

**VETAGRO SUP  
CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON**

Année 2019 - Thèse n° 073

***ÉCOLOGIE DES CHAUVES-SOURIS ET PÉRIODES À RISQUE  
ACCRU DE PORTAGE VIRAL EN GUINÉE***

**THESE**

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I  
(Médecine - Pharmacie)  
et soutenue publiquement le 30 octobre 2019  
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

*GAZSO Franck*



VetAgro Sup





**VETAGRO SUP  
CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON**

Année 2019 - Thèse n° 073

***ÉCOLOGIE DES CHAUVES-SOURIS ET PÉRIODES À RISQUE  
ACCRU DE PORTAGE VIRAL EN GUINÉE***

**THESE**

Présentée à l'UNIVERSITÉ CLAUDE-BERNARD - LYON I  
(Médecine - Pharmacie)  
et soutenue publiquement le 30 octobre 2019  
pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

*GAZSO Franck*





## Liste des Enseignants du Campus Vétérinaire de Lyon (01/09/2019)

NOM	Prénom	Départements	Grade
ABITBOL	Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
ARCANGIOLI	Marie-Anne	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
AYRAL	Florence	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BECKER	Claire	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BELLUCO	Sara	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENAMOU-SMITH	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
BENOIT	Etienne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BERNY	Philippe	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
BOULOCHER	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BOURDOISEAU	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
BOURGOIN	Gilles	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
BRUYERE	Pierre	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BUFF	Samuel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
BURONFOSSE	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
CACHON	Thibaut	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CADORÉ	Jean-Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
CAROZZO	Claude	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
CHABANNE	Luc	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
CHALVET-MONFRAY	Karine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DE BOYER DES ROCHES	Alice	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
DJELOUADJI	Zorée	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ESCRIOU	Catherine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
FRIKHA	Mohamed-Ridha	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GALIA	Wessam	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GILOT-FROMONT	Emmanuelle	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
GONTHIER	Alain	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
GRANCHER	Denis	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
GREZEL	Delphine	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
HUGONNARD	Marine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
JANKOWIAK	Bernard	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
JOSSON-SCHRAMME	Anne	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
JUNOT	Stéphane	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
KODJO	Angeli	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
KRAFFT	Emilie	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
LAABERKI	Maria-Halima	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LAMBERT	Véronique	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LE GRAND	Dominique	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
LEBLOND	Agnès	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LEDOUX	Dorothee	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LEFEBVRE	Sébastien	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
LEGROS	Vincent	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
LEPAGE	Olivier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
LOUZIER	Vanessa	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
MARCHAL	Thierry	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOISSONNIER	Pierre	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
MOUNIER	Luc	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
PEPIN	Michel	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
PIN	Didier	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PONCE	Frédérique	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
PORTIER	Karine	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
POUZOT-NEVORET	Céline	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
PROUILLAC	Caroline	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
REMY	Denise	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
RENE MARTELLET	Magalie	DEPT-ELEVAGE-SPV	Maître de conférences
ROGER	Thierry	DEPT-BASIC-SCIENCES	Professeur
SABATIER	Philippe	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
SAWAYA	Serge	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
SCHRAMME	Michael	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
SERGENTET	Delphine	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur
THIEBAULT	Jean-Jacques	DEPT-BASIC-SCIENCES	Maître de conférences
THOMAS-CANCIAN	Aurélien	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
TORTEREAU	Antonin	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
VIGUIER	Eric	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Professeur
VIRIEUX-WATRELOT	Dorothee	DEPT-AC-LOISIR-SPORT	Maître de conférences
ZENNER	Lionel	DEPT-ELEVAGE-SPV	Professeur



## Remerciements Officiels

**À Monsieur le Professeur FERRY Tristan,**

De l'Université Claude Bernard Lyon 1, Faculté de médecine de Lyon Est,  
Qui m'a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse,  
Hommages respectueux.

**À Madame le Docteur AYRAL Florence,**

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,  
Premier assesseur de cette thèse,  
Pour sa disponibilité, ses conseils et son investissement,  
Sincères gratitudee.

**À Madame le Professeur GILOT-FROMONT Emmanuelle,**

De VetAgro Sup, Campus vétérinaire de Lyon,  
Second assesseur de cette thèse,  
Pour avoir accepté de participer à ce jury de thèse,  
Sincères remerciements.

