre. L'effectif de la colonie à Madagascar n'atteint pas souvent un nombre élevé. Sur leur perchoir, les individus s'agitent et font des bruits assourdissants. Ils perdent leurs temps à se déplacer d'un point à un autre (Pollen, 1867).

Au crépuscule, ils quittent leur perchoir et cherchent les arbres fruitiers. A ce moment là, ils forment une file longue. Le gîte se trouve toujours à une distance relative de 30km du lieu d'alimentation, c'est-à-dire que les chauves-souris peuvent se déplacer jusqu'à 30km de leur perchoir (Pollen, 1867). La nourriture est essentiellement constituée par le jus de fruits pressé de la pulpe , le nectar , la fleur même et les jeunes pousses. Le bout de la langue est filiforme et rugueux, ce qui l'aide à extraire le nectar accumulé au fond de la fleur.



**Figure 4: *Eidolon dupreanum*. (mâle adulte) (Photo : par Dr Mackinnon, échelle =1/2)**

Le développement embryonnaire dure 4 mois. La femelle met bas le mois de décembre au janvier. Le nouveau-né pèse environ 50 grammes. Pendant ce temps, les femelles nourricières peuvent se rassembler sur la garderie de la colonie (Pollen, 1867). *Eidolon dupreanum* peut vivre pendant plus de 20 ans (Nowak, 1994).

### **III. METHODOLOGIE**

#### **III.1. CALENDRIER DE TRAVAIL**

L'étude sur terrain a commencé le 16 avril et a pris fin le 31 août 2000.

**-Du 16 au 30 avril 2000 :** c'est la fin de la saison pluvieuse et le début de la saison sèche. Outre le repérage des gîtes de Megachiroptères à Morondava, on a mené des enquêtes auprès des paysans à propos de *Pteropus rufus* et d'*Eidolon dupreanum*. On a également entamé le choix des lieux favorables pour les études. Celui-ci était basé sur des enquêtes menées auprès des paysans pour savoir si les chauves-souris viendraient la nuit pour visiter les fleurs de kapokier.

**-Du 31 mai au 06 juin 2000 :**

Installation des sacs appelés sacs d'exclusion sur les inflorescences.

**-Du 29 juin au 31 juillet 2000 :**

Observations nocturnes et diurnes des espèces visiteuses de fleur de la même plante et en même temps, mesure de la production de nectar.

**-Du 22 au 31 août 2000:**

Ramassage des sacs d'exclusion et vérification de ces expériences par comptage des fruits dans les sacs d'exclusion.

#### **III.2. REPERAGE DES GITES ET COMPTAGE DE MEGACHIROPTERES A MORONDAVA**

Les gîtes sont repérés d'après les enquêtes auprès des villageois et des Bureaux administratifs. Le comptage de l'effectif est effectué le jour à l'aide des jumelles. Le point de comptage se trouve à une distance de 50 à 100m du dortoir. Cette distance permet de compter le maximum d'effectif d'individus vus perchés sur les arbres appelés dortoirs. Si la distance est à moins de 10m, l'observateur risque de perturber les Megachiroptères. Le repère géographique de chaque gîte est aussi relevé par le GPS (Global Positioning System).

#### **III.3. ETUDE DE *Ceiba pentandra***

- III.3.1. Etude de l'apparition de fleurs**

Cette étude permet de savoir s'il y a une relation entre le mode d'apparition des fleurs et les visites ou comportements de leurs visiteurs.

*a. Apparition des fleurs sur l'arbre.*

La différence entre le nombre moyen de boutons à l'intérieur du foliage du kapokier et celui de la périphérie est étudiée. Vingt cinq inflorescences de la périphérie et 25 autres de la partie interne du kapokier ont été prises au hasard. Le nombre de boutons floraux de chaque inflorescence a été

compté et les moyennes du nombre des boutons de la périphérie et de la partie interne sont analysées par ANOVA pour savoir si la différence est significative ou non.

#### *b. Mode d'apparition des fleurs sur l'inflorescence*

Pour savoir le nombre moyen 'n' de fleurs apparues chaque jour sur une inflorescence, il suffit de diviser le total des fleurs apparues par le nombre de jour de la floraison de l'inflorescence (car la fleur dure seulement un jour):

Le nombre de fleurs apparues sur chaque inflorescence a été observé chaque jour. La durée de floraison (nombre de jour) de l'inflorescence a été étudiée par observation directe et marquage de cinq inflorescences sur deux arbres. A chacune de ces inflorescences marquées, on compte et classe les boutons selon l'état de développement de la corolle qui surmonte le calice, on a alors appelé BJ les boutons floraux qui sont verts, fermés et très jeunes; BI représente les boutons qui donnent des fleurs pour le lendemain, la hauteur de la corolle de BI est inférieure à 0,5cm; BM représente les boutons âgés prêts à se transformer en fleurs le soir du même jour, la corolle est bien gonflée mais reste encore fermée; FL représente la fleur épanouie et FR est la fleur fanée après la chute de corolle, les étamines et le stigmate (Annexe 1).

- 'n1' est le nombre des fleurs (FL) apparues au premier jour (J1) ;
- 'n2' est le nombre de FL au jour J2 de la même inflorescence ;
- 'nx', le nombre de FL au jour (Jx) de la fin de la floraison ;
- 'x' étant la durée (jours) totale de floraison de cette inflorescence.
- $n = \frac{n1 + n2 + n3 + \dots + nx}{x}$  donne le nombre moyen de boutons se transformant en fleurs sur une inflorescence.

Alors, le nombre moyen de fleurs apparues chaque jour par inflorescence est

$$n = \frac{n1 + n2 + n3 + \dots + nx}{x}$$

Les études ont été menées sur 5 inflorescences de deux arbres. Notons que nous n'avons pas compté le nombre total des inflorescences sur un arbre en entier.

#### *c. Moment d'ouverture des fleurs*

On a chronométré également les heures d'ouverture de fleurs jusqu'au moment de la fanaison.

La durée de vie d'une fleur est déterminée par observation directe.

#### ■ **III.3.2. Etude de la production de nectar**

Pour la plante, le nectar constitue un moyen efficace pour attirer les espèces pollinisatrices. La mesure qualitative et quantitative du nectar est intéressante, car il pourrait y avoir une corrélation entre la visite de l'espèce visiteuse et la concentration de glucose ou la quantité du nectar.

L'étude du nectar commence à 18h20, c'est-à-dire, au moment de l'ouverture des fleurs et se termine à 10h20 le lendemain : moment de la fanaison. Trois fleurs de la partie basse de l'arbre qui ne sont pas visitées par les animaux à cause de notre présence, sont choisies toutes les heures. Sur chaque fleur, la quantité et la concentration du nectar sont mesurées, le mode opératoire est le suivant:

*a. Etude quantitative: variation de quantité*

Des micropipettes de 5 $\mu$ l , 10 $\mu$ l , et 50 $\mu$ l sont utilisées pour étudier la variation quantitative du nectar contenue dans les fleurs. La micropipette est insérée à la base interne de la corolle, et aspire le nectar. La mesure est faite par heure. Deux méthodes sont adoptées pour quantifier le nectar :

- première méthode : à chaque heure, trois fleurs libres d'un pied sont arrachées par hasard sur trois inflorescences. Si le nectar est encore abondant, des micropipettes de calibre plus élevé sont utilisées (10ou 50 $\mu$ l). Sinon on utilise les micropipettes plus petites (5 ou 10 $\mu$ l). Le prélèvement du nectar commence à partir de 18h20, sur 3 fleurs toutes les heures et jusqu'à 10h20. Ceci donne 17 prélèvements de 3 donc au total 51 fleurs par nuit. Le volume du nectar par fleur se déduit par le nombre de micropipettes remplies du nectar. Cette première méthode donne la variation de la quantité du nectar disponible pour les visiteurs ;

- deuxième méthode : à partir de 18 heures, on enveloppe 51 fleurs, chacune par un sachet plastique transparent. Ensuite, toutes les heures, on arrache 3 fleurs avec les sachets et on mesure la quantité du nectar dans le sachet et dans la fleur. La mesure est faite de la même façon que la précédente. La quantité du nectar récupérée dans le sachet avec celle de la fleur donne la quantité totale du nectar produite par fleur à chaque heure et pendant la période de persistance de la fleur.

*b. Etude qualitative: variation de concentration*

Les fleurs observées sont choisies de la même façon que la précédente, trois autres fleurs d'un pied sont choisies à chaque heure de 18h20 à 10h20 le lendemain. Les prélèvements du nectar sont faits toutes les heures. Le glucomètre utilisé pour la mesure de la concentration est un réfractomètre permettant de mesurer le taux de glucose de 0 à 50%.

## III.4. METHODES D'OBSERVATIONS DIRECTE DES VISITEURS

### ▪ III.4.1. *Observation des visiteurs nocturnes*

#### a. *Observations et comptages*

##### a.1. Megachiroptères

Le comptage de ces individus permet d'estimer l'importance quantitative de ces animaux sur la pollinisation de kapokier (Baker *et al.* 1995).

Par pied de kapokier et par heure de 18h à 5h le lendemain, les effectifs de *Pteropus rufus* et d'*Eidolon dupreanum* sont relevés chaque heure pendant deux nuits successives, pour la première nuit de 18h45 à 00h00 et la nuit suivante de 00h00 à 5h00, pendant deux à trois jours par pied (4 pieds à Morafeno : M1-M4 et 1 pieds à Beroboka sud : S3). Le comptage est effectué à partir d'une distance permettant de compter l'effectif maximal de l'espèce c'est-à-dire de 10 à 15m du pied à observer. Au début du comptage, chaque individu vu par ses yeux rouges ou entendus est compté. Les yeux de *P. rufus* sont plus écartés que ceux de *E. dupreanum*, puis les individus de *Pteropus rufus* qui atterrissent sur les branches sont notés parce qu'on peut entendre le vol lourd de l'animal sur son microcosme. *P. rufus* a un vol plus lourd et plus haut que *Eidolon dupreanum*. Durant la nuit, l'observation doit se faire à l'aide d'une lampe frontale, on note la durée de la visite de chaque inflorescence par un individu, le comportement et la hauteur de la strate que l'espèce fréquente.

##### a.2. Insectes nocturnes

Les Insectes visiteurs nocturnes visibles ont été capturés à l'aide d'un filet à papillon, conservés et identifiés. L'effectif des espèces est aussi estimé à chaque heure. Pour les lépidoptères suceurs du nectar, la longueur de la trompe a été mesurée.

#### b. *Capture des Megachiroptères.*

La capture de Megachiroptères a pour but d'observer quelle partie du corps l'animal transporte les pollens. *Pteropus rufus* et *Eidolon dupreanum* sont capturées à l'aide d'un filet traditionnel qui est installé entre deux pieds de kapokier en floraison. D'après les expériences, le filet traditionnel s'avère le plus efficace. La partie supérieure du filet est déployée au moins à 8m au-dessus du sol. Les 2 angles supérieurs du filet sont tendus par deux cordes passant sur les branches plus hautes et alourdis aux extrémités par deux pierres. Pour tendre les quatre coins du filet, deux autres pierres plus légères sont accrochées aux deux angles inférieurs. La longueur du filet est de 9m et sa largeur est de 3m.

Quand l'animal est capturé par le filet (figure 7, p22), le filet, avec les deux pierres plus légères de la partie inférieure du filet sont entraînés avec lui vers le sol, tandis que les deux pierres lourdes accrochées sur les cordes supérieures du filet remontent vers les branches auxquelles ces

cordes s'accrochent. Quand l'animal est détaché, le filet, sous le poids des deux pierres lourdes (contre-poids), remonte automatiquement vers le haut. C'est la technique traditionnelle la plus efficace utilisée par les chasseurs du centre Ouest malgache. On observe les parties de chaque animal recouvertes de pollen. Ceci nous a permis de déduire en partie comment s'effectue la pollinisation de *Ceiba pentandra*.

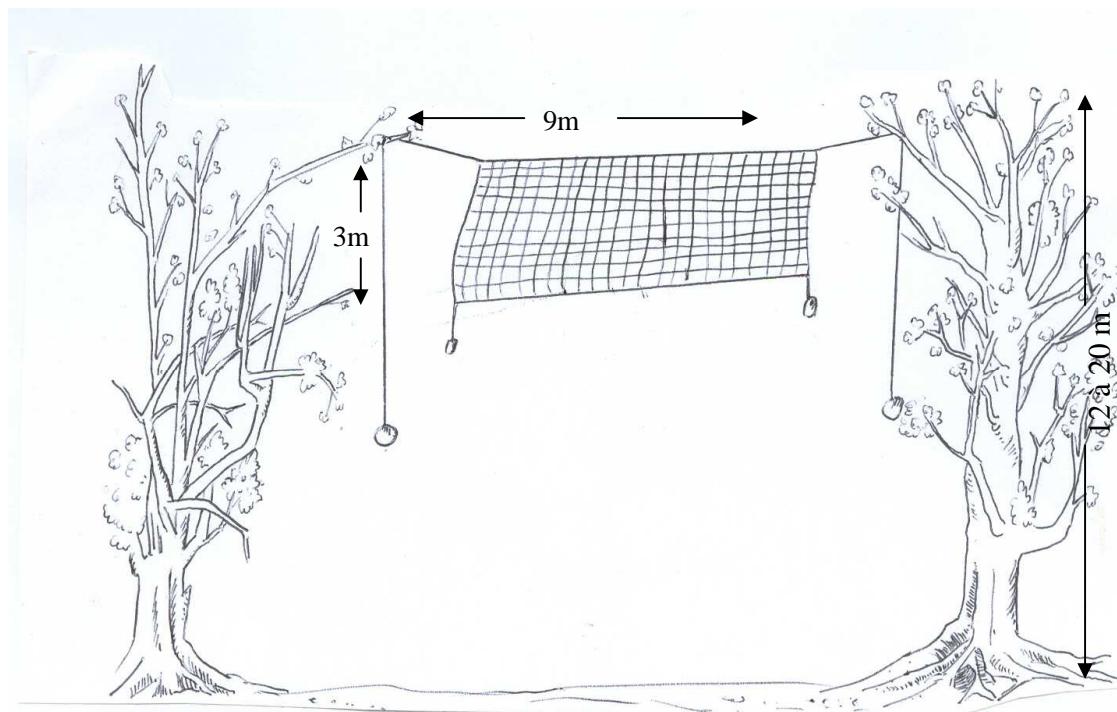


Planche de l'auteur.(E=1/100)

**Figure 5: Filet du type traditionnel pour les captures des Megachiroptères.**

■ **III.4.2. Observations des visiteurs diurnes**

*a. Observations et comptages*

Les observations et comptages commencent à 6 heures du matin car les visiteurs diurnes commencent à visiter les fleurs à cette heure et ils se terminent à 10 heures parce que les visiteurs laissent totalement les fleurs de kapokier pour chercher d'autres sources de nourritures ou pour d'autres raisons. Pour observer les insectes, l'observateur se tient au-dessous du feuillage de la plante. Mais pour le comptage des Oiseaux, pour mieux dénombrer la quasi-totalité de leur effectif, on utilise un point de comptage plus proche de 5 à 10m du feuillage.

*a.1. Insectes*

Le comptage de chaque espèce est effectué à vue toutes les 20 minutes car l'effectif de chaque espèce visiteuse est très variable à chaque intervalle de 20 minutes. Le comptage est fait de

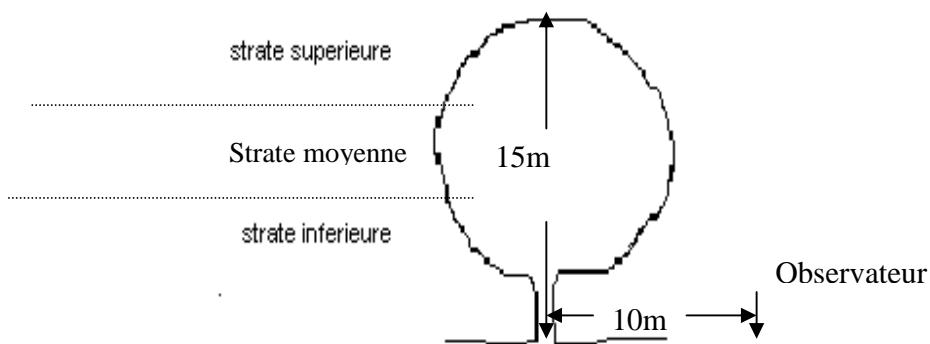
l'aube jusqu'à l'heure à laquelle la fleur commence à se faner (de 6h00 à 10h40). Les Insectes sont inventoriés sur 12 à 20 inflorescences groupées sur un même endroit ou sur une même branche. Les individus vus sur les fleurs sont comptés rapidement.

Les abeilles et les mouches sont difficiles à dénombrer sur la partie supérieure de la cime. Le comptage de l'effectif est effectué sur la strate inférieure où les inflorescences se trouvent entre 3 à 6m de hauteur.

#### a.2. Oiseaux

La reconnaissance est faite à vue en utilisant des jumelles et de l'ouvrage de Morris et Hawkins (1998). Le dénombrement est effectué après avoir reconnu l'espèce, on compte l'effectif toutes les 20 minutes de 6 à 10 heures sur l'arbre en entier. Puis, on observe la façon dont chaque espèce se comporte lors de la visite des fleurs. De même, on note la durée de visite de chaque espèce par inflorescence ou par fleur.

Pour étudier les visites des visiteurs selon la hauteur, on a subdivisé virtuellement l'arbre en 3 strates (figure 8). Cette division sert à étudier l'effectif et les types de visiteurs par heure selon le niveau de la strate du kapokier.



**Figure 6: Division schématique d'un kapokier en 3 strates fleuries.**

Ainsi, on peut savoir à partir de cette division si par exemple *Pteropus rufus*, à un moment donné présente les mêmes visites que *Eidolon dupreanum* au niveau de la même strate. On peut étudier aussi comment elles évitent la compétition ou si la tolérance existe entre ces visiteurs au cours de la prise du nectar. Cette méthode est aussi adoptée pour l'observation des visiteurs nocturnes.

#### b. Captures

Les Insectes visiteurs de fleurs de *Ceiba pentandra*, qu'ils soient diurnes ou nocturnes sont capturés à l'aide d'un filet à papillon. Un bocal avec de l'alcool 40° sert à garder les petits Insectes (Hémiptères, Diptères,...). Les Lépidoptères sont étalés et séchés. L'heure et la localité

de chaque capture sont enregistrées. Les échantillons recueillis sont identifiés au Parc Zoologique et Botanique de Tsimbazaza.

### **III.5. METHODE D'EXCLUSION DES VISITEURS**

#### **▪ III.5.1. Objectif et principe de la méthode**

Ces expériences ont pour but de mettre en évidence lesquels des visiteurs observés sont les vrais pollinisateurs de *Ceiba pentandra*.

La méthode d'exclusion consiste à isoler les fleurs à l'aide de sac appelé « sac d'exclusion ». Le sac d'exclusion est employé pour empêcher la visite des groupes cibles d'animaux comme les Insectes, les Oiseaux et les Megachiroptères, les diurnes et les nocturnes (communication personnelle de Dr Mackinnon, 2000). L'objectif est de voir à la fin des expériences si la visite de tel groupe d'animaux a permis la formation de fruits.

##### *a. Sacs d'exclusion*

Ce sont des sacs confectionnés à partir des tissus en plastique de tamis jaune dont le diamètre des mailles est de 1 mm. Les variances des nombres des fruits apparus en fonction du type de sac utilisé sont ensuite analysées par ANOVA.

La méthode utilisée consiste à installer les sacs sur les jeunes inflorescences dont toutes les fleurs sont encore en boutons. Ensuite, on enlève les sacs quand les fruits sont bien formés.

Mais pour départager les types de visiteurs, on utilise 3 types de sac d'où trois méthodes d'exclusion :

- méthode d'exclusion totale : tous les visiteurs sont exclus ;
- méthode d'exclusion des Vertébrés : les Oiseaux et les Megachiroptères sont exclus ;
- Méthode d'exclusion des visiteurs diurnes où les Oiseaux et les insectes diurnes sont exclus.

##### *b. Témoins*

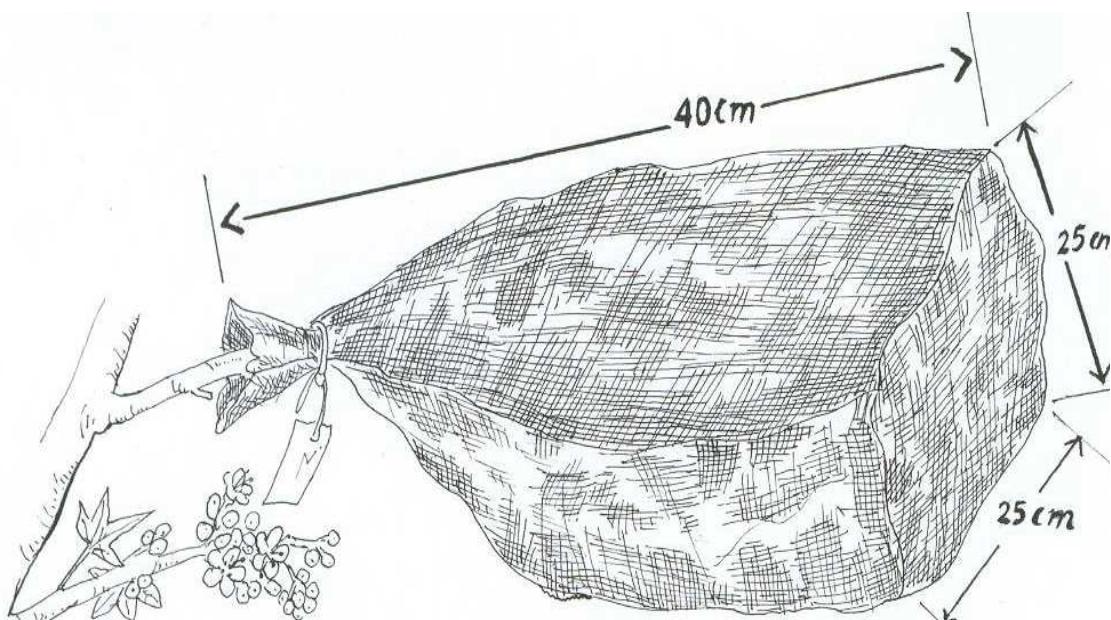
Les témoins sont des inflorescences sélectionnées au hasard et ils sont seulement marqués à l'aide de ruban coloré en plastique. Ces témoins sont visités, par tous les groupes des visiteurs et donnent le nombre de fruits normalement apparus sur l'inflorescence après la floraison, ils représentent donc les effets totaux des visiteurs sur la pollinisation.

- **III.5.2. Types de sacs**

- a. Sac d'exclusion totale*

Hypothèse : il y aurait une autofécondation, si la plante n'a pas besoin de polliniseurs.

Le sac étant clos pour toutes les espèces visiteuses, les mailles dont le diamètre est de 1 mm. Elles empêchent le passage de toutes espèces animales. 40 sacs ont été installés pour les exclusions totales de 40 inflorescences sur 6 pieds de kapokier (6 à 7 sacs par pied). La dimension du sac est de 25cm de large, 25cm de haut et 40cm de long. Les micro angles du sac sont soutenus par un fil de fer pour éviter le contact de sa paroi sur les fleurs. L'ouverture du sac est attachée solidement à la base inférieure de l'inflorescence à exclure. La même méthode est appliquée sur chaque type d'exclusion. Le sac est enlevé quand les fruits atteignent une longueur de 10 à 16cm au bout de deux mois.



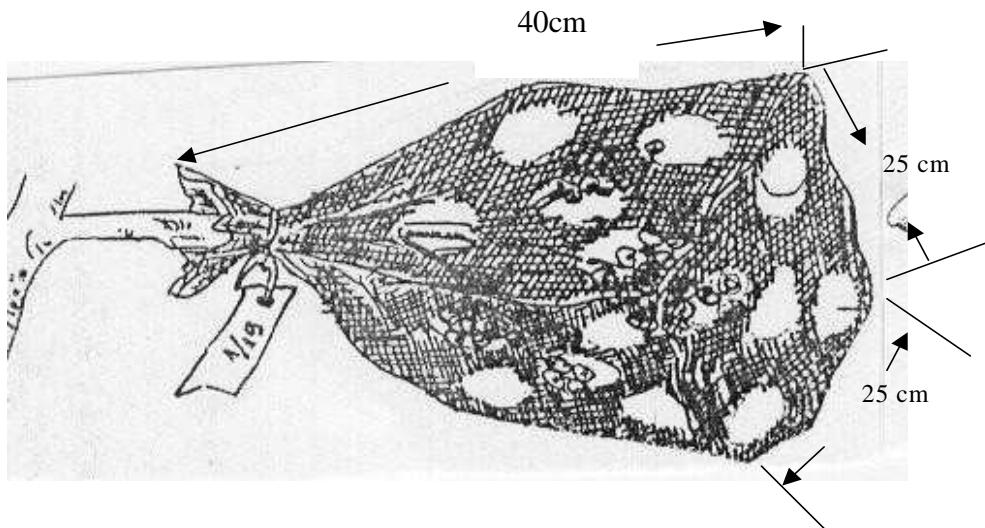
Grosseur des mailles.= 1mm.

*Planche par l'auteur*

**Figure 7: Schéma de pose de sac d'exclusion sur une inflorescence, cas d'exclusion totale.**

*b. Sac d'exclusion des Vertébrés*

Hypothèse : la plante serait fécondée uniquement par les insectes.



Diamètre du trou=3,5cm.

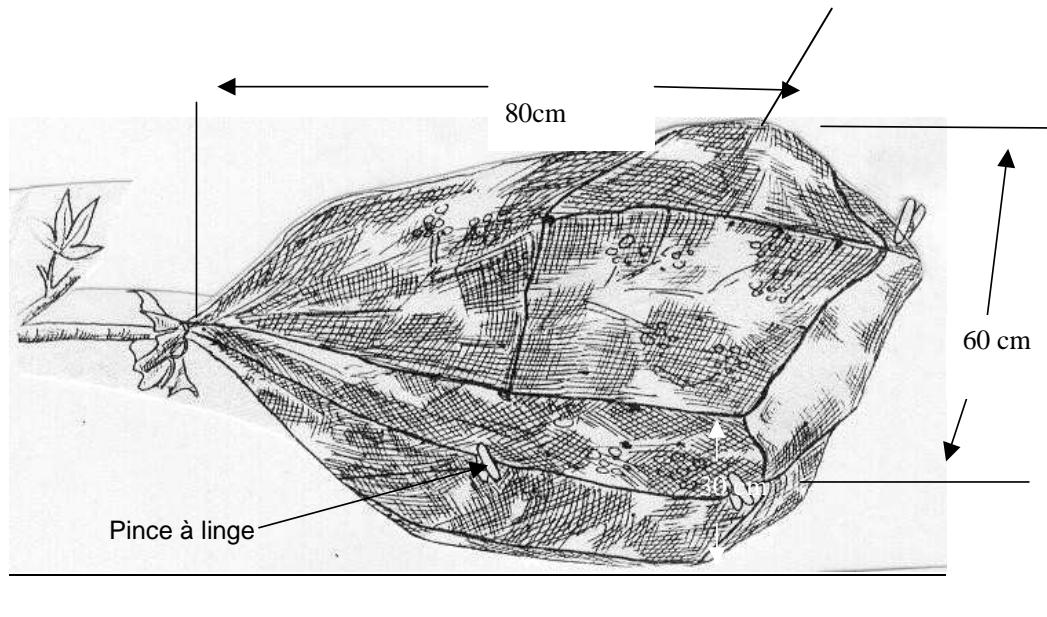
*Planche par l'auteur*

**Figure 8: Schéma de pose de sac d'exclusion sur une inflorescence, pour exclure les Oiseaux et Megachiroptères.**

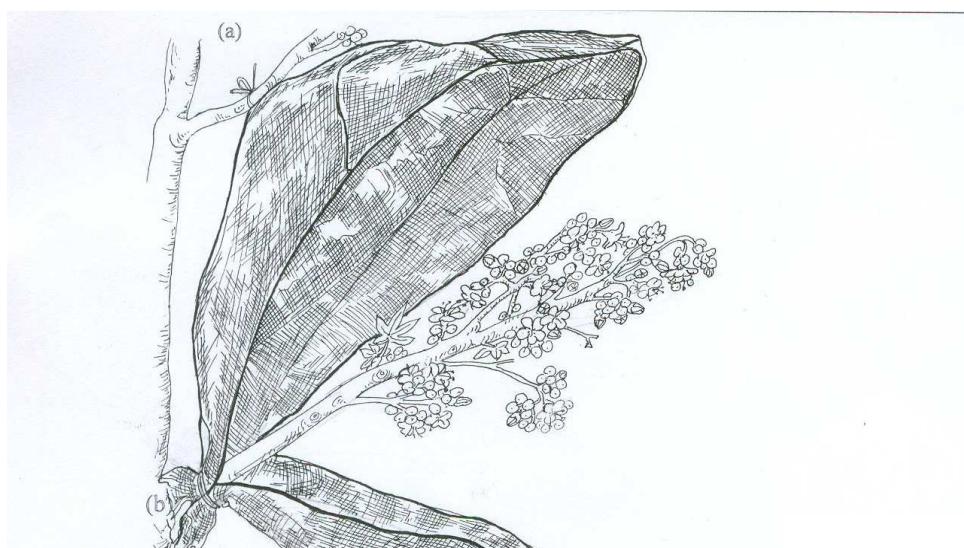
Il sert à exclure les Oiseaux et les Megachiroptères. La méthode est identique à la précédente mais le sac d'exclusion porte 25 trous, chacune des 5 faces comporte 5 trous. Le diamètre de chaque trou est de 3,5cm qui permet le passage des Insectes tels que *Apis mellifera unicolor*. 36 sacs ont été utilisés pour exclure 36 inflorescences sur 6 pieds de kapokier. Les inflorescences choisies ont été prises au hasard. Le sac est enlevé après la formation de longs fruits (10-16cm).

c. Sac d'exclusion de tous les visiteurs diurnes

Hypothèse : la plante serait fécondée pendant la nuit.



(a)



(b)

Planches par l'auteur

**Figure 9: Cas d'exclusion des visiteurs diurnes, (a) : sac fermé ; (b) : sac ouvert.**

Ils suppriment toute visite des espèces diurnes, Insectes et/ou vertébrés (les Oiseaux), sur la fleur. On utilise les sacs d'exclusion totale mais ils sont démontés toutes les fins d'après-midi et sont réinstallés à l'aube. Pour effectuer cette délicate manœuvre sur les branches les plus hautes, une échelle en corde est utilisée.

Chaque sac peut contenir jusqu'à 7 à 10 inflorescences. Les sacs d'exclusion des espèces diurnes sont plus grands que ceux des deux premiers types, ceci pour éviter que la manipulation

quotidienne ne détruire les fleurs ou ne les autopollinise. Le sac est formé de deux parties, l'une se rabat vers le dessus des inflorescences à exclure et l'autre vers le dessous de ces mêmes inflorescences. Pendant le jour, ces deux parties sont refermées par les bords à l'aide des pinces à linge. Puis elles sont reouvertes le soir. Les exclusions des espèces diurnes sont appliquées sur les inflorescences se trouvant à la partie supérieure de l'arbre car d'après Baker et Harris (1959), les chauves-souris visitent plus fréquemment la partie supérieure des arbres. Ce type d'exclusion a pour seul but de vérifier surtout le rôle des chauves-souris sur la pollinisation. Six sacs sont utilisés pour exclure 36 inflorescences sur deux arbres. La manipulation dure 10 jours. C'est la durée de floraison des inflorescences de *Ceiba pentandra*. A la fin de la floraison, ces sacs sont enlevés après la formation des fruits longs de 10 à 16cm.

### **III.6. METHODE STATISTIQUE UTILISEE**

- III.6.1. Analyses de variance ANOVA**

- a. Objectif*

Le test ANOVA sert à savoir s'il existe des différences significatives entre les moyennes des nombres de fruits de 3 types d'exclusion (exclusion totale, exclusion des visiteurs diurnes et exclusion des vertébrés) et du témoin. Il est aussi utilisé pour étudier les variances des nombres des boutons floraux à l'intérieur et à la périphérie du kapokier (Chapitre. III.3.1.a. p18).

Puisque les analyses de variance dans notre cas consistent à comparer les quatre types de moyenne : les trois moyennes de nombre des fruits des exclusions avec respectivement la moyenne du nombre de fruits du témoin (Fowler *et al.* 1990).

Cette analyse nécessite une annonce des hypothèses : Hypothèse nulle, Hypothèse alternative.

Hypothèse nulle 'Ho' = les moyennes des fruits de quatre variables ne sont pas significativement différentes donc les trois types d'exclusion ont les mêmes effets sur la formation des fruits.

Hypothèse alternative 'Hi' = les moyennes des fruits de quatre variables sont significativement différentes, donc présence de différence(s) entre les sacs d'exclusions en question et le témoin. Le témoin était constitué par des fleurs et inflorescences non enveloppées.

- b. Procédure à suivre*

Le nombre des fruits à l'intérieur du sac d'exclusion est compté de la même façon pour tous les types de sac et témoin. Puis, la moyenne du nombre de fruits pour chaque type d'expérience est calculée. Ce comptage répété du nombre de fruits conduit aussi à l'utilisation du type d'analyse de variance : mesure répété<sup>1</sup> ou « Repeated Measurement » dans « one-way ANOVA » (StatView,

---

<sup>1</sup> Traduction libre de l'anglais : repeated measurement.

1992-1998). Les données sont organisées dans l'Annexe 7. La démarche et les formules sont prises de l'ouvrage de Fowler *et al.* en 1990. Les formules et légendes sont les suivantes (en utilisant l'exemple des expériences d'exclusion):

- **n1, n2, n3, n4** : nombre des échantillons (inflorescences utilisées) des exclusions totales (n1), des exclusions des Vertébrés (n2), des diurnes (n3), des témoins ou les inflorescences non enveloppées (n4);
- **Nt** : effectif total des échantillons de l'ensemble des exclusions et du témoin;
- **k** : nombre de variables analysés, k= 4 (les trois types d'exclusion et le témoin)
- **x1, x2, x3, x4** : Moyennes de nombre de fruits par inflorescence à la fin de l'expérience, x1 pour les exclusions totales, x2 : Exclusion des vertébrés, x3 exclusions des espèces diurnes, x4 :Témoins;
- **$\Sigma X_t$**  : total des fruits issus des expériences et des témoins;
- **$(\Sigma X_t)^2$**  : Carré de total de fruits issus des expériences et des témoins;
- **$\Sigma x_1, \Sigma x_2, \Sigma x_3, \Sigma x_4$**  :Total des fruits pour chaque type d'exclusion et témoin;
- **$\Sigma x_1^2, \Sigma x_2^2, \Sigma x_3^2, \Sigma x_4^2$** : Somme de carrés pour chaque moyenne du nombre de fruits par inflorescence et pour chaque type d'exclusion;
- **$(\Sigma x_1)^2, (\Sigma x_2)^2, (\Sigma x_3)^2, (\Sigma x_4)^2$**  : Somme de carrés pour chaque total de fruits par type d'exclusion;
- **SSI** : Somme de carrés pour chaque type d'exclusion ou témoins;
- **SSe** :Somme de carrés entre les 3 types d'exclusions et les témoins, elle est due aux différences des moyennes des populations où les échantillons viennent;
- **dfe** : Degré de liberté entre les 3 exclusions et le témoin;
- **dfi** : Degré de liberté pour chaque type d'exclusion et témoin;
- **SSt** : Total de deux sommes de carrés SSI et SSe;
- **$S^2 e$**  : Variance entre les 3 exclusions et le témoin;
- **$S^2 i$**  : Variance à l'intérieur des échantillons;
- **C; T;** : Terme de correction;
- **F** : Rapport entre  $S^2 e$  et  $S^2 i$ .
- **Ftable** : F lue dans le table.

$$SSI = \Sigma x_1^2 - \frac{(\Sigma x_1)^2 + \Sigma x_2^2}{n1} - \frac{(\Sigma x_2)^2 + \Sigma x_3^2}{n2} - \frac{(\Sigma x_3)^2 + \Sigma x_4^2}{n3} - \frac{(\Sigma x_4)^2}{n4}$$

$$C. T. = \frac{(\Sigma X_t)^2}{N_t}$$

$$SSe = \frac{(\Sigma x_1)^2}{n1} + \frac{(\Sigma x_2)^2}{n2} + \frac{(\Sigma x_3)^2}{n3} + \frac{(\Sigma x_4)^2}{n4} - C.T.$$

$$SSt = SSi + SSe.$$

$$S^2 e = \frac{SSe}{df_e}$$

$$S^2 i = \frac{SSi}{df_i}$$

$$F = \frac{S^2 e}{S^2 i}$$

### *c. Comparaison de variance des analyses de variance.*

La procédure des analyses de variances consiste à comparer les valeurs de F et  $F_{0,05}$ .

Théorème : Si la valeur de F est supérieure à  $F_{0,05}$ , les différences des moyennes des quatre variables sont significatives. Au moins, deux moyennes sont significativement différentes.

Si les différences sont significatives, le test de Tukey expliqué ci-dessous suffira pour connaître les moyennes des échantillons qui ont des différences significatives (Fowler et al, 1990).

### *d. Test de Tukey*

C'est une simple procédure qui permet de distinguer chaque couple de moyenne qui a une différence significative. Le test de Tukey est utilisé car les nombres d'échantillons des variables étudiés sont les mêmes ( $n = 36$ ).

Les moyennes  $x_1$  et  $x_2$  (exemple : moyennes des exclusions totales et du témoin) sont significativement différentes si la valeur calculée « T » est inférieure à la différence de ces deux moyennes.

$$T = (q) \times \sqrt{\text{Variance à l'intérieur des échantillons} / n} \quad T = (q) \times \sqrt{S^2 i / 36}$$

q est donnée par le table de distribution de q (Fowler et al, 1990). Les degrés de liberté respectifs pour la détermination de q de cette étude sont 4 et 140 (4 : 3 types d'exclusion et un témoin,  $140 = 4 \times 36$  échantillons – 4).