**À Monsieur le Docteur CAPPELLE Julien,**

De l'UMR ASTRE du Cirad,  
Membre invité de cette thèse,  
Qui m'a fait découvrir une autre parcelle du monde et m'a aidé jusqu'au bout cette aventure,  
Sincères gratitudee.









## Table des matières

<b>Table des Annexes .....</b>	<b>11</b>
<b>Tables des Figures .....</b>	<b>13</b>
<b>Table des Tableaux.....</b>	<b>15</b>
<b>Liste des Abréviations.....</b>	<b>17</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>19</b>
<b>I) Matériel et méthodes.....</b>	<b>23</b>
<b>A) Phénologie des chauves-souris.....</b>	<b>23</b>
1) Bibliographie.....	23
2) Travail de terrain .....	25
3) Bilan.....	28
<b>B) Phénologie des plantes de leur régime alimentaire .....</b>	<b>28</b>
1) Bibliographie.....	28
2) Travail de terrain .....	29
3) Bilan.....	30
<b>C) Écologie des chauves-souris - risque de portage viral.....</b>	<b>31</b>
1) Bibliographie des facteurs de risque.....	31
2) Périodes à risque accru de portage viral .....	31
<b>II) Résultats .....</b>	<b>33</b>
<b>A) Phénologie des chauves-souris.....</b>	<b>33</b>
1) Effectifs de capture.....	33
a) <i>Eidolon helvum</i> .....	33
b) <i>Hypsignathus monstrosus</i> .....	34
c) <i>Rousettus aegyptiacus</i> .....	34
d) Autres espèces .....	35
2) Calendriers.....	36
a) <i>Eidolon helvum</i> .....	36
b) <i>Hypsignathus monstrosus</i> .....	37
c) <i>Rousettus aegyptiacus</i> .....	39
d) Autres espèces .....	40
i. <i>Epomophorus gambianus et Micropteropus pusillus</i> .....	40
ii. <i>Epomophorus wahlbergi</i> .....	41
iii. <i>Epomops franqueti</i> .....	41
iv. <i>Myonycteris torquata</i> .....	42
v. <i>Epomops buettikoferi</i> .....	42
vi. <i>Lissonycteris angolensis</i> .....	42
vii. <i>Mops condylurus</i> .....	43
3) Migrations .....	43
a) <i>Eidolon helvum</i> .....	44
b) <i>Myonycteris torquata</i> .....	44
c) Autres espèces .....	44
4) Plantes consommées .....	45

<b>B) Phénologie des plantes de leur régime alimentaire .....</b>	<b>46</b>
1) <i>Bombax buonopozense</i> .....	47
2) <i>Ceiba pentandra</i> .....	47
3) <i>Chlorophora excelsa</i> .....	48
4) <i>Mangifera indica</i> .....	49
5) Autres espèces .....	50
a) <i>Acacia mangium</i> .....	50
b) <i>Anacardium occidentale</i> .....	50
c) <i>Anthocleista nobilis</i> .....	50
d) <i>Elaeis guineensis</i> .....	51
e) <i>Musanga cecropioides</i> .....	51
f) <i>Myrianthus arboreus</i> .....	52
g) <i>Parkia bicolor</i> .....	52
h) <i>Pycnanthus angolensis</i> .....	52
<b>C) Écologie des chauves-souris - risque de portage viral.....</b>	<b>53</b>
1) Bibliographie des facteurs de risque (FR).....	53
a) Facteurs environnementaux .....	53
b) Facteurs physiologiques .....	53
c) Facteurs populationnels .....	54
2) Périodes à risque accru de portage viral .....	54
a) <i>Eidolon helvum</i> .....	55
b) <i>Hypsignathus monstrosus</i> .....	56
c) <i>Rousettus aegyptiacus</i> .....	57
d) Autres espèces .....	58
<b>III) Discussion .....</b>	<b>61</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>67</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>69</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>73</b>

## Table des Annexes

### Annexe A. Pièges utilisées pour la capture des chauves-souris

- (a) filet monté sur des perches près de Lohouma.
- (b) filet monté sur des bambous à l'ENAE.
- (c) piège Harp installé près de Palia..... 73

**Annexe B.** Fiche de collecte de données utilisée sur le terrain lors des prélèvements des chauves-souris capturées. .... 74

### Annexe C. Exemples de chauves-souris capturées

- (a) chauve-souris mâle adulte mature de la famille des Molossidae.
- (b) femelle *Lissonycteris angolensis* gestante.
- (c) femelle *Rousettus aegyptiacus* suitée ..... 75

### Annexe D.1. Effectifs des captures

- (a) d'*Epomops buettikoferi* en fonction du sexe et de l'âge au cours de l'année.
- (b) de femelles matures *Epomops buettikoferi* en fonction de leur statut physiologique ..... 76

### Annexe D.2. Effectifs des captures

- (a) de *Lissonycteris angolensis* en fonction du sexe et de l'âge au cours de l'année.
- (b) de femelles matures *Lissonycteris angolensis* en fonction de leur statut physiologique ... 76

### Annexe D.3. Effectifs des captures

- (a) de Molossidae en fonction du sexe et de l'âge au cours de l'année.
- (b) de femelles matures Molossidae en fonction de leur statut physiologique ..... 76

### Annexe E.1. Phénologie établie avec les données de la littérature

- (a) d'*Epomophorus gambianus* et de *Micropteropus pusillus* à Ouango Fitini, Côte d'Ivoire.
- (b) d'*Epomophorus wahlbergi* en République du Congo.
- (c) d'*Epomops franqueti* à Entebbe (Ouganda).
- (d) de *Myonycteris torquata* en Côte d'Ivoire ..... 76

### Annexe E.2. Phénologie d'*Epomops buettikoferi*

- (a) au centre et au nord du Libéria, établie avec les données de la littérature.
- (b) établie avec les données de terrain à Macenta..... 76

### Annexe E.3. Phénologie de *Lissonycteris angolensis*

- (a) en République du Congo, établie avec les données de la littérature.
- (b) établie avec les données de terrain à Macenta.
- (c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données..... 76

### Annexe E.4. Phénologie

- (a) de *Mops condylurus* à Bukalasa (Ouganda), établie avec les données de la littérature.
- (b) de Molossidae établie avec les données de terrain à Macenta ..... 76

<b>Annexe F.1.</b> Phénologie d' <i>Acacia mangium</i> établie avec les données de terrain de Macenta.	76
<b>Annexe F.2.</b> Phénologie d' <i>Anacardium occidentale</i>	
(a) établie avec les données de la littérature.	
(b) établie avec les données de terrain de Macenta.	
(c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données.....	76
<b>Annexe F.3.</b> Phénologie d' <i>Anthocleista nobilis</i>	
(a) établie avec les données de la littérature.	
(b) établie avec les données de terrain de Macenta.	
(c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données.....	76
<b>Annexe F.4.</b> Phénologie d' <i>Elaeis guineensis</i>	
(a) établie avec les données de la littérature.	
(b) établie avec les données de terrain de Macenta.	
(c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données.....	76
<b>Annexe F.5.</b> Phénologie de <i>Musanga cecropioides</i>	
(a) établie avec les données de la littérature.	
(b) établie avec les données de terrain de Macenta.	
(c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données.....	76
<b>Annexe F.6.</b> Phénologie de <i>Myrianthus arboreus</i>	
(a) établie avec les données de la littérature.	
(b) établie avec les données de terrain de Macenta.	
(c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données.....	76
<b>Annexe F.7.</b> Phénologie de <i>Parkia bicolor</i>	
(a) établie avec les données de la littérature.	
(b) établie avec les données de terrain de Macenta.	
(c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données.....	76
<b>Annexe F.8.</b> Phénologie de <i>Pycnanthus angolensis</i>	
(a) établie avec les données de la littérature.	
(b) établie avec les données de terrain de Macenta.	
(c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données.....	76
<b>Annexe G.1.</b> Périodes à risque de portage viral couplées à la phénologie	
(a) d' <i>Epomophorus gambianus</i> et de <i>Micropteropus pusillus</i> .	
(b) d' <i>Epomophorus wahlbergi</i> .	
(c) d' <i>Epomops buettikoferi</i> .	
(d) de <i>Myonycteris torquata</i> .....	76
<b>Annexe G.2.</b> Périodes à risque de portage viral couplées à la phénologie	
(a) d' <i>Epomops franqueti</i> .	
(b) de <i>Lissonycteris angolensis</i> .	
(c) d'espèces de la famille des Molossidae .....	76