## ■ **III.6.2. Mesure de corrélation**

### *a. Signification de la corrélation*

Plusieurs variables dans la nature sont corrélées. Un exemple de la biologie inclut la variation du nombre des Oiseaux suçant le nectar et la variation quantitative du nectar. Les relations ou associations entre les variables sont appelées **corrélations**. Pour faciliter la comparaison de deux variables, la méthode de calcul de **Coefficient de Corrélation de produit de moment**<sup>2</sup> « r » (Fowler et al. 1990) de la façon suivante est à utiliser.

- Si l'augmentation d'une variable est accompagnée par une augmentation de l'autre, la corrélation est dite **positive** ou **directe** (Fowler et al. 1990).

---

<sup>2</sup> = Product Moment Correlation Coefficient

- Si l'augmentation d'une variable est accompagnée par une décroissance de l'autre, la corrélation est dite **négative ou inverse** (Fowler *et al.* 1990).

Ce test de corrélation dans notre cas est utilisé pour vérifier s'il y a une corrélation entre :

- volume du nectar disponible et visite de Megachiroptères (*Pteropus rufus* et *Eidolon dupreanum*) ;
- concentration du nectar et visite de deux espèces de Megachiroptères ;
- visite de *Pteropus rufus* et sa durée de visite.

*b. Investigation de la corrélation.*

La statistique fournit pour les deux variables un index, appelé **coefficent de corrélation « r »**, calculé à partir des données et c'est donc l'estimation de la correspondance de paramètre de la population. Le coefficient doit être compris entre  $-1$  et  $+1$ . La valeur tendant vers  $|1|$  est forte et celle tendant vers zéro est faible.

**Tableau 2: Valeurs de la corrélation et leurs significations.**

Valeurs du coefficient r	Significations	si $r>0$	si $r<0$
0	sans corrélation		
0,00 à 0,19	très faible corrélation	positive	négative
0,20 à 0,39	faible corrélation	positive	négative
0,40 à 0,69	moyenne corrélation	positive	négative
0,70 à 0,89	forte corrélation	positive	négative
0,90 à 1,00	très forte corrélation	positive	négative

*Source : (Schwartz. , 1963).*

Application numérique : résultats et interprétation sur la corrélation.

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

*n* : nombre de paire des échantillons;

*x* : mesure de chaque échantillon de l'abscisse (exemple : Quantité en ml du nectar);

*y* : mesure de chaque échantillon de l'ordonné (exemple : Nombre d'animaux suceurs du nectar).

Le test de signification du coefficient de corrélation se fait en se référant à la table avec un degré de liberté d.d.l. =  $n - 2$ . (Schwartz, 1963). Si la valeur de  $r_{0,05}$  lue sur la table excède 'r' calculé, la corrélation n'existe pas. Si  $r_{0,05}$  est inférieur à r calculé, la corrélation existe et il faut se référer au tableau 2 pour savoir le niveau de la corrélation.

## IV. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### IV.1. GITES DE *PTEROPUS RUFUS* A MORONDAVA

D'après le tableau 3, les lieux de plantation de kapokiers se trouvent souvent à moins de 40 km du site de perchage de *Pteropus rufus*.

**Tableau 3: Gîtes de *P. rufus* recensés à Morondava (avril 2000).**

Lieu du gîte et Commune.	Effectif de la population du gîte.	Lieu de plantation de kapokier près du gîte.	Distance à vol d'Oiseaux gîte- lieu de plantation de kapokier.
Andranomena Ampanihy 20°27'26"S 44°52'57"E	350		
Befotaka Andiomavo 20°13'00"S 44°53'33"E	730	Befotaka	10,5km
Tsoratana Andranomainty 19°44'26"S 44°50'44"E	500	Beroboka	36km
Ankobahoba Ankotrofotsy 20°09'24"S 45°33'11"E	400	Manambina	30km
Bekoria Manambina 19°34'12"S 45°27'48"E 140m	500	Manambina	2km

Nous avons choisi la Commune de Beroboka (Cf figures 1, 2) car, par rapport aux autres lieux, c'est un des lieux ayant un nombre élevé de pieds de kapokiers. Elle se trouve à moins de 50 km (à 36 km du gîte de Tsoratana) du gîte de *Pteropus rufus* et les paysans y remarquent les chauves-souris visitant les kapokiers en floraison. On peut croire que les kapokiers de Beroboka sont visités par *Pteropus rufus* particulièrement de Tsoratana .

Au cours de notre descente sur terrain, nous n'avons trouvé aucun gîte de *Eidolon dupreanum*.

## IV.2. CEIBA PENTANDRA (KAPOKIER)

### IV.2.1. Fleurs

#### a. Etude de la fleur

La fleur est pentamère et présente 5 sépales soudés entre eux-mêmes pour former la calice; ils ne sont pas soudés avec les pétales. La corolle est constituée par 5 pétales soudés entre eux et se présente sous forme d'infloraison imbriquée. Les anthères sont extrorses, le stigmate est à 1,5cm au-dessus des étamines. En général, l'axe de l'ouverture de la fleur présente un angle de 30 à 90° par rapport à la verticale. Cette orientation reste invariable même si la fleur est fanée. Les fleurs sont groupées en cime composée.

Le nectar est sécrété au moment de l'ouverture de la fleur (par le calice charnu) et s'écoule de la corolle au cours de la nuit.

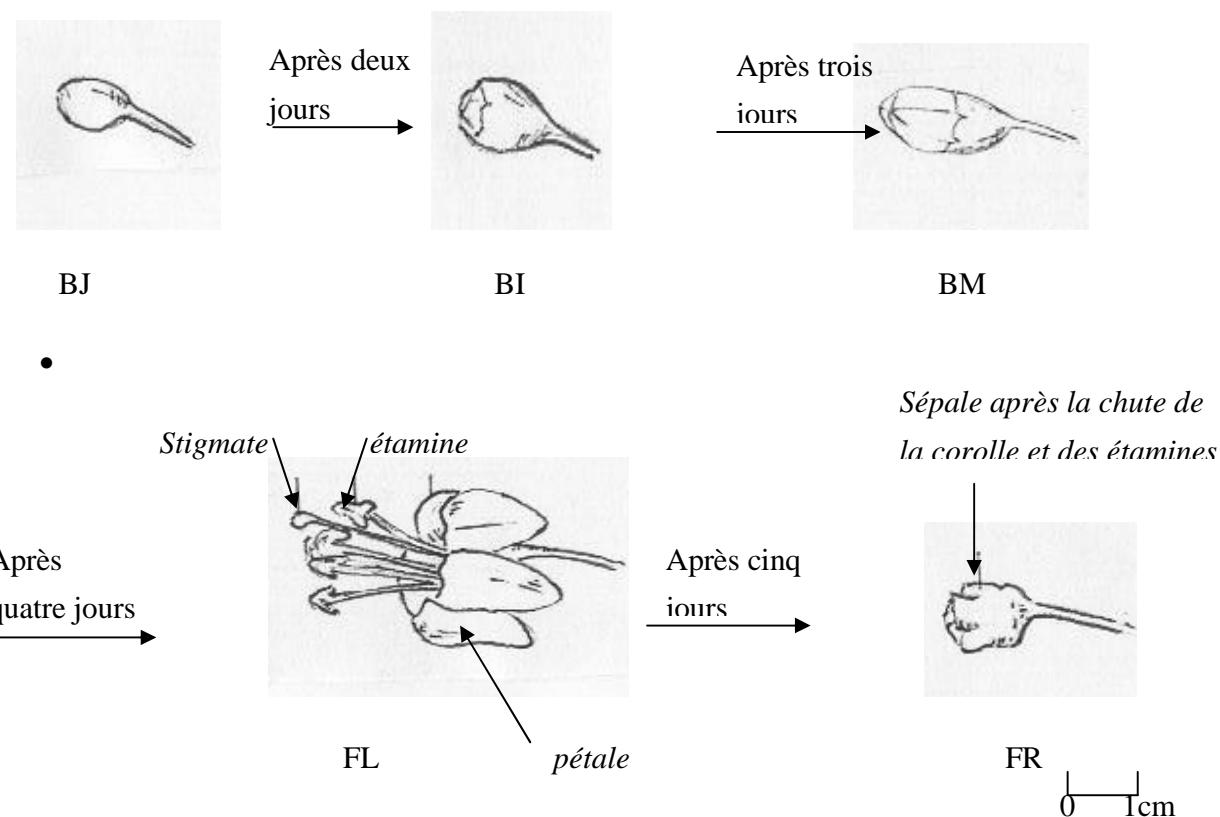


Figure 10: Fleurs et boutons de *Ceiba pentandra* à différents stades de leur apparition.

Avec : **BJ**= bouton floral vert, fermé et jeune ;

**BI**= bouton floral qui donne une fleur après 34 heures ;

**BM**= bouton floral mûtre prêt à se transformer en fleur le soir de ce même jour ;

**FL**= fleur ouverte ;

**FR**= bouton après la chute de la corolle, des étamines et stigmate.

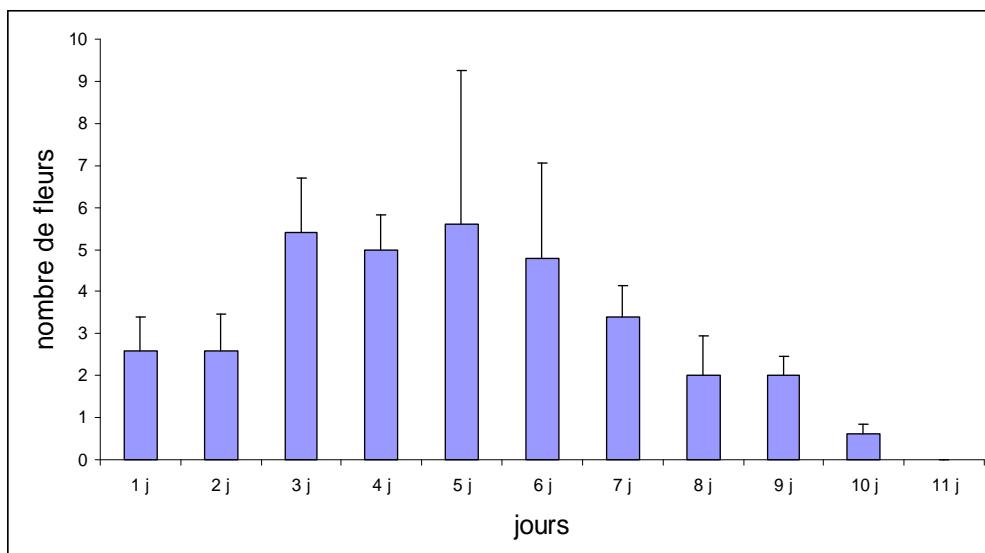
### b. Etude de l'inflorescence

Tous les boutons d'une même inflorescence ne se transforment pas en fleurs en une nuit. La figure suivante montre la transformation progressive des boutons d'une inflorescence en fleurs au cours de sa floraison.

**Tableau 4: Nombre des fleurs apparues chaque jour sur 5 inflorescences étudiées**

Jours	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total	Moyenne/ jour	Durée de floraison
<b>Nombre de fleurs</b>	2 +1	2 +1	5 +1	5 +1	5 +3	4 +2	3 +1	2 +1	2 +1	1	0	31	31/10= 4 fleurs.	31/4= 8jours

Le nombre total et la moyenne des fleurs de l'inflorescence chaque jour d'après le tableau 4, la floraison de l'inflorescence dure 8 jours (Annexe 1).



**Figure 11: Variation de nombre de fleurs par inflorescence (pieds M1 ; M2) : moyennes et erreurs standards.**

En suivant la méthode III.3.1 (P18- 19), la durée théorique ou calculée de la floraison d'une inflorescence est de 8 jours. Pour assurer la pollinisation de toutes les fleurs, chaque inflorescence à la possibilité d'être visitée pendant au moins 8 jours par les agents de pollinisation. En moyenne, 4 boutons sur 10 se transforment chaque jour en fleur. La durée de persistance d'une fleur est de 12 à 16 heures. La figure 13 montre une recrue de floraison entre le troisième et le sixième jour de la floraison d'une inflorescence.

*c. Résultats sur le mode d'apparition des fleurs sur l'arbre*

**Tableau 5: Nombres de boutons floraux par inflorescence à la périphérie (25 inflorescences) et à l'intérieur (25 inflorescences) du kapokier (pieds S3- S9, figure 2 P5).**

-	Nombre de boutons par inflorescence													Moyenne
25 Inflorescences périphériques	32	29	16	28	27	25	28	24	19	28	20	26	11	24
	20	15	23	21	29	23	26	22	24	22	23	27		
25 Inflorescences internes	07	07	15	15	10	10	07	08	16	02	03	11	11	9
	08	11	07	06	08	15	04	12	11	08	02	06		

Les résultats des analyses de variances des nombres de boutons de la périphérie et de l'intérieur du kapokier sont significativement différents : la valeur de F calculée est égale à 138,690 avec  $F_{1,48} = 4,04$  (les degrés de libertés sont 1 et 48, avec l'intervalle de confiance 0,95). Sur 25 inflorescences étudiées, la périphérie du kapokier porte en moyenne 24 boutons. Sur 25 autres inflorescences étudiées, l'inflorescence à l'intérieur du feuillage porte en moyenne 9 boutons. C'est-à-dire les boutons floraux sont plus abondants à la périphérie du feuillage. Les kapokiers seraient adaptés pour être pollinisés par les visiteurs des fleurs périphériques.

*d. Ouverture des fleurs*

Le temps d'ouverture des fleurs de *Ceiba pentandra* est extrêmement régulier et a lieu vers le coucher du soleil. A Morondava, il se situe entre 18h20 et 18h35. Les pétales se déroulent petit à petit et la fleur reste ouverte pendant toute la nuit. Après l'ouverture de la fleur, le stigmate est mouillé et semble être réceptif. Dans la matinée, la couleur des fleurs devient peu à peu marron claire, elle persiste jusqu'à midi, puis la corolle et les étamines se fanent progressivement de midi jusqu'au soir où elles tombent par terre une fleur ne dure pas plus de 20 heures.

## ▪ IV.2.2. Production de nectar

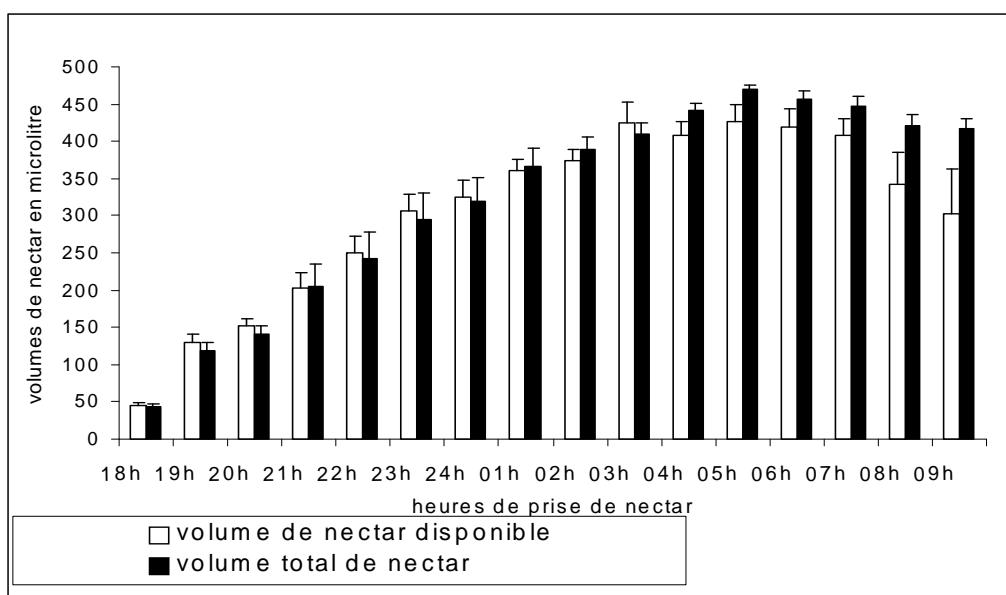
### a. Production quantitative du nectar : production totale et production disponible.

Rappelons que la quantité du nectar disponible est constituée par le volume du nectar contenu dans la fleur, tandis que la quantité totale du nectar est la somme du nectar contenu dans la fleur et le volume du nectar récupéré dans le sachet (Méthode III.3.2.a. p19- 20).

**Tableau 6: Variation des quantités disponibles et production totale du nectar**

Heures	Volumes du nectar ( $\mu$ litre) $\pm$ Déviation Standard	
	disponible	total
17:20	0	0
18:20	50,33 $\pm$ 5,50	43 $\pm$ 9,69
19:20	155,7 $\pm$ 16,9	117,6 $\pm$ 31,36
20:20	175 $\pm$ 5	140,1 $\pm$ 28,17
21:20	200 $\pm$ 50	205,6 $\pm$ 70,89
22:20	263 $\pm$ 11,54	243 $\pm$ 88,60
23:20	326,7 $\pm$ 25,16	296 $\pm$ 84,15
00:20	336,7 $\pm$ 28,43	319,7 $\pm$ 79,71
01:20	348,3 $\pm$ 10,40	367,1 $\pm$ 59,12

Heures	Volumes du nectar ( $\mu$ litre) $\pm$ Déviation Standard	
	disponible	total
02:20	346,7 $\pm$ 15,27	389 $\pm$ 41,95
03:20	458,3 $\pm$ 146,48	409,2 $\pm$ 37,30
04:20	343,3 $\pm$ 25,16	441,4 $\pm$ 22,80
05:20	341,7 $\pm$ 38,18	470,2 $\pm$ 12,06
06:20	345 $\pm$ 67,26	456,8 $\pm$ 28,13
07:20	328 $\pm$ 25,65	447,3 $\pm$ 34,73
08:20	181,7 $\pm$ 77,51	421,6 $\pm$ 33,31
09:20	71,67 $\pm$ 55,07	418,2 $\pm$ 30,37
10:20	0	418 $\pm$ 30,37



**Figure 12: Productions totale et disponible du nectar (Morafeno et Beroboka sud : 04, 20, 25 juillet 2000) : moyennes et erreurs standards.**

A partir de 18h20, la fleur est en pleine croissance et la production de nectar s'accroît, le pic de production disponible est atteint vers 3 heures du matin (458,3 microlitres, tableau 6, p 35). À partir de 4 heures, la quantité disponible du nectar contenu dans la fleur diminue. Cette diminution est due à la posture inclinée ou tournée vers le sol de la fleur facilitant l'écoulement du nectar hors de la fleur. Le jour, à partir de 9h30, la fleur est complètement fanée et ne contient plus du nectar.

L'histogramme du nectar disponible montre qu'une grande quantité du nectar est disponible plutôt pour les espèces nocturnes et une très faible quantité reste pour les espèces matinales.

Concernant l'histogramme de la production totale du nectar, l'heure du pic de sécrétion se trouve entre 5 à 6 heures du matin. Ce pic a lieu juste avant le lever du soleil et termine la production de nectar. Puis de six à dix heures du matin, elle décroît jusqu'à la fanaison de la fleur.

En faisant la comparaison entre les deux histogrammes de la Figure 14, la fleur se vide du nectar entre 9 à 10 heures du matin. Vers le matin, le nectar est perdu sous les effets du vent, de la pesanteur, de la température et peut être de la pression atmosphérique. Le peu de nectar restant est disponible pour les visiteurs matinaux.