## Tables des Figures

<b>Figure 1.</b> Moyenne de l'évolution climatique des trente dernières années à Macenta, République de Guinée .....	11
<b>Figure 2.</b> Carte administrative de la République de Guinée.....	25
<b>Figure 3.</b> Phénologie d' <i>Eidolon helvum</i> (A) à Ile-Ife, Nigéria, établie avec les données de la littérature. (B) établie avec les données de terrain de Macenta. (C) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données .....	37
<b>Figure 4.</b> Phénologie d' <i>Hypsignathus monstrosus</i> (A) au Libéria avec mention des deux périodes de lek annuelle en Côte d'Ivoire, établie avec les données de la littérature. (B) établie avec les données de terrain de Macenta. (C) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données .....	38
<b>Figure 5.</b> Phénologie de <i>Rousettus aegyptiacus</i> (A) au Libéria, établie avec les données de la littérature. (B) établie avec les données de terrain de Macenta. (C) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données .....	40
<b>Figure 6.</b> Phénologie de <i>Bombax buonopozense</i> (A) établie avec les données de la littérature. (B) établie avec les données de terrain de Macenta. (C) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données .....	47
<b>Figure 7.</b> Phénologie de <i>Ceiba pentandra</i> (A) établie avec les données de la littérature. (B) établie avec les données de terrain de Macenta. (C) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données .....	48
<b>Figure 8.</b> Phénologie de <i>Chlorophora excelsa</i> (A) établie avec les données de la littérature. (B) établie avec les données de terrain de Macenta. (C) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données .....	49
<b>Figure 9.</b> Phénologie de <i>Mangifera indica</i> (A) établie avec les données de la littérature. (B) établie avec les données de terrain de Macenta. (C) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données .....	49

<b>Figure 10.</b> Périodes à risque de portage viral couplées à la phénologie d' <i>Eidolon helvum</i> et des principales plantes de leur régime alimentaire ainsi qu'à la climatologie de Macenta, en Guinée .....	55
<b>Figure 11.</b> Périodes à risque de portage viral couplées à la phénologie d' <i>Hypsignathus monstrosus</i> et des principales plantes de leur régime alimentaire ainsi qu'à la climatologie de Macenta, en Guinée .....	56
<b>Figure 12.</b> Périodes à risque de portage viral couplées à la phénologie de <i>Rousettus aegyptiacus</i> et des principales plantes de leur régime alimentaire ainsi qu'à la climatologie de Macenta, en Guinée .....	57



## Table des Tableaux

**Tableau I.** Effectifs des captures

(A) d'*Eidolon helvum* en fonction du sexe et de l'âge au cours de l'année.

(B) de femelles matures *Eidolon helvum* en fonction de leur statut physiologique ..... 33

**Tableau II.** Effectifs des captures

(A) d'*Hypsignathus monstrosus* en fonction du sexe et de l'âge au cours de l'année.

(B) de femelles matures *Hypsignathus monstrosus* en fonction de leur statut physiologique . 34

**Tableau III.** Effectifs des captures

(A) de *Rousettus aegyptiacus* en fonction du sexe et de l'âge au cours de l'année.

(B) de femelles matures *Rousettus aegyptiacus* en fonction de leur statut physiologique ..... 35

**Tableau IV.** Les espèces de plantes pour lesquelles la phénologie est suivie sur les

différents sites lors des missions de terrain ..... 46

**Tableau V.** Synthèse des résultats pour les différentes espèces de chauves-souris ..... 59



## Liste des Abréviations

**BNF** : Bibliothèque Nationale de France

**CERFIG** : Centre de Recherche et de Formation en Infectiologie de Guinée

**Cirad** : centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

**ENAE** : École Nationale de l'Agriculture et de l'Élevage

**Fl** : Fleur

**Fm** : Fruit Mûr

**FR** : Facteur de Risque

**Fr** : Fruit (sans précision sur la maturation)

**Fv** : Fruit Vert

**G** : Gestation

**IN** : Indéterminé

**IRD** : Institut de Recherche pour le Développement

**MNHN** : Musée National d'Histoire Naturel

**NA** : Absence de données ou données non valides

**OIE** : Organisation mondiale de la santé animale

**L** : Lactation

**S** : Suitée

**St** : Stérile



## Introduction

Les chiroptères ou chauves-souris sont le deuxième ordre le plus représenté chez les mammifères (après les rongeurs) avec plus de 1 200 espèces, soit une part de plus de 20% de la diversité de ce taxon. Le continent africain comporte à lui seul 317 espèces de chauves-souris et plusieurs d'entre-elles sont suspectées d'être le réservoir du virus Ebola, un filovirus. Un réservoir étant défini comme une ou plusieurs populations ou environnements connectés épidémiologiquement dans lesquels l'agent pathogène peut être maintenu de façon permanente et à partir desquels l'infection est transmise à la population cible définie (Haydon *et al.*, 2002). Depuis l'identification du virus Ebola en 1976, plusieurs éléments mènent à cette suspicion : 1) des anticorps spécifiques contre ce virus, ainsi que des séquences d'ARN viral ont été détectées chez *Epomops franqueti*, *Hypsignathus monstrosus* et *Myonycteris torquata*, trois espèces de chauves-souris frugivores (Leroy *et al.*, 2005) ; 2) les épidémies humaines de 2007 en République Démocratique du Congo au virus Ebola sont corrélées avec une exposition directe à deux espèces migratrices, *Epomops franqueti* et *Hypsignathus monstrosus*, affluant annuellement (Leroy *et al.*, 2009) ; 3) des chauves-souris insectivores et frugivores ont survécu après une inoculation expérimentale du virus (Swanepoel *et al.*, 1996 ; Paweska *et al.*, 2016) ; 4) un nouveau filovirus a été découvert chez des chiroptères d'Europe (Negredo *et al.*, 2011). La plus importante épidémie de ce virus a débuté en Guinée en décembre 2013 et s'est propagée dans deux pays voisins, la Sierra Leone et le Libéria. Au total, plus de 20 000 cas humains incluant plus de 10 000 décès ont été recensés (World Health Organization, 2016). Le virus Ebola représente donc un problème majeur de santé publique et des études visant à clarifier l'écologie de la maladie sont nécessaires pour améliorer la compréhension de l'épidémiologie.

L'écologie des chauves-souris désigne les interactions entre les individus et d'autres facteurs biotiques et les interrelations avec leur environnement non vivant (Bhatnagar & Bansal, 2010). L'écologie des maladies combine l'analyse des données relatives à l'infectiologie et à l'écologie d'une espèce animale dans un habitat ou une région pour décrire d'éventuels paramètres impliqués dans l'émergence et la diffusion d'agent infectieux. Par exemple, le mode de vie aérien, la grégarité, la longévité et l'immunité des chiroptères sont autant de caractéristiques pouvant être impliquées dans l'écologie de maladies infectieuses, notamment virales.

La transmission d'un virus, de la chauve-souris à l'Homme peut se faire : par contact direct avec des hôtes intermédiaires amplifiant l'agent pathogène comme dans le cas du virus Hendra où des chevaux peuvent s'infecter en consommant des fruits contaminés par de la salive, urine ou fèces d'un chiroptère ; par morsure avec l'exemple de la rage, un lyssavirus ; par consommation d'aliments ou de boissons contaminés par de la salive comme dans le cas du virus Nipah où des chauves-souris infectées s'abreuvaient dans des récipients utilisés pour récolter du jus de palme (Calisher *et al.*, 2006 ; Plowright *et al.*, 2015). Concernant le virus Ebola, deux principales hypothèses de transmission d'une chauve-souris à l'Homme ont été émises : par contact direct avec le sang d'un chiroptère ou par consommation de fruits souillés par de la salive de chauve-souris sans rinçage préalable (Leroy *et al.*, 2018).

Plusieurs facteurs peuvent agir sur la dynamique de maladies infectieuses virales. Des facteurs phénologiques tels que les migrations, les périodes de parturition et l'abondance de ressources alimentaires. Le caractère migratoire de certaines espèces, véritable réponse phénologique aux changements environnementaux, pourrait entraîner la dissémination d'un pathogène (Altizer *et al.*, 2011). Les migrations des chauves-souris sont influencées par la dynamique des ressources alimentaires en termes de distribution et de disponibilité (Marshall, 1985). De même pour les périodes de reproduction où les mises-bas ont généralement lieu de telles sortes qu'il y ait suffisamment de nourriture disponible pour les juvéniles après sevrage (Happold & Happold, 1990 ; Cumming & Bernard, 1997). De plus, une infection par un agent pathogène serait plus probable lors de pénurie alimentaire car il y aurait plus de contacts directs entre les animaux en raison d'une compétition pour les ressources (Buceta *et al.*, 2017). Ainsi, établir la phénologie des plantes, c'est-à-dire la chronologie des événements de leur cycle de vie (van Vliet *et al.*, 2003) pourrait permettre de cibler les périodes à risque de contacts entre l'Homme et les chauves-souris infectées en montrant en quoi celle-ci influe sur la présence ou absence des espèces de chiroptères.