#### *b. Production qualitative du nectar*

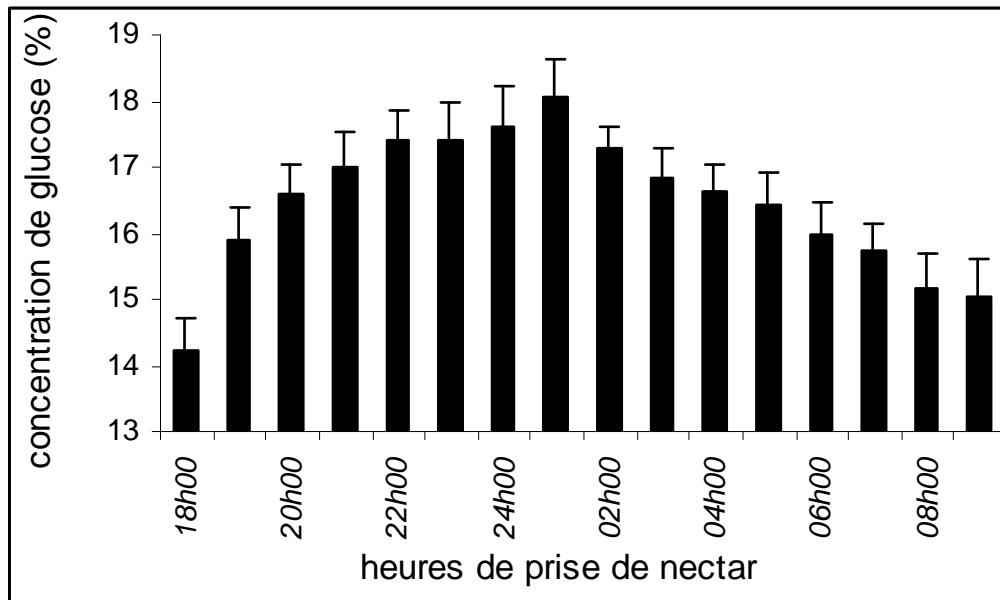
La production qualitative est la sécrétion de glucose par la fleur. Le glucose est contenu dans le nectar et la variation de sa concentration est représentée dans le tableau 7.

**Tableau 7: Variation des concentrations de glucose du nectar par heure.**

Heures	18:20	19:20	20:20	21:20	22:20	23:20	0:20	01:20
M %	14,21	15,92	16,58	17,00	17,39	17,42	17,63	18,06
Heures	02:20	03:20	04:20	05:20	06:20	07:20	08:20	09:20
M %	17,30	16,84	16,64	16,44	16,00	15,72	15,17	15,06

M % : masse en gramme de glucose par cent millilitres de nectar ;

C'est la moyenne par heure des concentrations de 9 fleurs. (04, 20, 25 juillet 2000).



**Figure 13: Variation de concentration du nectar en glucose durant la nuit : moyennes et erreurs standards.**

De l'ouverture de la fleur jusqu'à une heure du matin, la concentration de glucose augmente de 14 à 18%. Sans doute, à cause du vieillissement du calice qui commence à 3h 00, la synthèse de glucose diminue et l'histogramme de concentration diminue jusqu'à 15,06%. Mais, l'histogramme de la quantité du nectar montre que le volume du nectar ne descend que vers 5h 00 du matin, c'est-à-dire vers le matin la fleur secrète beaucoup plus d'eau et la concentration de glucose décroît. Le nectar devient donc de plus en plus dilué.

### **IV.3. VISITEURS ET LEURS COMPORTEMENTS**

- IV.3.1. Visiteurs nocturnes**

- a. Comportements et Visites des Megachiroptères*

- a1. Comportements de Pteropus rufus*

Même en utilisant une lampe, le comportement de *P. rufus* en train de visiter les inflorescences dans la strate inférieure est rarement et difficilement observable. Cependant, on peut estimer qu'au moment où individu arrive sur la branche, d'abord, elle s'accroche sur la tige rigide pendant quelques secondes par ses griffes, il se déplace ensuite à l'aide de ses 4 pattes pour visiter en quelques minutes l'inflorescence la plus proche, puis, elle se déplace pour chercher les autres inflorescences. Le museau, le cou et la partie antérieure de la poitrine de *Pteropus rufus*

capturées (4 individus) sont jaunis par les pollens de *Ceiba pentandra*, cela signifie que le megachiroptère sucerait le nectar.



0—1cm      *Planche par Andrianaivoarivelo, 08 Juillet 2000.*

**Figure 14: *Pteropus* visitant une inflorescence.**

#### a.2. Nombres de visite de *P. rufus* et d'*E. dupreanum*

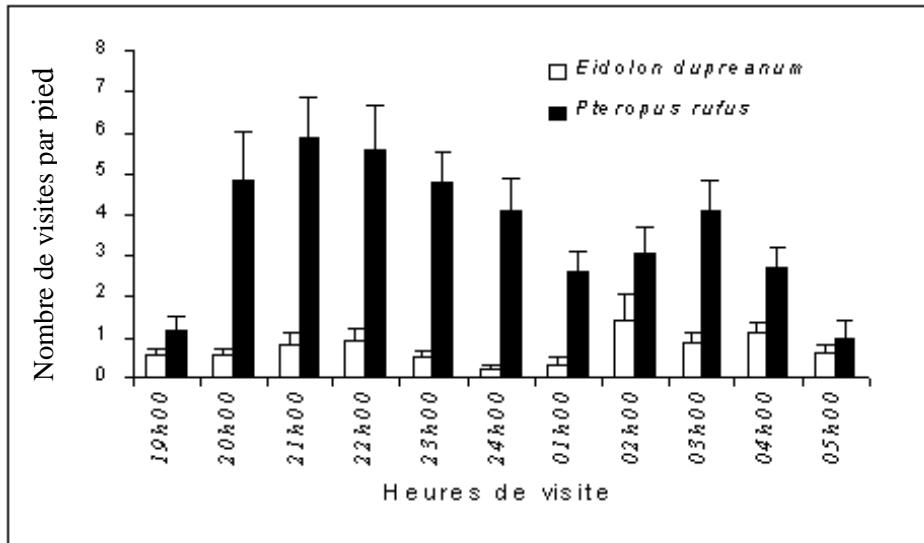
Le tableau montre l'effectif de chaque espèce par heure visitant un pied de kapokier (Annexe 4).

**Tableau 8: Moyennes des nombres de visites de *Pteropus rufus* et d'*Eidolon dupreanum* sur un pied de kapokier par heure (pieds : M1 ; M2 ; M3 ; M5, figure 2, p5).**

Heures		18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-01	01-02	02-03	03-04	04-05	Effectifs par pied par nuit
M D	<i>E. dupreanum</i>	0,53	0,53	0,8	0,93	0,47	0,20	0,33	1,40	0,87	1,07	0,67	8 individus
	<i>P. rufus</i>	1,13	4,87	5,87	5,60	4,80	4,07	2,60	3,07	4,07	2,73	1,00	

#### M. D. V. : Moyennes de visites

L'effectif de *P. rufus* est plus élevé que celui d'*E. dupreanum*, *Pteropus rufus* est donc plus actif que la deuxième. Les deux espèces arrivent sur le kapokier après environ 30 minutes de l'ouverture de la fleur. Chacune d'elles possède deux pics d'activité, pour *Pteropus rufus*, le premier pic se trouve vers 21 heures et le deuxième vers 3 heures. Pour *Eidolon dupreanum*, le premier pic a lieu vers 22 heures et l'autre se trouve à 2 heures du matin.



**Figure 15: Histogrammes de visites de *Pteropus rufus* et *Eidolon dupreanum*: moyennes et erreurs standards.**

La similarité entre l'activité de ces deux espèces est montrée par la diminution de nombre de leurs visites vers minuit qui sont reprises à partir de 1 heure du matin. Ils retournent à leurs gîtes vers 5h20 du matin (Figure 17, p40). Le décalage des pics de visite de ces espèces montre une séparation d'une partie de leurs niches écologiques ce qui évite la compétition.

#### *b. Proportion de visites de *P. rufus* sur le kapokier*

**Tableau 9: Visite de *P. rufus* sur les 3 strates de l'arbre (2-30 juillet 200). (Annexe 6).**

Strate	1/3 supérieure	1/3 moyenne	1/3 inférieure	Totaux
Activités	119	117	7	243
pourcentage	48,97%	48,14%	2,89%	100%

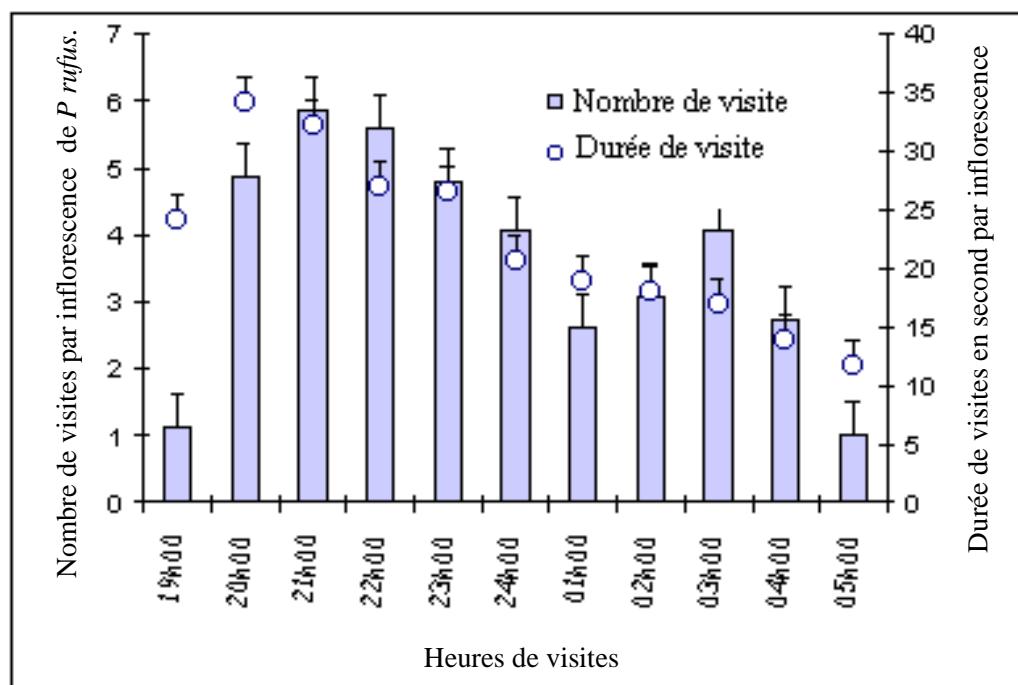
Les niveaux 1/3 supérieurs et 1/3 moyens des strates sont plus visités par *Pteropus rufus*. Pendant 27 nuits, le comptage du nombre d'individus observables de *P. rufus* par strate de kapokier donne la somme de visites de cette espèce par strate. Sur 243 visites de *P. rufus* (tableau 9). 48,97% de ses visites sont concentrées sur la strate supérieure, 48,14% sur la strate moyenne et 2,89% seulement sur la strate 1/3 inférieures. La visite de *Pteropus rufus* sur la pollinisation est plus accentuée sur la partie 2/3 supérieure de l'arbre.

c. Moyennes de durée des visites de Megachiroptères par inflorescence

**Tableau 10: Durée moyenne et nombre avec les heures de visite par inflorescence et par heure de *Pteropus rufus*.**

Heures	19	20	21	22	23	24	01	02	03	04	05
Nombre de visite	1,13	4,87	5,87	5,60	4,80	4,07	2,60	3,07	4,07	2,73	1,00
Durées (s)	24,2	34,1	32,2	26,8	26,4	20,5	18,7	17,9	16,9	13,8	11,6

La durée moyenne de visites par inflorescence de *P. rufus* calculée sur 66 inflorescences est donnée par le tableau 10. Le comptage est fait toutes les heures.



**Figure 16: Moyennes de durée de visites (6 échantillons par heure) par inflorescence et nombre de visites par pied par heure pour *P. rufus* : Moyennes et erreurs standards.**

La durée de visites d'une inflorescence pour *Pteropus rufus* aux premières heures de la nuit (20h-24h) est plus élevée que celles des dernières heures de la nuit (01h- 5h). Avant minuit (figure 14, p36), quand le nectar est peu abondant, l'espèce a besoin de beaucoup de temps pour sucer le nectar accumulé au fond de la corolle, et après, minuit la durée de succion du nectar diminue car la fleur secrète un volume débordant de la corolle qui est facile à absorber par la chauve-souris.

### c.1. Corrélation entre la durée des visites de *Pteropus rufus* et son nombre de visites

La corrélation entre la durée de visite de *Pteropus rufus* et le nombre de visites est fortement positive ( $r=0,702$  avec  $r_{0,05}= 0,553$ ). A chaque heures ils présentent les mêmes variations. De 19 heures jusqu'à 23 heures (figure 18, p41), *P. rufus* a besoin de rester plus longtemps sur une inflorescence pour sucer le nectar. A ces heures là, il est possible que cette espèce qui vient d'arriver de son dortoir est plus ou moins épuisée et n'est pas capable de se déplacer rapidement pour sucer le nectar des autres inflorescences. A partir de 23 heures, le nombre de *P. rufus* qui arrive sur le kapokier diminue, de même que la durée de visite de chaque inflorescence. A ce moment là, l'espèce quitte petit à petit le kapokier soit pour regagner son gîte, soit pour chercher d'autres sources de nourriture (plantes à fruit). La durée de visite qui diminue vers le matin montre que *P. rufus* ne s'intéresse pas beaucoup au nectar de la plante en question.

### c.2. Remarque sur *Eidolon dupreanum*

Pour *Eidolon dupreanum*, la moyenne d'effectif d'*E. dupreanum* après 15 nuits d'observation est de 8 individus (tableau 8, p38) par nuit et par pied. Elle atterrit toujours sur la strate moyenne et quelquefois inférieure de la cime du kapokier. Aucun individu n'est vu s'accrocher sur la partie supérieure de l'arbre. Etant donné que son effectif est plus faible et sa taille est plus petite que celles de *P. rufus*, il est difficile d'étudier son comportement. Nous n'avons pas pu chronométrier la durée de sa visite sur une inflorescence.

### d. Insectes Nocturnes

Un Lépidoptère de la Famille des Sphingidae, *Macroglossum aesalon*, constitue l'espèce nocturne la plus active, elle est la seule espèce d'Insectes nocturnes observée visiteuse de fleurs la nuit. A cause de l'obscurité, le comptage de l'effectif de cette espèce est très difficile, son effectif est estimé en moyenne 15 à 20 individus par pied entre 19h00 à 20h00 et entre 4h30 à 5h30. En dehors de ces heures, l'effectif est quasiment nul. Elle est très agile, suce le nectar par sa trompe (atteint 4cm de long) qui est plus longue que son corps. Elle pratique le vol stationnaire quand elle suce le nectar. La visite d'une fleur est faite d'une manière très rapide et elle ne prend qu'une fraction de nectar par fleur, d'où elle est capable de visiter une vingtaine ou plus des fleurs par minute.

e. Corrélation entre espèces nocturnes et quantité du nectar disponible

**Tableau 11: Corrélations entre le volume du nectar disponible et visites de deux espèces de Megachiroptères (*P. rufus* et *E. dupreanum*).**

Type de corrélation	Heures	n	r <sub>0,05</sub>	r	Signification de la corrélation
Visite de <i>P. rufus</i> et quantité du nectar disponible.	18h20 à 21h20	3	0,878	0,923	Très fortement positive
	21h20 à 01h20	4	0,811	-0,843	Fortement négative.
	01h20 à 05h20	4	0,811	0,726	Fortement positive.
Visite de <i>E. dupreanum</i> et quantité du nectar disponible.	18h20 à 21h20	3	0,878	0,9	Très fortement positive
	21h20 à 01h20	4	0,811	-0,951	Très fortement négative
	01h20 à 05h20	4	0,811	-0,281	Faiblement négative

r<sub>0,05</sub> : Valeur de r lue sur la table.

n: nombre d'observation ou de prise

du nectar.

r : valeur du coefficient de corrélation calculée.

Les valeurs de la quantité du nectar disponible sont utilisées pour l'étude de corrélation car c'est la quantité stockée par la fleur et prise par le visiteur. La corrélation est utilisée en 3 tranches car on a vu que les nombres de visite des Megachiroptères présentent 3 variations bien distinguées : d'abord, une visite ascendante entre 18h20 à 21h20, ensuite une série des nombres de visite descendante entre 21h20 à 01h20 et enfin un pic d'activités plus bas entre 01h20 à 05h20.

- Pour *P. rufus* et *E. dupreanum* : de 18h20 à 21h20, de fortes corrélations existent entre le nombre de visite et la quantité disponible du nectar. Quand le volume du nectar augmente, le nombre de visite de chacune de deux espèces augmente aussi.

- De 21h20 à 01h20, chacune de deux espèces présente une forte corrélation négative. C'est-à-dire, les deux espèces quittent les kapokiers même si la sécrétion du nectar continue à augmenter (figure 14 p.36).

- De 01h20 à 05h20, la quantité du nectar continue à s'accroître, à ce moment là, *P. rufus* seulement présente une variation du nombre de visite croissante ou en relation avec la quantité du nectar.

*f. Corrélation entre concentration du glucose et nombre de visite des Megachiroptères*

**Tableau 12: Corrélation entre concentration du glucose et nombre de visites des Megachiroptères.**

Type de corrélation	Heures	n	r <sub>0,05</sub>	r	Signification de la corrélation
Visite de <i>P. rufus</i> et concentration de glucose du nectar.	18h20 à 21h20	3	0,878	0,982	Très fortement positive
	21h20 à 01h20	4	0,811	-0,972	Très fortement négative.
	01h20 à 05h20	4	0,811	0,599	Moyennement positive.
Visite de <i>E. dupreanum</i> et concentration de glucose du nectar.	18h20 à 21h20	3	0,878	0,792	Fortement positive
	21h20 à 01h20	4	0,811	-0,573	Moyennement négative
	01h20 à 05h20	4	0,811	-0,878	Fortement négative

- Vers la première tranche de nuit (18h20 à 21h20), le nombre de visite de deux espèces augmente en même temps que la concentration de glucose du nectar. Cette forte corrélation peut être expliquée par deux possibilités. Soit, les deux espèces de Megachiroptères préfèrent le nectar concentré en glucose, soit la croissance de leur effectif est de aux individus venant des gîtes différents dont les uns qui sont plus proches arrivent en premier et les autres venant de loin augmentent l'effectif de visiteurs vers 21h.

- Entre 21h20 à 01h20, les visites de ces deux espèces, en particulier celle de *P. rufus* diminue, elles quittent le kapokier tandis que la concentration de glucose du nectar continue à augmenter (figure 15, p 38), d'où une corrélation très fortement négative.

- De 01h20 à 05h20, la concentration de glucose diminue et le nombre de visite de *E. dupreanum* diminue aussi. La corrélation moyenne entre le nombre de visite de *P. rufus* et la concentration de glucose montre que la visite de cette espèce n'est pas influencée par cette diminution de concentration.