Des facteurs populationnels peuvent entraîner des variations de prévalence virale au sein d'une population de chauves-souris. Ces variations peuvent avoir lieu en fonction de leur distribution géographique et de leur gabarit : plus le poids des individus est important et leur distribution géographique étendue et fragmentée, plus la richesse virale est conséquente (Maganga *et al.*, 2014). Des facteurs immunologiques peuvent favoriser la transmission de pathogènes en altérant la sensibilité de l'hôte. C'est le cas avec les périodes de reproduction qui, en plus d'être une source de stress et d'augmenter les contacts entre individus, peuvent aggraver la sévérité d'une maladie. De plus, des facteurs comportementaux peuvent mener à des pics d'infection lors de ces périodes surtout si les espèces sont grégaires, comme c'est le cas pour certaines espèces de chauves-souris (Altizer *et al.*, 2006). Ainsi, ces facteurs soulignent l'existence de variation des risques d'émergence de maladies virales.

Cependant, un manque de connaissances concernant les facteurs qui peuvent influencer sur les risques de transmission du virus Ebola est à noter. De nos jours, 9 espèces de chauves-souris frugivores (*Eidolon helvum*, *Epomophorus gambianus*, *Epomophorus wahlbergi*, *Epomops franqueti*, *Hypsignathus monstrosus*, *Lissonycteris angolensis*, *Micropteropus pusillus*, *Myonycteris torquata* et *Rousettus aegyptiacus*) et une insectivore (*Mops sp*) sont suspectées d'être impliquées dans l'écologie du virus Ebola, d'après des analyses moléculaires et/ou sérologiques (De Nys *et al.*, 2018). Peu d'informations sont à ce jour disponibles sur l'écologie des chiroptères en Guinée.

Dans cette étude, une description de la phénologie des chauves-souris (reproduction, alimentation, migration) et des plantes (floraison, fructification) de leur régime alimentaire a été effectuée afin d'établir un calendrier des périodes potentiellement clés de portage d'agents pathogènes dans ces populations à l'aide des liens connus entre écologie des réservoirs sauvages et épidémiologie des maladies infectieuses. Cette étude ne se focalise pas uniquement sur les caractéristiques du virus Ebola et inclut les agents viraux, au sens large, pouvant être transmis à partir des chiroptères. L'objectif final est de proposer des protocoles de suivis longitudinaux adaptés aux espèces d'intérêt pour aider à la mise en place d'une surveillance du virus Ebola et d'autres agents pathogènes portés par les chauves-souris en Guinée.

Cette étude rentre dans le cadre du projet Ebo-Sursy qui vise à améliorer les capacités nationales et régionales des systèmes de détection précoce du virus Ebola et autres maladies émergentes de la faune en Afrique de l'Ouest et Centrale. Ce projet, coordonné par l'OIE, est mis en œuvre par le Cirad, l'IRD et l'Institut Pasteur. En Guinée, l'organisme d'accueil est le CERFIG dont le siège est situé à Conakry.





## I) Matériel et méthodes

### A) Phénologie des chauves-souris

#### 1) Bibliographie

##### Espèces d'intérêt :

Les espèces de chauves-souris suspectées d'être impliquées dans l'écologie du virus Ebola, d'après des analyses moléculaires et/ou sérologiques. Ainsi, dix chiroptères frugivores (*Eidolon helvum*, *Epomops buettikoferi*, *Epomops franqueti*, *Epomophorus gambianus*, *Epomophorus wahlbergi*, *Hypsignathus monstrosus*, *Lissonycteris angolensis*, *Micropteropus pusillus*, *Myonycteris torquata*, *Rousettus aegyptiacus*) et un insectivore (*Mops condylurus*) ont été inclus dans l'étude. Bien qu'aucune analyse n'incrimine *Epomops buettikoferi*, elle fait partie des chauves-souris d'intérêt en raison de son appartenance au même genre qu'*Epomops franqueti*. L'objectif était de rechercher les informations ayant trait à l'écologie, l'alimentation ou la phénologie (telle que la reproduction ou les migrations).

##### Recherche bibliographique en ligne :

Une recherche d'articles scientifiques via deux sources d'informations, PubMed et Web of Science, a été effectuée selon l'équation de recherche suivante :

```
((("Bats" OR "bat" OR "chiroptera" OR "Hypsignathus" OR "monstrosus" OR "Epomops" OR "franqueti" OR "buettikoferi" OR "Eidolon" OR "helvum" OR "Mops" OR "condylurus" OR "Tadarida" OR "condylura" OR "Myonycteris" OR "torquata" OR "Epomophorus" OR "gambianus" OR "wahlbergi" OR "Rousettus" OR "aegyptiacus" OR "Micropteropus" OR "pusillus" OR "Lissonycteris" OR "angolensis" OR "Myonycteris" OR "angolensis")) AND ("africa" OR "Guinea" OR "african")) AND ("Reproduction" OR "alimentation" OR "food" OR "feeding" OR "migration" OR "ecology" OR "phenology" OR "seasonal" OR "dynamics" OR "breeding" OR "cycle").
```

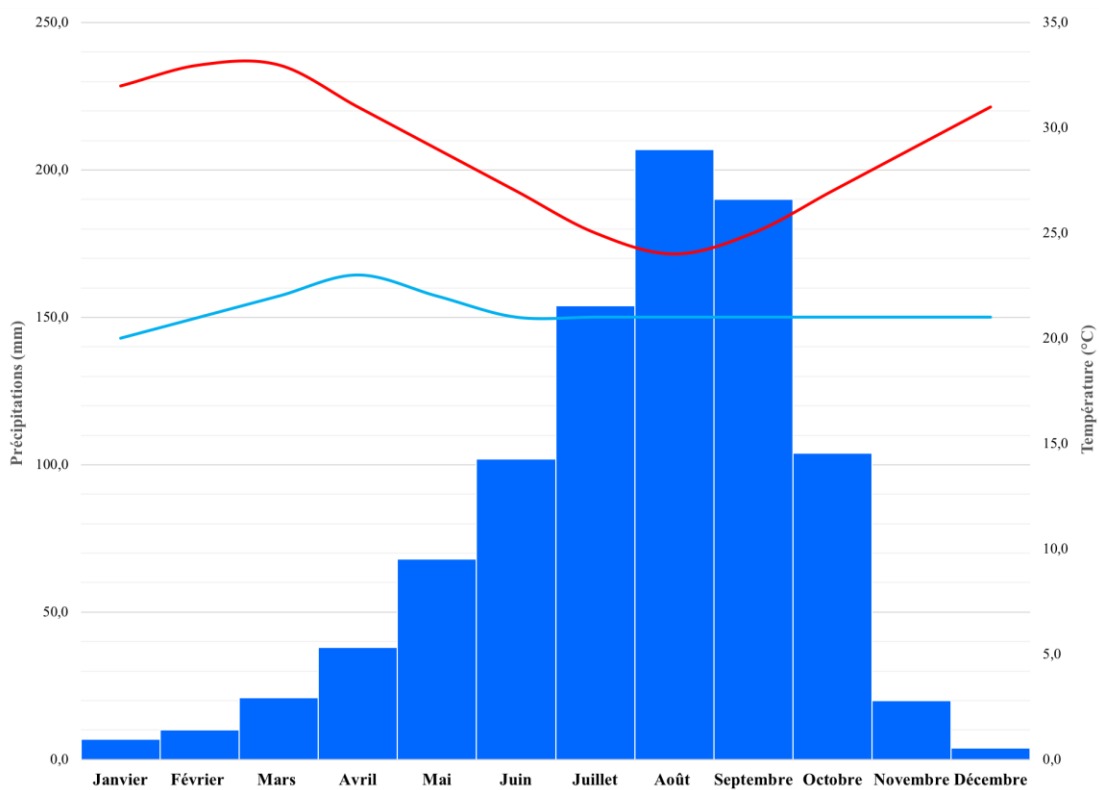
Si le titre et le résumé de l'article faisaient mention aux informations recherchées, d'au moins une des espèces de chauves-souris citées ci-dessus, alors la référence était retenue dans la bibliographie. D'autres références ont été trouvées en parcourant la bibliographie des articles retenus.