▪ **IV.3.2. Recensement et observation des visiteurs diurnes**

a. Oiseaux

a.1. Régimes alimentaires et durées de visite

Les espèces suivantes sont vues sucer le nectar ou manger les appareils reproducteurs de la fleur de *Ceiba pentandra* à Beroboka.

**Tableau 13: Durée de visite par inflorescence des Oiseaux.**

Familles	Espèces	Formes du bec	Régimes alimentaires	Moyenne de durée de visite par fleur
PYCNONOTIDAE	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	Droit allongé	Insectes, baies de fruits, nectar	2''61
NECTARINIDAE	<i>Nectarinia notata</i> <i>N. souimanga</i>	Fines, recourbés	Nectar, Insectes, chenilles, Araignées.	1''16
PSITTACIDAE	<i>Coracopsis vasa</i> <i>Coracopsis nigra</i>	Robustes et coudés	Fruits, baies, fleurs entières, graines	1''92

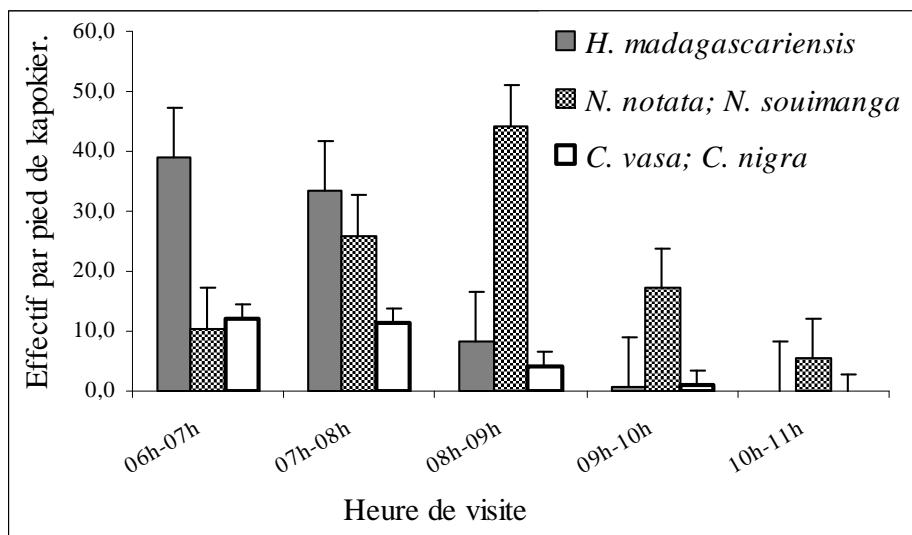
Chaque moyenne, par espèce du tableau 13 est calculée à partir de 10 observations. Le chronométrage des visites de chaque espèce a été effectué au moment où l'espèce est très active devant une fleur jusqu'à ce que cette visite intense cesse. *H. madagascariensis* et les deux espèces de *Nectarinia*, grâce à leur bec filiforme sont mieux adaptés à sucer le nectar de *Ceiba pentandra*.

a.2. Nombres de visite et comportements des Oiseaux

**Tableau 14 : Effectifs par heure des Oiseaux visiteurs de fleurs de kapokier.**

Effectifs moyens par espèce.	Heures					
	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h	11h-12h
<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	38,9	33,5	8,3	0,8	0,1	0,0
<i>Nectarinia notata et N. souimanga</i>	10,5	26,0	44,2	17,1	5,4	0,0
<i>Coracopsis vasa et C. nigra</i>	11,9	11,3	4,1	0,9	0,1	0,0

Le total des visites par 20 minutes de l'ensemble des Oiseaux permet d'étudier la variation de leurs effectifs par heure (Annexe 6).



**Figure 17: Effectif de chaque espèce d’Oiseaux : moyennes et erreurs standards.**

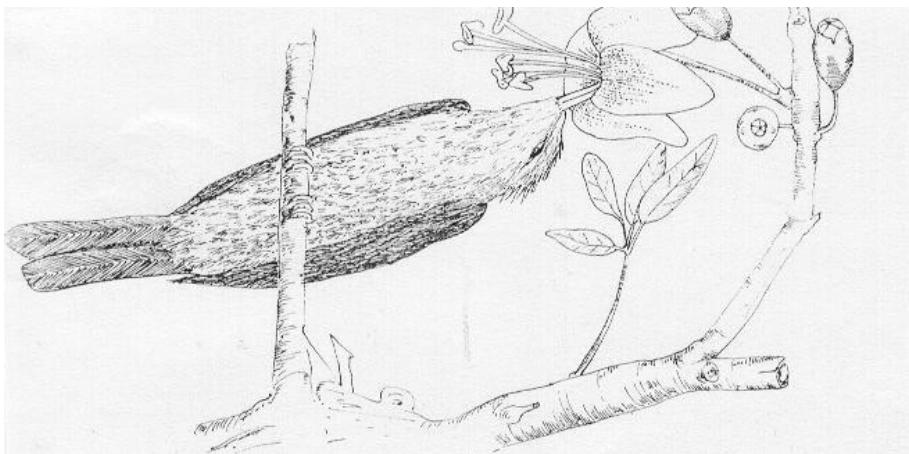
- *Coracopsis nigra* et *C. vasa*.

Ces espèces sont parmi les plus matinales. Elles sucent le nectar du kapokier et se nourrissent de ses fleurs. Le matin de 6h30 à 7h30, elles sucent le nectar en enfonçant le bec à l’intérieur de la corolle. La tête et le bec, après avoir sucé le nectar, sont bourrés de graines de pollen jaune. De ce fait, l’oiseau est capable de transférer les graines de pollen vers le stigmate de la même fleur ou d’autres. Il peut assurer la pollinisation le matin.

Ces deux espèces de *Coracopsis* sont aussi destructrices de fleurs de kapokiers. En effet, elles utilisent le tiers supérieur du kapokier comme lieu de perchage. Elles mangent aussi les boutons floraux. Ce comportement nocif conduit à une perte énorme de boutons de cette partie supérieure de l’arbre, c’est le cas d’un arbre à Morafeno dont environ la moitié du nombre total de boutons a été détruite. D’après l’observation du 23 juillet 2000 à Morafeno, 56 inflorescences sur 100 ont été détruites le même jour par 6 individus. Les deux espèces se perchent souvent par groupe de 6 à 12 individus sur l’arbre ; elles sont très bruyantes et se déplacent fréquemment d’un arbre à un autre. Elles perturbent souvent les autres Oiseaux qui sont aussi suceurs du nectar.

- *Hypsipetes madagascariensis.*

L'espèce est aussi matinale, son pic d'activité se trouve vers 6h20 (tableau 13, p45).



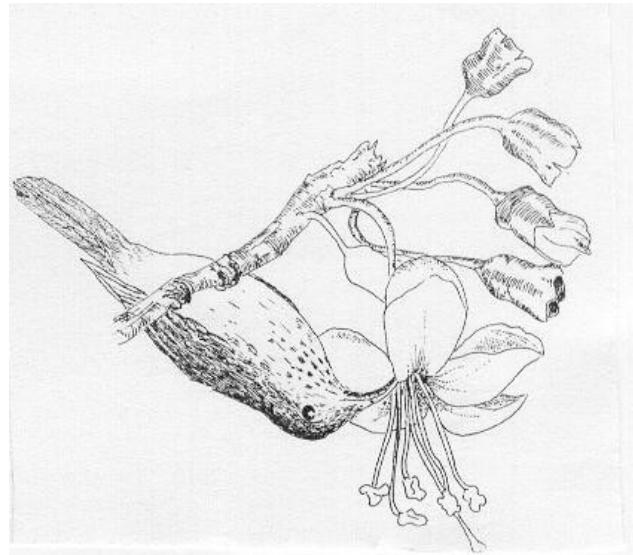
Échelle=1/2 Planche par Andrianaivoarivelo, 08 Juillet 2000.

**Figure 18: *Hypsipetes madagascariensis* suçant le nectar de *Ceiba pentandra*.**

Le bec long de 15 à 18mm et filiforme lui permet de sucer finement la fleur, évitant ainsi le contact avec les appareils reproducteurs de la fleur. Elle effectue soit le vol stationnaire pour sucer le nectar, soit le perchage sur le pédoncule floral. Elle se penche vers le bas pour aspirer le nectar de la fleur tournée ainsi vers le bas. Dans les deux cas, elle ne touche ni le stigmate ni les étamines. Elle peut visiter toutes les fleurs d'une inflorescence (6 fleurs), en 12 à 24 secondes ou en 2 à 3 secondes par fleur (tableau 13, p45). Un individu peut rester sur un arbre une à 15 minutes et cherche le nectar de toutes les inflorescences. En présence de *Nectarinia notata* ou *N. souimanga*, la plupart de *Hypsipetes madagascariensis* laisse le niveau 1/3 inférieur du cime à la portée de ces deux espèces. *Hypsipetes* n'entre pas en compétition avec les deux autres espèces. L'effectif de cette espèce sur le kapokier peut atteindre jusqu'à 20 individus (vers 6h30), il est possible que toutes les fleurs soient visitées par *H. madagascariensis*. Notons que le vol stationnaire faisant vibrer les ailes évente les graines de pollen et faciliterait l'autopollinisation.

- *Nectarinia notata* et *Nectarinia souimanga*.

Le comportement et l'effectif de ces espèces sont à peu près les mêmes. Leurs tailles semblables rendent difficile le comptage de l'effectif de chaque espèce.



échelle= 1 Planche par Andrianaivoarivelo, 08 Juillet 200).

**Figure 19: *Nectarinia notata* suçant le nectar de *Ceiba pentandra*.**

Elles sont moins matinales que *Hypsipetes* et *Coracopsis*, leur pic d'activité est compris entre 8h20 et 8h40. Un individu peut sucer le nectar d'une inflorescence (avec 6fleurs) en 10 à 15 secondes ou plus d'une seconde par fleur (tableau 13, p45). Comme chez *Hypsipetes*, elle peut effectuer le vol stationnaire ou se tient sur le pédoncule de la fleur et aspire le nectar. La longueur du bec est de 1,3 à 1,7cm, l'oiseau l'insère facilement au fond de la corolle (en évitant le contact avec les appareils reproducteurs) pour sucer le nectar qui commence à se vider de la fleur.

#### *b. Insectes visiteurs de fleurs de kapokier*

Les Insectes passant sur le kapokier en floraison sont capturés à l'aide du filet à papillon. Les espèces sont présentées sur le tableau 15 (p 49).

L'ordre des Lépidoptères est plus varié mais son effectif est plus faible que celui de l'ordre des Hyménoptères, qui est représenté seulement par l'espèce : *Apis mellifera*.

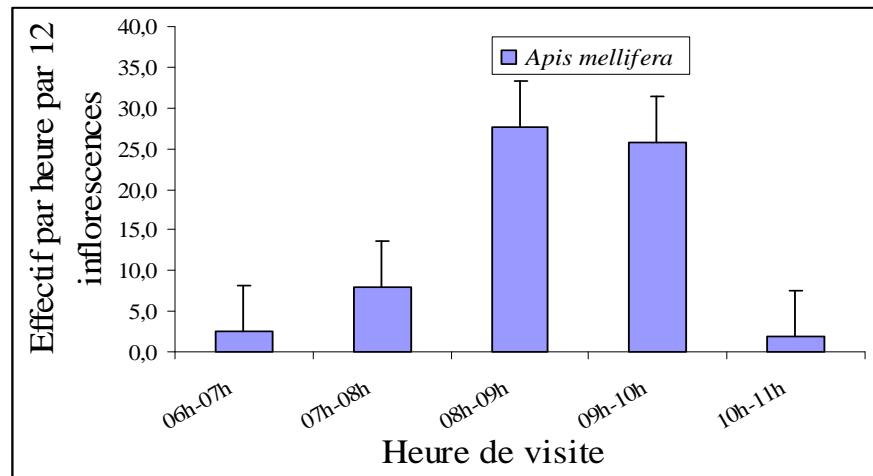
Il s'agit d'Insectes ayant une taille supérieure à 1cm. Les Lépidoptères sont plus variés que les Diptères. Les Lépidoptères sont peu nombreux, leurs interventions sont plus tardives et rares parce qu'il n'y a plus du nectar quand ils arrivent, ils sont lécheurs de pétale, ils ne se mettent pas en contact avec les appareils reproducteurs de la plante. La visite de *Apis mellifera* est la plus fréquente par rapport à celle des autres Insectes.

**Tableau 15: Classification des Insectes visiteurs diurnes de fleurs de kapokier.**

lieux	ordres	familles	genres	espèces
Morafeno	Lépidoptères	Nymphalidae	<i>Precis</i>	<i>radama</i>
Morafeno	Lépidoptères	Pteriridae	<i>Colotis</i>	<i>bucasif lineata</i>
Morafeno	Lépidoptères	Nymphalinae	<i>Neptis</i>	<i>kikidele</i>
B. sud	Lépidoptères	Nymphalinae	<i>Byblia</i>	<i>anvatara F. seriat</i>
B. sud	Lépidoptères	Acraeinae	<i>Acraea</i>	<i>terpsichore</i>
Morafeno	Lépidoptères	Philantidae	<i>Philantus</i>	<i>triangulum</i>
Morafeno	Hyménoptères	Apidae	<i>Apis</i>	<i>mellifera unicolor</i>

Détermination au Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza.

- *Apis mellifera unicolor* (APIDAE). (Annexe 6)



**Figure 20: Effectif par heure de *Apis mellifera* sur le kapokier en floraison : moyennes et erreurs standards.**

Cette espèce est très active entre 8h et 10h (Figure 22). Le matin de 6h30 à 7h30, elle se met sur la partie interne de la corolle et suce le nectar. En dehors de cette période, elle récolte du pollen. Sa taille est beaucoup plus petite que celle de la fleur, le stigmate est à 4 et 5 cm au dessus du réceptacle floral, par conséquent, quand elle suce le nectar sur les pétales, elle ne peut pas se mettre en contact avec les appareils reproducteurs de la fleur. Et quand elle récolte, le pollen, elle est seulement en contact avec les étamines et dans les deux cas, elle n'assurerait pas le transfert de pollens vers le stigmate. Le comptage de *Apis mellifera* est effectué par 12 à 20 groupes d'inflorescences.

### *c. Relation entre espèces diurnes et production de nectar disponible*

Même si la sécrétion de nectar s'arrête vers 5 à 6 heures du matin, il reste encore dans la fleur une quantité disponible (figure 14, p36) pour les visiteurs nocturnes (Oiseaux et Insectes). Le nectar existe encore quand les espèces diurnes arrivent mais son volume diminue et il n'en reste plus vers 10 heures. Les Oiseaux et les insectes profitent du dernier nectar restant dans la fleur.

## **IV.4. RESULTAT DES SACS D'EXCLUSION**

L'expérience de sac d'exclusion permet de vérifier quel est le groupe de visiteurs le plus efficace pour la fécondation de *Ceiba pentandra*.

### ▪ **IV.4.1. Avec le test analyse de variance (ANOVA)**

Nous avons utilisé 9 pieds de kapokier pour les expériences (pieds :\*N1, \*N2, \*C1, \*S3, \*S4, \*A1, \*A2, \*A3, \*A4 de la figure 2, données : Annexe 7).

a Test statistique : ANOVA.

Rappelons que le test ANOVA sert à savoir s'il existe des différences significatives entre les moyennes des nombres de fruits de 3 types d'exclusion (exclusion totale, exclusion des visiteurs diurnes et exclusion des vertébrés) et du témoin. Il est basé sur la comparaison de la valeur de F (donnée par le résultat de calculs) avec celle de la table (F. table) (P. 30).

Alors, si la valeur de F calculée est supérieure à celle de F lue sur la table (F0,95), il existe au moins une différence significative entre les variables analysées et l'hypothèse H0 (H0 : Absence de différence de moyenne entre les trois types d'exclusion et le témoin) est rejetée. Rappelons aussi que si la première partie du test de Anova montre de différences, la deuxième partie ou le test de Tukey consiste à configurer les différences effectivement significatives entre les trois moyennes d'exclusions et celle du témoin (P. 30).

**Tableau 16: Résultats des expériences d'exclusion.**

	Nombre total de		% de fruit par rapport aux boutons floraux	Moyennes de fruits par inflorescence
	Boutons floraux	fruits		
Exclusion totale	335	1	0,30%	0,03
Exclusion des vertébrés	1351	19	1,41%	0,52
Exclusions des visiteurs diurnes	1169	27	2,30%	0,69
Témoins (fleurs non enveloppées)	1219	31	2,54%	0,78
Totaux	5074	78		

Les inflorescences témoins donnent le plus de fruits (2,54% des boutons donnent des fruits) par rapport aux inflorescences exclues. Elles reçoivent les visites de tous les animaux suceurs du

nectar de fleurs de kapokier. Elles bénéficient donc des maximums d'effets des agents pollinisateurs.

Les inflorescences visitées uniquement pendant la nuit (exclusions des visiteurs diurnes) donnent un pourcentage des boutons floraux se transformant en fruits proche du résultat du témoin (2,30%).

Les insectes (exclusions des vertébrés) donnent la moitié du pourcentage par rapport à celui du témoin (1,41%) et le résultat des exclusions de tous les visiteurs est presque nul.

Les tableaux de l'Anova suivant confirment les groupes des visiteurs qui jouent le rôle important sur la pollinisation de *Ceiba pentandra*.

**Tableau 17: Analyse (ANOVA) des fruits de trois types d'exclusion et du témoin**

Paramètre	Exclusion			Témoins	Total
	totale	des vertébrés	des visiteurs diurnes		
n	36	36	36	36 (1)	144= n <sub>T</sub> (7)
$\Sigma x$	1	19	27	31 (2)	$78 = \Sigma x_T (8)$
x	0,027	0,527	0,75	0,861 (3)	
$(\Sigma x)^2$	1	361	729	961 (4)	$2052 = (\Sigma x_T)^2 (9)$
$\Sigma x^2$	1	25	48	55 (5)	$129 = \Sigma x_T^2 (10)$
SSi	0,972	14,972	27,75	28,30 (6)	72 (11)
C.T.					42,25 (12)

(explication, voir Annexe 7)

**Tableau 18: Sommaire de l'ANOVA.**

Source de variation	SS	df	S <sup>2</sup>	F	F <sub>table</sub> (df= 3 et 140)
Entre	14,75 (13)	3 (15)	4,91 (18)	9,82 (20)	2,60
À l'intérieur	72 (10)	140 (16)	0,5 (19)		
Total	86,75 (14)	143 (17)			

(explication, voir Annexe 7)

### Interprétation

La valeur de F=9,82 est supérieure à F<sub>95</sub>= 2,6049 pour les degrés de liberté k-1=3 et k (n-1)=140.

La variation sur les moyennes des nombres des fruits de 4 types d'échantillon est significativement différente. Il faudra alors déterminer les couples de moyennes qui ont des différences significatives par *le test de Tukey*.

#### ▪ IV.4.2. Avec le test de Tukey

Tableau 19: Comparaison entre les moyennes des exclusions et du témoin.

différence entre	Différence entre les deux moyennes	T	Signification
Témoin (x= 0,861) et exclusion totale (x= 0,027)	0,833 (21)	0,363 (22)	+
Témoin (x= 0,861) et exclusion des Vertébrés (x= 0,527)	0,333	0,363	-
Témoin (x= 0,861) et exclusion des diurnes (x= 0,75)	0,111	0,363	-
Exclusions des diurnes (x= 0,75) et totale (x= 0,027)	0,722	0,363	+
Exclusions des diurnes (x= 0,75) et des Vertébrés (x= 0,527)	0,222	0,363	-
Exclusions des Vertébrés (x= 0,527) et totale (x= 0,027)	0,500	0,363	+

(explication, voir Annexe 7)

Avec :

$$q= 3,63 \text{ (df= 4 et 140)}$$

+: la différence de deux moyennes > T, la différence entre les deux moyennes est significative.

-: la différence de deux moyennes < T, la différence entre les deux moyennes n'est pas significative.

Vertébrés : Oiseaux et Megachiroptères.

a. Les moyennes qui ont des différences significatives à  $t_{0,05}$  sont les moyennes des:

- *Exclusions totales* (on évite la visite de toute espèce) et *témoin*: Les inflorescences totalement exclues ne produisent pas de fruits, ce qui montre que *Ceiba pentandra* a besoin d'agents pollinisateurs.
- *Exclusion des tous les visiteurs diurnes* (on évite les espèces diurnes de visiter la fleur) et *exclusion totale*: la visite des espèces nocturnes conduit à la formation de plus de fruits, c'est-à-dire que les espèces nocturnes jouent un rôle important sur la pollinisation de cette plante.
- *Exclusion totale et exclusion des vertébrés* (on empêche les Oiseaux et les Megachiroptères de visiter la fleur): cette comparaison montre que certains groupes d'insectes ont pu passer à travers les trous du sac (exemple *Apis mellifera* et *Macroglossum aesalum*) et sont aussi pollinisateurs de *Ceiba pentandra*.

b. Les moyennes qui n'ont pas de différence significative.

- la moyenne des *témoins* est la même que celle de *l'exclusion des vertébrés*. Les Insectes ont alors des effets moins importants sur la pollinisation que les visiteurs nocturnes.
- la moyenne de *l'exclusion des diurnes* est la même que celle des *témoins*: il n'y a pas de différence entre le nombre des fruits des témoins et celui des fruits issus des inflorescences.

visitées par les espèces nocturnes. C'est-à-dire que, les visites des espèces nocturnes assurent la formation des quasi-totalités des fruits.

- Les différences des moyennes entre *exclusions des visiteurs diurnes* et des *vertébrés* ne sont pas significatives, car le point commun à ces deux expériences est qu'elles permettent l'intervention des espèces d'insectes nocturnes, c'est-à-dire que, les insectes nocturnes assurent aussi la pollinisation du kapokier. La plante a besoin donc des animaux nocturnes comme vecteurs pollinisateurs.

Le tableau 19 résume les effets des différents groupes de visiteurs sur la fructification du kapokier après les expériences d'exclusions.

## CONCLUSION.

On peut conclure que, ce sont les visiteurs nocturnes qui assurent la pollinisation ou plus précisément la fécondation de *Ceiba pentandra* du site d'étude. Ces visiteurs sont les Megachiroptères et les Insectes nocturnes comme les Sphingidae.

## V. DISCUSSION

On discute dans ce chapitre le rôle des Megachiroptères malgaches sur la pollinisation du kapokier. On va tenter d'expliquer pourquoi il y a relation entre la biologie de la plante et celle des chauves-souris pour assurer la coexistence de ces êtres vivants.

### V.1. *Ceiba pentandra*

#### ■ V.1.1 Phénologie de la floraison

La phénologie de la floraison est l'ensemble des caractères de la fleur et de l'inflorescence, à savoir la forme, la couleur, le temps d'ouverture, le moment de production de nectar, le mode d'apparition des fleurs sur l'inflorescence et la durée de vie de la fleur (Gribel *et al.* 1998).

Selon Pynaert (1953) au Congo, la fleur s'ouvre 15-30 minutes après le coucher du soleil, puis la déhiscence des anthères et le remplissage en mucilage de la cavité du stigmate s'en suivent.

Quand la fleur s'ouvre, elle dégage une odeur attirant les visiteurs plus lourds (Baker et Harris, 1959) (exemple : *Eidolon*) qui, en se perchant sur la branche, provoquent les suintements du nectar. Selon toujours ces auteurs, la perte des feuilles, trois mois avant et après la floraison, facilite l'intervention des plus grands animaux (Megachiroptères et Oiseaux).

La fleur est soutenue par la tige rigide supportant le fouillage de la chauve-souris à chaque visite sur la fleur ou inflorescence. Elle prend seulement une petite quantité du nectar et de pollen (Neuweiler, 2000). Elle est obligée alors de se déplacer pour chercher d'autres fleurs, d'où la pollinisation assurée du kapokier (Heinrich, 1972).

Les résultats du présent mémoire confirment que, la plante produit juste un petit nombre de fleur par jour 2 à 4 par inflorescence portant jusqu'à 31 boutons (tableau 4, p34). En effet, par son comportement, la chauve-souris visite rapidement plusieurs branches et d'autres pieds, effectuant en même temps la pollinisation croisée.

L'abondance de fleurs dans la partie périphérique de l'arbre (en moyenne 24 boutons à la périphérie et 9 boutons à l'intérieure, tableau 5, p35) peut être considérée comme une stratégie de la plante pour attirer les chauves-souris, car ces animaux, quand ils arrivent sur le kapokier, aspirent dans la plupart des cas le nectar porté par les fleurs périphériques du foliage (Baker et Harris. 1959).

## ▪ **V.1.2 Caractères de la plante qui attirent les chauves-souris**

Voici les caractéristiques des fleurs pollinisées par les chauves-souris d'après Knudsen et Tollsten (1985).

- Les fleurs se trouvent à la périphérie du foliage, elles sont bien exposées à l'extérieur.
- La fleur est plus large avec des pétales robustes ; les étamines et pistil sont bien exposés.
- La fleur dégage une forte odeur caractéristique.
- Elle s'ouvre le soir et la nuit. Pour la plupart des espèces elle s'ouvre seulement pendant une nuit.
- Le taux de protéine contenu dans la fleur est plus élevé que celui contenu dans la fleur pollinisée par les insectes.

Les caractéristiques de fleurs et inflorescences de *Ceiba pentandra* observées à Morondava, ayant de correspondance avec celles décrites par Knudsen sont les suivantes :

- La plupart des fleurs se trouvent à l'extérieur du foliage et la plante est totalement ou partiellement dépouillée avant la floraison.
- Les pétales et les appareils reproducteurs sont robustes durant la nuit et facilement détachables le jour, c'est-à-dire qu'ils sont adaptés à supporter les manœuvres des chauves-souris.
- Les pétales sont robustes.
- Les étamines et pistil sont bien exposés et se redressent souvent vers le bas pour faire face au museau de la chauve-souris.
- Le nectar dégage une forte odeur caractéristique et la fleur s'ouvre le soir.

Toutes ces caractéristiques montrent que *Ceiba pentandra* est vraiment adaptée à être pollinisée par les chauves-souris. Les chauves-souris et les kapokiers dans leur écosystème naturel entreprennent une interaction mutuelle car la chauve-souris, en tant que pollinisatrice, assure la pérennité du kapokier, tandis que la plante à son tour fournit une source d'énergie saisonnière en l'occurrence le nectar qui est nécessaire à la condition de vie des chauves-souris. La similarité de la technique adoptée par *C. pentandra* sur la sélection des agents pollinisateurs dans toutes les régions tropicales conduit à une colonisation extensive malgré la disjonction très vaste des tropiques. La structure de base de la fleur de la plante est toujours conservée partout n'importe où dans le monde (Gribel *et al.* 1998).

Le grand moyen utilisé par la plante est aussi sa période de floraison qui s'étale au cours de la saison sèche, il n'y a que très peu de fruits disponibles aux frugivores et la disponibilité

alimentaire dans la nature est très limitée. Alors à ce moment là, le kapokier intervient en produisant le nectar qui constitue l'aliment préféré des chauves-souris.

- **V.1.3. La sélection, facteurs défavorables à la fécondation**

D'après Heller *et al.* (1995), le pistil est capable d'opérer une sélection entre les différents types de pollen qu'il peut recevoir. Le croisement interspécifique est ainsi évité. Il existe des cas d'auto incompatibilité où le pollen d'une fleur ne peut pas germer sur le stigmate de cette même fleur ou d'une autre fleur de la même plante. Le réveil du grain de pollen au contact du stigmate est dû à la sécrétion par ce dernier de substances stimulantes, sécrétion spontanée ou produite par le contact même du grain de pollen. On conçoit dès lors qu'il y a une spécificité dans les interactions entre les deux partenaires (Heller *et al.* 1995). L'observation de Neuweiler en 2000 montre qu'un *Pteropus* ne reste pas sur une fleur pour plus d'une seconde pendant laquelle il ne peut recueillir que 0,2ml du nectar à peu près. Nous avons vu à Morondava, qu'il existe différemment des cas sur la durée de visite selon la production de nectar pour se rassasier en nectar.

## **V.2. Les megachiroptères**

- **V.2.1 Adaptation morphologique des Megachiroptères**

Les caractères morphologiques qui aident les chauve-souris à mieux sucer le nectar sont décrits par Baker *et al.* (1991). Ils ont généralement les yeux larges facilitant le repérage des fleurs blanches de kapokier et d'autres fleurs. La mâchoire allongée et étroite avec les dents plus petites facilitent le sondage de la profondeur de la fleur. La langue est toujours plus longue que le museau. Sa surface à la partie supérieure est toujours recouverte de papille filiforme sur laquelle le nectar est aspiré par capillarité (Philips and Birney, 1968). Pour *Pteropus rufus* et *Eidolon dupreanum* le museau et les dents sont plus grands que la fleur et mieux adaptés aux fruits, mais la langue filiforme et longue permet l'individu de lécher le nectar du fond de la corolle. Les poils du museau et du cou fixent bien les pollens.

## ▪ **V.2.2 Compétitions et pics d'activité des Megachiroptères**

La compétition entre les deux espèces *Pteropus* et *Eidolon* n'existe pas sur le kapokier même si elles arrivent au même instant. Pour cela, deux explications sont possibles :

1. Chaque individu d'une espèce possède plusieurs choix sur les inflorescences à visiter. Très rarement on voit deux individus se confrontant sur une inflorescence, ceci peut être dû soit à une grande production d'odeur soit à une pariade. Alors la compétition intraspécifique n'existe pas.
2. *Eidolon dupreanum* reste toujours dans la partie moyenne ou quelquefois sur la partie inférieure de la strate et elle ne vole même pas autour des branches du sommet. Quand les deux espèces sont à la fois présentes, *Pteropus rufus* prend le nectar des deux-tiers supérieurs de la partie fleurie du kapokier. La différence sur les niveaux des strates visités constitue donc une séparation de niches écologiques entre les deux espèces. Elles évitent alors la compétition extra spécifique ou entre espèces différentes.

La raison des deux pics d'activités de prise du nectar pour les deux espèces de Megachiroptères peut être due au rythme circadien de ces animaux. Elles sont très actives vers 20 à 22 heures (premier pic). Elles se reposent ou cherchent d'autres sources de nourritures vers mi-nuit et reprennent leur site d'alimentation à kapokier pour sucer le nectar vers 01 heure (deuxième pic). Le deuxième pic de la prise du nectar peut être dû à la courte durée du transit intestinal de Megachiroptères qui est limité entre 30 minutes et 3 heures (Neuweiler. 2000). Il se peut aussi que les chauves-souris du deuxième pic ne soient pas celles qui arrivent au premier pic. Elles peuvent venir d'un autre gîte plus loin ou d'un autre site d'alimentation (champ de kapokier ou d'arbres fruitiers).

## **V.3. CORRELATION ENTRE VISITEURS ET PRODUCTION DE NECTAR**

### ▪ **V.3.1. Corrélation entre les visites des Megachiroptères et la quantité du nectar disponible**

Même si le volume du nectar augmente jusqu'à 5 heures du matin (figure 14, p36), le test de la corrélation montre qu'aucune de deux espèces de Megachiroptères suit cette variation de l'ouverture de la fleur jusqu'au matin. Pour les deux espèces, à partir de 18h20 jusqu'à 21h20, les coefficients de corrélation entre la visite et la quantité du nectar disponible sont ( $r=0,923$  pour *P. rufus* et  $r=0,9$  pour *E. dupreanum*, tableau 11 p 43) fortement positives, Mais après ces heures, la fréquence de visite diminue et rendant le coefficient de corrélation forte et négative. On peut en conclure que, la visite des Megachiroptères ne dépend pas de l'abondance du nectar, le rythme

circadien de l'animal ou d'autres raisons comme la recherche d'autres ressources alimentaires peut l'influencer.

- **V.3.2. Corrélation entre les visites des Megachiroptères et la concentration du nectar**

La visite des Megachiroptères n'est pas influencée par la variation de la concentration de glucose du nectar entre 14 et 18,06 % (Tableau 7, p37) car cette dernière augmente dès l'ouverture de la fleur jusqu'à 01h20, mais les deux espèces de Megachiroptères ont des fortes corrélations ( $r=0,982$  pour *P. rufus* et  $r=0,792$  pour *E. dupreanum*, tableau 12, p 44) avec la concentration de glucose seulement de 18h20 à 21h20. à partir de 21h20 jusqu'à 01h20, les corrélations deviennent négatives (-0,972 pour *P. rufus* et -0,573 pour *E. dupreanum*).

L'augmentation graduelle de visite aux premières heures peut être due, soit à la stimulation par l'odeur du nectar ou par son goût qui devient de plus en plus sucrée (Figure 15, p. 38), soit ces visiteurs sont venus des gîtes différents, les uns qui viennent des gîtes plus proches viennent en premier et les autres des gîtes plus loin arrivent petit à petit jusqu'à 21h00. la présence de deux différents signes de corrélation pendant la nuit peut être interprétée comme une absence de corrélation entre la visite et la concentration durant la nuit. Ruiz (Ruiz et Zapata, 1984) a conclu que la préférence des chauves-souris pour la concentration de glucose du nectar est comprise entre 11,15 et 27,2%. En effet, la variation de la concentration de glucose de *Ceiba pentandra* étudiée à Morondava est entièrement inclue dans le domaine de préférence de Megachiroptères et n'influe donc pas sur leurs visites sur le kapokier.

#### **V.4. DISPONIBILITE DU NECTAR PAR RAPPORT AUX POPULATIONS DE MEGACHIROPTERES COMPTES SUR LE GITE**

Selon Gribel *et al.* (1998), le nombre de fleurs par  $m^2$  de la canopée de *Ceiba pentandra* est de 845 + ou - 203 (+ ou - : déviation standard), les fleurs produites (par un pied jeune) sur un rayon de 10m ou par une plante entière sont estimées à 265 000 par nuit.

D'après notre étude, une fleur secrète en moyenne 300 $\mu$ l (Tableau 6, p36) du nectar avec 16% de glucose (Tableau 7, p37). On peut calculer alors que la plante entière donne une moyenne de 79,5 litres ( $265\ 000 \times 300\mu\text{l} = 79,5\text{l}$ ) de nectar équivalent de 12,72kg ( $16\% \times 79,5 = 12,72\text{kg}$ ) de glucose par nuit. Il sera possible de déterminer le nombre de Megachiroptères qu'un pied peut nourrir si on connaît le besoin calorifique de l'animal et l'énergie apportée par une unité de mesure (en litre ou millilitre) de nectar.

D'après Neuweiler (2000), le nectar de kapokier contient 82,6% d'eau, 17% de glucose plus de 4% de protéine et 0% de matière grasse. Un ml du nectar donne 3,26kj d'énergie. Le nectar de

chaque fleur donne alors 0,978kj (0,978= 3,26 X 300/1000) pour les chauves-souris et le besoin calorifique de l'animal est de 4 184 kj/jour-kg (Neuweiler, 2000).

Le besoin d'un *Pteropus* 600g est donc à peu près 2 100kj/jour (Neuweiler, 2000). C'est l'équivalent de 644ml du nectar ou 2 146 fleurs (=536 inflorescences, une inflorescence porte en général 4 fleurs, tableau 4, p34). En comparant les études menées à Beroboka et celles menées par Gerhard, on peut dire que chaque individu de *Pteropus rufus* a besoin de visiter en moyenne 536 inflorescences par nuit s'il ne se nourrit que de nectar.

Si on divise la quantité totale produite par un pied par la quantité requise par un individu (79500/644) on obtient le nombre d'individus qu'un pied peut nourrir qui est égal à 123 (*Pteropus rufus*). Pourtant, nous avons constaté à Beroboka que l'arrivée et le déplacement des Megachiroptères sur la branche provoquent une perte du nectar et si nous supposons que cette perte peut aller jusqu'à la moitié de son volume, dans ce cas, la quantité restante est à peu près 150 ml par fleur et le nombre minimal d'individu que la plante peut nourrir devient alors 60 par nuit. L'activité observée par nuit 48 (tableau 8, p39) est inférieure à 60. Il est possible que *P. rufus* cherche d'autres sources de nourriture (autres plantes).

La population de *P. rufus* de Tsoratana à 36 km de Beroboka, notre lieu d'étude, a donc besoin de visiter 8 à 10 (500/60= 8,3) pieds de kapokier par nuit si elle se nourrit exclusivement du nectar du kapokier. On constate que l'effectif des kapokiers est beaucoup plus élevé (nombre de pieds à Beroboka=30, figure 2, p4) par rapport à celui *Pteropus rufus* comptés sur le gîte. Si l'effectif moyen des Megachiroptères est supérieur à 60, on peut l'interpréter comme une surpopulation de Megachiroptères. Mais s'il est inférieur à 60, la raison est que soit ces animaux mangent d'autre nourriture soit, leur effectif dans le gîte est faible par rapport aux kapokiers.

## V.5. POLLINISATEURS ET POLLINISATION

Pour qu'une espèce visiteuse puisse être agent pollinisateur de *Ceiba pentandra*, elle doit répondre aux conditions suivantes. Son intervention doit se faire avant la fanaison du pédicelle et avant l'heure de stérilité du pollen. L'espèce visiteuse évite le croisement mono spécifique et son comportement et/ou sa taille permet de transporter les pollens d'une fleur à l'autre du même pied ou d'autres pieds. D'après ce qu'on a vu à Morondava, ce sont seulement les deux espèces de Megachiroptères qui ont ces facteurs nécessaires pour la pollinisation du kapokier. En ce qui concerne les heures favorables à la réalisation de la pollinisation, Toxopeus (1950), en Afrique ressort de ses analyses qu'à 20°C la germination des pollens du kapokier dure moins de 12 heures. Mais à 16°C, la germination est très lente et la fleur se fane juste après. A ce moment là, le style, la corolle et les étamines se fanent ensemble. De ce fait, un autre chercheur Pynaert (1953) conclu dans ses études que ce facteur température étudié par Toxopeus facilite la distribution de

*Ceiba pentandra*, qui est comprise entre les latitudes 20° nord et sud. Les températures enregistrées au cours de la floraison de kapokier au C. F. P.F. Kirindy (Morondava) (entre 18 et 25°C) est conforme à cette conclusion de Toxopeus. Plus tard, Gribel *et al.* (1998) en Amazonie Centrale reprennent encore cette étude concernant le moment favorable à la germination des pollens de kapokier en pratiquant la pollinisation croisée par la main. Il effectue la pollinisation par la main humaine, d'abord entre 20 à 21 heures, puis entre 22 à 23 heures et le matin de 6 à 6h30. L'analyse au microscope fluorescent entre 48 à 72 heures après l'expérience montre que, pour les fleurs pollinisées la nuit, le tube pollinique se développe et s'allonge vers l'ovaire. Pour les fleurs pollinisées entre 6 heures et 6h30 du matin, il n'y a pas de trace de tube pollinique dans la région du placenta.

Ces expériences montrent que la pollinisation de la fleur de *Ceiba pentandra* devrait se faire la nuit. En effet, le premier pic d'activité des Megachiroptères vers 21 heures qui est plus élevé que le deuxième vers 2 heures (figure 17, p39) présente un avantage spécifique pour la plante car le transport de pollen au premier pic permet au tube pollinique d'avoir le temps de traverser le style avant sa fanaison lorsque le matin approche. La raison de ce besoin en animaux pollinisateurs vient du fait que, les graines de pollen sont en "tricolpates", (trois pollens accolés entre eux) cette adhésion résulte de la sécrétion de l'huile appelée "drops" sur l'anthère. Les pollens nécessitent alors d'être dissociées. La séparation de ces pollens pourrait être assurée par le contact avec les animaux (Baker et Harris. 1959 ).

Comme on a dit dans le résultat des expériences d'exclusion, il existe des espèces d'Insectes capables d'effectuer la pollinisation de *Ceiba pentandra*. Ce vecteur pollinisateur est fort probablement le Sphingidé *Macroglossum aesalon*. Le battement très fort et rapide de ses ailes crée un courant d'air qui peut transférer le pollen de l'étamine au stigmate. Nous pensons que l'intervention de cette espèce suffit pour expliquer la formation de fruits à l'intérieur du sac excluant les Oiseaux et les Megachiroptères. Le faible nombre de fleurs apparaissant chaque jour est une sorte de stratégie de la plante pour que chaque fleur puisse avoir la même chance d'être visitée et pour que les visiteurs n'aient pas de choix quant aux fleurs à visiter. Cela empêche également le gaspillage de fleurs et du nectar lors des visites.

## CONCLUSION

Les chauves-souris ne sont pas les seuls groupes d'animaux capables d'effectuer la pollinisation. Les grands papillons nocturnes en sont aussi capables, mais le rôle majeur des Megachiroptères est d'éviter l'autogamie qui entraîne la fragilité de la descendance. Ils assurent la fécondation croisée et la pérennité de la plante. Tous les caractères de la plante au cours de sa floraison contribuent à attirer les chauves-souris. Les avantages que la plante peut tirer de l'intervention de Megachiroptères sont :

- la très fréquente visite de megachiroptères;
- chaque individu se déplace répétitivement d'un arbre à l'autre pour assurer les échanges génétiques entre les pieds;
- le déplacement des megachiroptères sur une distance très large assurent ainsi l'échange génétique entre des pieds distants les uns des autres;
- les comportements des megachiroptères ne détruisent pas les fleurs et les inflorescences;
- la pollinisation plus marquée vers la première moitié de la nuit permet au tube pollinique de traverser le style avant son obstruction vers matin;
- par rapport à la plante pollinisée par le vent, les pollens de celle pollinisée par les Chiroptères ont beaucoup plus de chance d'être transporté sur le stigmate.

Les espèces diurnes n'ont pas d'importance significative sur la pollinisation. Ils interviennent après la fertilisation des graines de pollen. Les abeilles et les Oiseaux sont mieux adaptés pour sucer le nectar. Le bec de l'Oiseau est plus fin que la langue d'un Pteropodidae et peut se mettre à la base interne de la fleur.

L'étude de la pollinisation est un exemple typique qui montre le rôle indispensable des Megachiroptères dans la conservation de l'écosystème. La plantation de kapokiers pourrait constituer un moyen pour sauvegarder les chauves-souris frugivores. La plante leur fournit une source d'énergie importante au cours de la saison sèche pendant laquelle les fruits sont rares. Les Megachiroptères malgaches sont toutes endémiques mais s'adaptent très vite à plusieurs espèces de plantes introduites comme les kapokiers et les mangues.

Mais souvent, les kapokiers qui sont pour la plupart du temps localisé près du village sont souvent utilisés par les paysans pour chasser les Megachiroptères, ce qui pourrait réduire l'effectif de la population de ce groupe de Mammifères. La chasse sur le kapokier peut même anéantir après un certain temps ces espèces qui sont endémiques de Madagascar. Il est urgent de faire connaître aux paysans locaux le rôle des Megachiroptères en tant que vecteur pollinisateur et disperseurs des graines des espèces forestières et des plantes utiles à la vie quotidienne et à l'économie locale des villageois. Comme les Megachiroptères n'effectuent pas la dissémination

des graines de *Ceiba pentandra*. En effet, il est intéressant, par exemple, de recommander le reboisement de kapokier hors des villages et loin des perturbations humaines pour donner un alternatif de ressource énergétique saisonnière à ces animaux.

La plus part du temps, les lois, et les statuts de conservations existent et favorisent la conservation de nos richesses faunistiques et floristiques mais ils ne sont pas appliqués.

Il est important de mentionner que faute de moyen personnel, nous n'avons pas pu étudier les autres ressources de nourriture de Megachiroptères au cours de la même saison. Le nombre d'observation ainsi que le nombre de pieds observés étaient faibles. Pour faciliter et étudier la fréquence de visite d'un individu, il est recommandé de pratiquer le marquage fluorescent à fixer sur le bras de l'animal.

Nous proposons alors d'élargir la recherche pendant plusieurs saisons et sur d'autres régions de l'Ouest pour voir en particulier s'il existe d'autres espèces pollinisatrices de kapokier.

Malgré les problèmes rencontrés durant nos travaux, les méthodologies utilisées au cours de la réalisation de cette recherche avec les appuis des documents des autres chercheurs ont mené ou presque à des résultats satisfaisants.

Il est plus intéressant d'approfondir l'étude sur les autres sources d'énergie ainsi que la préférence des Megachiroptères au cours de la floraison de *Ceiba pentandra*. Les autres études qui méritent d'être approfondie suite à la nôtre sont les études sur le régime alimentaire des Megachiroptères du versant Ouest de Madagascar, à différentes saisons, et du rôle des ces animaux sur la pollinisation et la dispersion des graines des plantes endémiques de l'Ouest de Madagascar.

## ‘BIBLIOGRAPHIE.

- **Albignac, R. 1987.** Priorité en matière de conservation des Mammifères non primates de Madagascar. In Mittermeier, R. A., Rakotovao, L.H., Randrianasolo, V., Sterling, E.J., and Devitre, D., editors. Priorités en matière de conservation des espèces à Madagascar. IUCN, Gland P 85-92.
- **Allen, G.M. 1940.** Bats. Cambridge, Mass. In bat-pollination of the Silk-cotton tree, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (*sensu lato*), in Ghana. Journal of the West African Science Association P 6.
- **Baker, H.G. and Harris, B. J. 1959.** Bat-Pollination of the Silk-cotton tree, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (*sensu lato*), in Ghana. Journal of the West African Science Association P 1-9.
- **Baker, R. J. , Novacek, M. J. and Simmons, N. B. 1991.** The monophylia of bats. Syst Zool P 40, 216- 251.
- **Baum, D.A. 1995.** The comparative pollination and floral biology of Baobabs (*Adansonia* Bombacaceae). Annals.of the Missouri Botanical Gardens, 82, 322-384.
- **Bollen, A. and Elsacker, L. V. 2002.** Feeding ecology of *Pteropus rufus* (Pteropodidae) in the littoral forest of Sainte Luce, SE Madagascar. Acta Chiropterologica. P. 4(1) : 33-47.
- **Bour, R. 1981.** Etude systématique du genre endémique malgache *Pyxis* Bell, (Reptilia, Chelonii). Bulletin 1827. Soc. Linnéenne Lyon P 50 : 132-176.
- **Brink, V. D. et Barruel, P. 1967.** Guide de Mammifères sauvages de l’Europe Oxidentale, Neuchatel.
- **CAMP, 2001.** Evaluation et Plan de Gestion pour la Conservation (CAMP) de la Faune de Madagascar. Lémuriens et Amphibiens, Poissons d’eau douce et Evaluation de la Viabilité des Populations et des Habitats (PHVA) de *Hypogeomys antimena* (Votsitse). MANTASOA, MADAGASCAR. 20-25 mai 2001.
- **Dorst, J. 1947.** Essai d’une clef de détermination des chauves-souris malgaches. Mémoire de l’Institut Scientifique de Madagascar. Série A-Tome I. Fascicule 1 P 82.
- **Emberger, L. 1960.** Dans le traité de Botanique Systématique. Trois voulume.Tome II, Masson. Récité dans la vie des plantes par Cartini, R. 1971 P 157-176.
- **Faramalala, M. H. 1988.** Etude de la végétation de Madagascar à l'aide de données spatiales. Thèse de Doctorat d'Etat. Université Paul Sébatier Toulouse. 167 pages.
- **Fowler, J., Cohen L. and Jarvis P. 1990.** Practical Statistics for Field Biology. Second Edition P 179-201.
- **Fujita, M. S. and Tuttle, M. D. 1991.** Flying foxes (Chiroptera : Pteropodidae) Threatened animals of Key and Ecological and Economical Importance. Conservation Biology Acta Chiropterologica P. 3(4) : 455-463.

- **Ganzhorn, J. U. and Sorg, J. P. 1996.** Lemurs of the Kirindy forest. In Sorg, J. P. Gottingen Ecology and Economy of a tropical dry forest in Madagascar. Primate report, P 46-1, 257- 274.
- **Glaw, F. and Vences, M. 1994.** Amphibians and Reptiles of Madagascar, 2<sup>nd</sup> Edition. In Eigenverlag, Köln, Ganzhorn, J. U. and Sorg, J. P. 1996. Ecology and Economy of a Tropical Dry Forest in Madagascar. Primate report. 46-1. P.190.
- **Gribel, R., Peter, E. Gibbs and Queiroz, A. L. 1999.** Flowering phenology and pollination biology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Amazonia. Journal of Tropical Ecology. P 15:247-263. In Quesada, M., Stoner, K.E. Rosas-Guerrero, V., and Placios-Guevara, C., 2003. Plant Animal Interactions. Eocologia P 135: 400-406.
- **Heinrich, B. and Raven, P. H. 1972.** Energetic and pollination science. Ecology P 176, 597-602.
- **Heller R., Esnault R., Lance C. 1996.** Physiologie végétale. Cinquième édition, Tome2. P225.
- **Howell, D. J. 1974.** Bats and Pollen : Physiological aspects of the syndrome of chiropterophily. Comp. Biochim. Physiol. 48A : 263-276. in Donald. Thomas, W. Analysis of Diets of plants visiting Bats :: Département de Biologie Université de Sherbrooke, Quebec J/K 2R1 Canada. .p 263, 276
- **Kendall, M. G. 1962.** Rank Correlation Methods, 4<sup>th</sup> ed., Hafner Press, New York.
- **Knudsen, J. T. and Tollsten, L. 1985.** Floral scent in bat-pollinated plant : case of convergent evolution. Bot J Limn Soc P: 45- 57.
- **Laurent, J. 1991.** The ‘Programme Menabe’, in Madagascar. A project of the cooperation Suisse. In Ganzhorn, J. U. and Sorg, J. P. 1996 Ecology and Economy of a Tropical Dry Forest in Madagascar. Primate report. 46-1, Gottingen.
- **Mackinnon, J. L. and Hawkins, C. 2000.** Draft Tetikasa Fikajiana Fanihy . p 6.
- **Marche, J. and Marchad 1965.** Le Monde Végétal en Afrique Intertropicale, Edition 11 P 342-344.
- **Marshall, A. G. 1983.** Bats, Flowers, and fruit evolutionary relationships in the old world. Biologie. Social. 20: 115-135
- **Marshall, A. G. and Mc William, A. N. , 1982.** Ecological observations on epomophorine fruit-bats Megachiroptera in West African savana Woodland. Journal of Zoology, London P 198: 53-67.
- **Marshall, A. G.1985.** Old world phytophagous bats Megachiroptère and their food plants a survey. Zool. J. Lin. Soc. P. 83: 351-369.
- **Mc Clure, H. E. 1966.** Flowering, fruiting and animals in the canopy of a tropical rain forest. Malayan Forester, P. 29: 182-203.
- **Morris, P. and Hawkins, F. 1998.** Birds of Madagascar. A photographic Guide. Yale University Press, New Haven and London. P. 236, 284-286, 184-186...
- **Nowak, R. M. 1994.** Walker’s Bats of the World. Introduction by Thomas H. Kunz and Elizabeth D. Pierson. The Johns Hopkins University Press Baltimore and London P54.

- **Neuweiler, G. 2000.** The Biology of bats. Translated by Ellen Covey. New York Oxford University press P 112-115.
- **Petter , F. 1972.** The rodents of Madagascar. In Battistini, R. and Richard-Vindard G., Biogeography and Ecology in Madagascar. The Hague P. 661-665.
- **Philips, C. J. and E. C. Birney. 1968.** Taxonomic status of the Vespertilionid genus *Anamygdon* (Mammalia; Chiroptera). Proc. Biol. Soc. Washington 81: 491-98.
- **Projet LFR, 2003.** Version Draft du projet Laminasa Fiarovana Ramanavy.
- **Pynaert, L. 1953.** Le faux-cotonnier. In Baker, H.G. and Harris, B. J. 1959. Bat-Pollination of the Silk-cotton tree, *Ceiba pentandra* in Ghana. Journal of the West African Science Association P. 18, 453-4546.
- **Rakotonirina. 1996.** Composition and structure of dry forest on sandy soils near Morondava. Pages 81-87. In Ganzhorn, J. U. and Sorg, J. P. 1996. Ecology and Economy of a Tropical Dry Forest. Madagascar Primate Report P 46-1.
- **Rakotovao, L.H., 1994.** Monographie sur la biodiversité à Madagascar : projet GP /0311/94/63. Agence d'execution ANGAP. Version DRAFT.
- **Ranaivoson, N. 2000.** Etude d'impact des Acridicides sur les Arthropodes non cibles dans la lutte anti-acridienne dans la région de Morondava. En collaboration avec l'ONE et le département de Biologie Animale. Faculté des Sciences Université de Tananarive.
- **Rasoloarison, R. M. Rasolonandrasana, B. P. N. , Gazhorn, J. U. and Goodman, S. M. 1995.** Predation on vertebrates in the Kirindy forest, western Madagascar. Ecotropica P. 1 :59-65.
- **Rasolonandrasana, B. P. N. 1994.** Contribution à l'étude de l'alimentation de *Cryptoprocta ferox* Bennet (1833) dans son milieu naturel. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies. Département de Biologie Animale. Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo.
- **Ratrimomanarivo, H. F. 2003.** Etude du régime alimentaire de *Eidolon dupreanum* (Pollen, 1866) dans les Hautes-Terres centrales malgaches et son rôle potentiel sur la régénération de l'écosystème. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies Sciences Biologiques Appliquées. Option Ecologie Environnement. Département Biologie Animale. Faculté des Sciences. Université d'Antananarivo. 66 pages.
- **Ronald M. Nowak, 1991.** Walker's Mammals of the World, 5<sup>th</sup> edition, by the Johns Hopkins University Press. In Nowak, R. M. 1994. Walker's Bats of the World. Introduction by Thomas H. Kunz and Elizabeth D. Pierson. The Johns Hopkins University Press Baltimore and London P 56.
- **Ruiz and Zapata. 1984.** Floral biology and breeding system of *Bauhinia ungulata* (Leguminosae), a bat pollinated tree in Venezuelan. In Amer, I.J., kress, W. J. 1985. Bat pollination of old world. *Heliconia biotropica* P 71: 273-280.
- **Schwartz, D. 1963.** Méthode statistique à l'usage des médecins et biologistes, troisième édition. Flammarion Médecine. Paris 318 pages.
- **StatView for Windows SAS Institute Inc.** Copyright 1992-1998 Version 5.0.

- **Thomas, D. W. 1981.** Analysis of Diets of plants visiting Bats: Département de Biologie Université de Sherbrooke, Quebec J/K 2R1 P 217.
- **Toxopeus, H. J. 1950.** Kapok in de Indische Archipel. In de Landbouw Hall, C. J. J., and Koppel, C., s-gravenhage., vol 3.

**Annexe 1. Les différents stades de développement de boutons de *Ceiba pentandra*.**

Jours	MBJ	MBI	MBM	MFL	MFR	Total
1	24,8	6,2	5,4	2,6	0	39
2	21,4	7,6	5,6	2,6	2,6	39,8
3	18,2	6,4	4,6	5,4	5,2	39,8
4	9	12,4	5,6	5	10,4	42,4
5	6,2	6	5	5,6	15,2	38
6	2,6	5	3,2	4,8	21	36,6
7	1,4	2	1,8	3,4	25,2	33,8
8	1,4	0,2	2	2	28	33,6
9	0,4	0	0,2	2	26,8	29,4
10	0,4	0	0	0,6	26,8	27,8
11	0,2	0	0	0	24,4	24,6
12	0	0	0	0	17,4	17,4
13	0	0	0	0	12	12
14	0	0	0	0	9,6	9,6
15	0	0	0	0	5,8	5,8
16	0	0	0	0	3,6	3,6
17	0	0	0	0	1	1
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0

M : Nombre moyenne

BJ; B2 ; B3 : boutons Jeunes ; Intermédiaires ; Matures ; FL :Fleurs ; FR : Fruits

## Annexe 2. Mesure des quantités du nectar à Morafeno et Beroboka sud (Morondava).

- Nectar disponible (4-5 juillet 2000 sur un pied à Morafeno)

- Production totale de nectar (20- 21 juillet 2000 sur un pied à

Date 04 et 05 Juillet 2000				
Heures	Quantité en ul des trois fleurs			moyennes
18:20	50	56	45	50,33
19:20	137	160	170	155,6667
20:20	175	170	180	175
21:20	200	250	150	200
22:20	250	270	270	263,3333
23:20	330	300	350	326,6667
00:20	305	360	345	336,6667
01:20	340	360	345	348,3333
02:20	360	330	350	346,6667
03:20	625	400	350	458,3333
04:20	370	340	320	343,3333
05:20	375	350	300	341,6667
06:20	270	400	365	345
07:20	300	350	335	328,3333
08:20	270	150	125	181,6667
09:20	125	75	15	71,66667
10:20	0	0	0	0
11:20	0	0	0	0
12:20	0	0	0	0
14:20	0	0	0	0
16:20	0	0	0	0
17:20	0	0	0	0

Date 20 et 21 Juillet 2000				
Heure	Quantité en ul des 3 fleurs			moyennes
18:20	33	45	30	36,00
19:20	145	140	150	145
20:20	165	170	160	165
21:20	270	275	265	270
22:20	310	320	340	323,3333
23:20	373	360	380	371
00:20	390	395	392	392,3333
01:20	410	412	406	409,3333
02:20	429	430	420	426,3333
03:20	435	440	445	440
04:20	460	458	452	456,6667
05:20	465	480	482	475,6667
06:20	480	478	476	478
07:20	482	470	460	470,6667
08:20	460	430	450	446,6667
09:20	440	396	470	435,3333
10:20	440	396	470	435,3333
11:20	440	396	470	435,3333
12:20	440	396	470	435,3333
14:20	440	396	470	435,3333
16:20	440	396	470	435,3333
17:20	440	396	470	435,3333

Beroboka sud)

1

- Production total de nectar, suite (25-26 juillet 2000 à Morafeno).

Heures	18:20	19:20	20:20	21:20	22:20	23:20	00:20	01:20	02:20	03:20	04:20
Quantité en ul des 3 fleurs	50	95	115,5	142,5	165,3	233,1	240	280	351,2	382,3	426
	55	75	105,1	150	163,4	190	252,4	304	338	352	450,2
	45	100,5	125	131	159	240	248,6	390,3	366	401	402
moyennes	50,00	90,167	115,2	141,17	162,57	221	247	324,8	351,7	378,4	426,07

Heures	05:20	06:20	07:20	08:20	09:20	10:20	11:20	12:20	14:20	16:20	17:20
Quantité en ul des 3 fleurs	454,1	433	421	410	408	408	408	408	408	408	408
	460	462	460,6	412,5	397	397	397	397	397	397	397
	480,3	412	390	367	398	398	398	398	398	398	398
moyennes	464,8	435,67	423,87	396,5	401	401	401	401	401	401	401

**Annexe 3. Mesure de concentrations de nectar. (4-5 ; 20-21 ; 25 –26 Juillet 2000).**

Heure	18:20	19:20	20:20	21:20	22:20	23:20	0:20	01:20
C %	15	16,5	18	19	18,5	17,8	17,5	18,5
	16,5	17,5	17,5	18,5	19	20,5	18,4	18,5
	12	18	18	18	18,5	18,25	21,5	22
4/5 juillet	14,4	16	17,5	17	17,5	18	18,5	17
	14	17	16,75	18	18	17,5	17,5	18,5
	16	15	17	17,50	18	17,75	17,5	18
C %	14	14,75	15	15	15,5	15,5	15,75	16,5
	13,5	14	14,5	14,5	16	16,5	16	17
	12,5	14,5	15	15,5	15,5	15	16	16,5
Moyenne/H	14,21	15,92	16,58	17,00	17,39	17,42	17,63	18,06
Heure	02:20	03:20	04:20	05:20	06:20	07:20	08:20	09:20
C %	18	18	18	19	17	17	15,5	16
	18	16,5	17,5	16	16	16,5	17,5	17
	18,5	19	17	17	16,5	14	13	12
4/5 juillet	17	17	17,25	16,5	17	16,5	16	16
	17,8	17,5	17	17	17	17,5	16,5	16
	17,4	17,6	17,5	17,5	17	16	16	15,5
C %	16	15,5	15,5	15	14,5	15	15	14,5
	17	15	15,5	14,5	16	14	14	13
	16	15,5	14,5	15,5	13	15	13	15,5
Moyenne/H	17,30	16,84	16,64	16,44	16,00	15,72	15,17	15,06

C% : concentration de glucose en %, M : Moyenne.

**Annexe 4. Nombre des visites des Megachiroptères par nuit par pied.**

■ ***Pteropus rufus. Juillet 2000***

Date\Heure	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-01	01-02	02-03	03-04	04-05	Eff/nuit
10;11	0	6	5	7	6	4	5	3	8	5	2	51
12;13	2	14	12	10	8	3	5	4	10	3	0	71
14;15	2	3	10	12	4	7	1	5	6	4	2	56
16;17	1	14	8	3	7	12	6	6	5	7	3	72
18;19	2	0	2	3	2	2	4	3	3	1	0	22
20;21	1	3	4	6	5	2	3	5	1	4	6	40
6;7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21;22	0	0	1	1	2	1	0	0	0	1	0	6
23;24	0	2	5	4	3	5	2	1	5	3	1	31
2;4	6	9	10	12	10	8	3	8	7	3	1	77
17;	1	7	8	0	4	4	3	3	2	2	0	34
18;	1	2	4	5	7	2	1	5	2	0	0	29
5;6	0	6	7	8	6	5	2	0	2	2	0	38
25;26	0	1	2	2	0	0	0	0	3	2	0	10
27;28	1	6	10	11	8	6	4	3	7	4	0	60
M/heure	1,133	4,87	5,867	5,6	4,8	4,07	2,6	3,07	4,07	2,73	1	

■ ***Eidolon dupreanum. Juillet 2000***

Dates\ Heures	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	24-01	01-02	02-03	03-04	04-05	Eff/nuit
10 ; 11	0	1	2	3	2	1	2	3	1	1	0	16
12 ; 13	1	2	3	1	0	0	1	2	0	0	0	10
14 ; 15	0	0		0	0	0	0	2	3	1	0	8
16 ; 17	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	4
18 ; 19	1	0	0	1	0	0	0	0	2	2	0	6
20 ; 21	0	1	1	1	0	0	0	0	2	0	0	5
6 ; 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21 ; 22	0	0	0	1	1	1	01	10	0	3	2	19
23 ; 24	0	0	2	3	1	1	0	0	0	1	1	9
02 ; 04	2	2	2	2	2	0	0	0	1	1	1	13
29 ; 30	1	1	0	0	0	0	0	2	1	1	1	7
08 ; 09	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	6
05 ; 06	1	0		0	0	0	01	1	1	0	0	4
25 ; 26	1	1	1	1	1	0	0	0	0	2	2	9
27 ; 28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M/ Heure	0.53	0.53	0.8	0.93	0.47	0.2	0.3	1.4	0.87	1.07	0.6	

Eff/Nuit :Effectif par nuit.

M/heure : Moyenne par heure

**Annexe 5. Durée de visite et activité par niveau de kapokier de *P. rufus* par inflorescence et par heure, Juillet 2000**

- DUREE DE VISITE.

Heures	durée de visite par inflorescence en second (6 observations /heure)					
18h	4	5	6	10	10	7
19h	20	28	18	17	38	24,2
20h	23,5	24,16	21	69	33	34,132
21h	32,91	21,58	43,66	32	31	32,23
22h	15,83	39,27	29,6	19,75	30	26,89
23h	30	18,46	27	31	26	26,492
24h	16,66	12	20	26	28	20,532
01h	21,4	25,7	19,32	13	14,5	18,784
02h	5	15	30,33	11,53	27,81	17,934
03h	18,46	12,41	19,24	12,1	22,45	16,932
04h	16,32	14,1	12,7	16	10	13,824
05h	21,14	9	13	8	7	11,628

- ACTIVITE.

Nombre de visite de *P. rufus* suivant le niveau de la canopée fleurie

juil-00	N sup	N moyen	N inferieur	nb observe	comptes
10 ; 11	15	5	0	20	51
12 ; 13	6	18	0	24	71
14 ; 15	15	12	1	28	56
16 ; 17	10	2	0	12	72
18 ; 19	3	8	3	14	22
20 ; 21	6	16	0	22	40
6 ; 7	0	0	0	0	0
21 ; 22	2	3	1	6	6
23 ; 24	16	4	0	20	31
2 ; 4	8	22	0	30	77
17 ;	13	9	2	24	34
18 ;	12	3	0	15	29
5 ; 6	3	6	0	9	38
25 ; 26	8	2	0	10	10
27 ; 28	2	7	0	9	60
Totaux	119	117	7	243	597

N sup : niveau supérieur

Nb observés : Nombre d'individus observés sur le kapokier

Comptés : nombre d'individus comptés y compris les individus observés.

**Annexe 6. Moyennes des effectifs par 20mn des espèces oiseaux et insectes visiteurs diurnes des fleurs de kapokier (13-30 juillet 2000).**

- OISEAUX.

- Visite par 20 minutes.

Heure	06:00	06:20	06:40	07:00	07:20	07:40	08:00	08:20	08:40	09:00	09:20	09:40	10:00	10:20	10:40
<i>H madagascariensis</i>	3,4	19,0	16,5	13,8	11,5	8,2	6,1	1,9	0,2	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0
<i>N notata; N souimanga</i>	0,0	2,5	7,9	8,9	8,0	9,1	14,2	19,8	10,2	9,2	4,9	3,0	1,9	3,1	0,4
<i>C vasa; C nigra</i>	0,4	5,1	6,5	5,2	3,1	3,1	1,8	1,2	1,2	0,6	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0

- Visite par heure.

Heure	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h
<i>H madagascariensis</i>	38,9	33,5	8,3	0,8	0,1
<i>N. notata; N. souimanga</i>	10,5	26,0	44,2	17,1	5,4
<i>C. vasa; C. nigra</i>	11,9	11,3	4,1	0,9	0,1

- *Apis mellifera unicolor*. (13-30 juillet 2000).

- Effectif par 20 minutes.

06h00	06h20	06h40	07h00	07h20	07h40	08h00	08h20	08h40	09h00	09h20	09h40	10h00	10h20
0	0	20	20	18	16	12	10	8	6	3	0	0	0
0	6	10	5	0,5	2	4	6	8	10	20	60	20	6
0	0	0	0	0	0	0	3	8	10	20	6	2	0
0	0	0	0	0	3	12	60	25	2	2	2	1	1
0	0	0	0	0	6	10	60	30	3	2	0	1,25	0
0	0	0	0	2	2	2	1,5	0	0	0	0	0	0
0	0	2	2	2	3	2	1	0	0	0	0	0	0
0	0	4	2	3	3	3	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	10	13	40	100	120	30	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	25	1	0	0
0	0	0	0	0	45	45	15	45	0,5	0	0	0	0
0	0	0	0	0	45	45	15	45	0,5	0	0	0	0
0	0	0	0	15	15	3	2	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	3	5	30	11,5	8,5	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	2,5	7	15	6,5	0,5	0,5	0	0
0	0	0	0	0	2	7	9	15	8	6	0	0	0

- Effectif par heure.

Heure	06h-07h	07h-08h	08h-09h	09h-10h	10h-11h
<i>Apis mellifera</i>	2,5	8,0	27,7	25,9	2,0

## Annexe 7. Résultats des expériences d'exclusions.

Nombre des boutons par inflorescence avant les expériences, et celui de fruits à la fin des expériences.

Nombre de boutons par inflorescence			Nombre de fruits par inflorescence				
Exclusion			Exclusion			Temoins	
total	vertèbrés	visiteurs diurnes	total	vertèbrés	visiteurs diurnes		
26	16	18	25	0	0	0	1
25	18	16	17	0	0	0	0
12	20	28	24	0	0	0	0
69	26	30	24	0	1	1	1
21	19	19	25	0	0	0	0
18	15	66	96	0	0	2	3
35	69	19	33	0	1	0	1
42	72	18	34	0	0	0	1
15	74	20	48	0	1	0	2
9	43	41	30	0	0	0	0
15	52	22	14	0	1	0	0
15	70	24	15	0	0	0	2
26	40	20	45	0	0	2	1
26	63	46	40	0	0	2	1
16	27	20	27	0	0	0	0
72	40	61	30	0	0	0	0
56	24	23	51	0	0	3	1
78	36	17	24	0	1	0	0
40	36	40	25	1	0	2	0
80	30	49	21	0	2	0	1
60	30	18	22	0	0	1	1
36	10	24	18	0	1	1	0
66	8	25	72	0	1	1	1
52	17	27	30	0	1	0	1
40	5	29	26	0	1	0	0
92	15	61	54	0	1	2	2
41	40	26	63	0	2	2	1
76	54	39	64	0	1	1	2
11	58	62	22	0	0	0	0
36	60	52	49	0	0	0	1
13	20	53	13	0	2	2	0
14	60	21	26	0	0	0	2
36	42	48	36	0	1	2	3
27	64	49	43	0	0	0	0
11	50	18	14	0	1	2	2
28	28	20	19	0	0	1	0

## Analyse (ANOVA) des fruits de trois types d'exclusion et du témoin

Paramètre	Exclusion			Témoins	Total
	totale	des vertébrés	des visiteurs diurnes		
n	36	36	36	36 (1)	144= n <sub>T</sub> (7)
$\Sigma x$	1	19	27	31 (2)	78 = $\Sigma x_T$ (8)
x	0,027	0,527	0,75	0,861 (3)	
$(\Sigma x)^2$	1	361	729	961 (4)	$2052 = (\Sigma x_T)^2$ (9)
$\Sigma x^2$	1	25	48	55 (5)	$129 = \Sigma x_T^2$ (10)
SSi	0,972	14,972	27,75	28,30 (6)	72 (11)
C.T.					42,25 (12)

Explication du tableau en prenant l'exemple du témoin. (Légende : p28-29, données : Annexe 7).

(1)  $n_{\text{témoin}} = 36$  : 36 échantillons pour le témoin.

$$(3) \frac{\sum x_{\text{témoins}}}{n} = \frac{31}{36} = 0,861. \text{(Nombre moyen de fruits par inflorescence.)}$$

$$(4)(\Sigma x)2 = (31)2 = 961$$

(5)

$$\begin{aligned}\Sigma x^2_{\text{témoin}} = & 12+02+02+12+02+32+12+12+22+02+22+12+12+02+02+12+02+32+12+12+22+0 \\ & 2+ \\ & 02+22+12+12+02+02+12+02+02+12+12+02+12+12+02+22+12+22+02+12+02+22+32+02+22+ \\ & 02 = 55\end{aligned}$$

$$(6) \text{ SSit moins} = \sum x_2 - \frac{(\sum x_{\text{témoins}})^2}{n} = 55 - \frac{961}{36} = 28,305.$$

## Calculs de totaux.

$$(7) nT = 36 + 36 + 36 + 36 = 144$$

$$(8) \Sigma xT = 1 + 19 + 27 + 31 = 78$$

$$(9) \Sigma xT2 = 1 + 25 + 48 + 55 = 129$$

$$(10) \text{SSI} = 0,972 + 14,972 + 27,75 + 28,305 = 72$$

$$(11) (\Sigma xT) 2 = 1 + 361 + 729 + 961 = 2051$$

$$(12) \text{ Terme de Correction C. T.} = \frac{\sum xT}{nT} = \frac{78}{144} = 42,25$$

## Sommaire de l'ANOVA.

Source de variation	SS	df	S2	F	F <sub>table</sub> (df= 3 et 140)
Entre	14,75 (13)	3 (15)	4,91 (18)	9,82 (20)	2,60
À l'intérieur	72 (10)	140 (16)	0,5 (19)		
Total	86,75 (14)	143 (17)			

$$(14) SSt = \sum xT2 - C.T. = 129 - 42,25 = 86,75$$

$$(13) SSe = SSt - SSi = 86,75 - 72 = 14,75$$

Détermination des degrés de liberté (df) et calcul de la valeur de F.

$$(17) \text{Pour } SSt : nT - 1 = 144 - 1 = 143$$

$$(15) \text{Pour } SSe (\text{df entre}) : \text{nombre de variable} - 1 = 4 - 1 = 3$$

$$(16) \text{Pour } SSi (\text{df à l'intérieur}) : \text{nombre d'échantillons} - \text{nombre de variable} = 144 - 4 = 140$$

$$(18) \text{Variance entre les échantillons : } S2e = \frac{SSe}{df \text{ entre}} = \frac{14,75}{3} = 4,91$$

$$(19) \text{Variance à l'intérieur des échantillons } S2i = \frac{SSi}{df \text{ à l'intérieur}} = \frac{72}{144} = 0,5$$

$$(20) F = \frac{\text{Variance entre les échantillons}}{\text{Variance à l'intérieur des échantillons}} = \frac{4,91}{0,5} = 9,82$$

Comparaison entre les moyennes des exclusions et du témoin.

Différence entre	Différence entre les deux moyennes	T	Signification
Témoin (x= 0,861) et exclusion totale (x= 0,027)	0,833 (21)	0,363 (22)	+
Témoin (x= 0,861) et exclusion des Vertébrés (x= 0,527)	0,333	0,363	-
Témoin (x= 0,861) et exclusion des diurnes (x= 0,75)	0,111	0,363	-
Exclusions des diurnes (x= 0,75) et totale (x= 0,027)	0,722	0,363	+
Exclusions des diurnes (x= 0,75) et des Vertébrés (x= 0,527)	0,222	0,363	-
Exclusions des Vertébrés (x= 0,527) et totale (x= 0,027)	0,500	0,363	+

Avec :

$$q = 3,63 (\text{df}= 4 \text{ et } 140)$$

+: la différence de deux moyennes > T, la différence est significative.

-: la différence de deux moyennes < T, la différence n'est pas significative.

Vertébrés : Oiseaux et Megachiroptères.

### Exemples de calcul.

$$(21) x_{\text{témoin}} - x_{\text{exclusion totale}} = 0,861 - 0,027 = 0,833.$$

$$(22) T = q \times \sqrt{\text{Variance à l'intérieur des échantillons} / n} = 3,63 \times \sqrt{0,5 / 36} = 0,363.$$

**Nom et prénoms de l'auteur : ANDRIANAIVOARIVELO Andoniaina Radosoa.**

**Titre : « LES ROLES DES MEGACHIROPTERES (*Pteropus rufus*, Tiedeman, 1808 et *Eidolon dupreanum*, Shlegel, 1967) dans la pollinisation de *Ceiba pentandra* DE LA REGION DE Morondava »**

**Pagination :** 66 (Annexe : 07)

**Tableau :** 19

**Graphiques :** 22

#### **Résumé**

Les deux espèces de Megachiroptères *Pteropus rufus* et *Eidolon dupreanum* sont les espèces Mammifères nocturnes observées visitant les fleurs de Kapokier (*Ceiba pentandra*, Bombacaceae) à Morondava. Cette région est parmi les sites à Madagascar où l'on trouve beaucoup de plantation de kapokier. Beaucoup des espèces animales visitent *Ceiba pentandra* pendant la floraison, mais la présente étude qui a utilisé la méthode des sacs d'exclusion confirme que *Ceiba pentandra* est adaptée à être pollinisée par les chauves-souris. L'échange assuré par les Megachiroptères est effectué durant la nuit au moment où la fleur est encore fertile. Les fleurs de kapokier qui produisent beaucoup de nectar ainsi que de pollen apportant des éléments énergétiques utiles pour les Megachiroptères participent au recouvrement d'une grande partie du besoin énergétique de ces animaux au cours de la saison sèche à Morondava. Les visites ou activités de *Pteropus rufus* sont beaucoup plus importantes que celles d'*Eidolon dupreanum*. Le rôle joué par ces deux espèces en tant qu'agents de la pollinisation croisée les diffèrent des autres visiteurs diurnes. L'échange de pollens entre les fleurs des pieds différents évite l'autogamie.

#### **Mots clés**

- Kapokier, *Ceiba pentandra*, nectar, Pollinisation
- *Pteropus rufus*, *Eidolon dupreanum*
- Morondava, Madagascar

**Encadreur :** Docteur RAZANAHOERA RAKOTOMALALA Marlène

**Adresse de l'auteur :** Lot B82D Ankodondona, Ambatolampy (104)  
ANTANANARIVO MADAGASCAR.