##### Recherche d'ouvrages au Musée National d'Histoire Naturel à Paris (MNHN) :

La recherche bibliographique a été poursuivie au MNHN car peu d'informations étaient disponibles en ligne. Au préalable, une pré-sélection de références a été effectuée via le catalogue en ligne MUSCAT du MNHN sur les mêmes critères que précédemment. Sur les vingt-neuf œuvres demandées, vingt-cinq étaient disponibles. L'ensemble des ouvrages a été compulsé en moins de trois jours. Une thèse était, cependant, uniquement disponible à la Bibliothèque Nationale de France (BNF). Il a donc fallu s'y rendre afin de la consulter. Les informations répondant à l'objectif de l'étude étaient prises en photo. Plusieurs fichiers au format PDF ont été créés à partir de ces photos ; un fichier correspondant aux informations retenues dans un ouvrage. Enfin, une dernière série de recherche en ligne a été effectuée afin de retrouver certaines références citées dans les ouvrages consultés à Paris.

### Climatologie :

Des informations sur la climatologie ont été recherchées afin de la comparer avec la phénologie des chauves-souris. Le site internet « meteoblue.com » a fourni des données sur la moyenne des températures maximales et minimales ainsi que sur la moyenne des quantités de précipitations des trente dernières années dans la région de Macenta et celles de la littérature. Ainsi, des comparaisons ont pu être faites entre les différentes régions pour choisir celles dont la climatologie est la plus proche de celle de Macenta. Un graphique montrant l'évolution de ces moyennes au cours de l'année à Macenta a ensuite été construit sur Excel (**Fig 1**). L'objectif était de montrer s'il existe des corrélations entre la phénologie des chauves-souris, celle des plantes faisant partie de leur régime alimentaire et la climatologie.



**Figure 1.** Moyenne de l'évolution climatique des trente dernières années à Macenta, République de Guinée. (Traits rouge et bleu = températures maximale et minimale respectivement en °C ; histogramme = précipitations en mm). Source de données : meteoblue.com.

Figure réalisée par l'auteur.

## Calendriers :

Un calendrier montrant l'évolution de la phénologie au cours de l'année de chaque espèce de chauves-souris a été construit sur Excel. Les données retenues proviennent des régions les plus proches climatiquement de Macenta. Des extrapolations ont été faites en fonction des informations trouvées dans la littérature et des étapes du cycle de reproduction dont l'ordre est le suivant : copulation, gestation, parturition, lactation et sevrage. Ainsi, si la durée de gestation et la période de parturition étaient connues pour une espèce, les périodes de gestation et d'accouplement pouvaient être déduites. De même, la lactation survient à la suite d'une mise-bas, ainsi dans les cas où la durée de lactation n'était pas mentionnée dans la littérature, une période de lactation approximative pouvait être déduite sachant la période de parturition.

## Alimentation :

Les informations sur l'alimentation ont permis d'orienter la recherche bibliographique sur la phénologie des plantes consommées par les chiroptères ainsi que celles suivies sur le terrain.

## 2) Travail de terrain

### Sites des missions de terrain :

Les missions de terrain avaient lieu en Guinée, un état d'Afrique de l'Ouest regroupant quatre régions naturelles : la Guinée maritime, la Moyenne-Guinée, la Haute-Guinée et la Guinée forestière. Ces missions étaient réparties de janvier à juin 2019 et correspondaient à un suivi longitudinal. A chaque mission, l'équipe travaillait sur trois sites faisant tous partie de la préfecture de Macenta, en Guinée forestière : l'un à proximité du village de Palia ; l'autre près du village de Lohouma ; le dernier sur l'École National d'Agriculture et de l'Élevage (ENAE) de Macenta (**Fig 2**).



**Figure 2.** Carte administrative de la République de Guinée. (Orange = Guinée maritime ; turquoise = Moyenne-Guinée ; jaune = Haute-Guinée ; rose = Guinée forestière). Source : sme-suisse.org.

Ces sites ont été choisis en raison de la proximité des cas humains lors de l'épidémie de 2013, de l'abondance des chauves-souris et de l'accessibilité du terrain pour placer les pièges. Au préalable, des missions de prospection, avec capture de chauves-souris, avaient eu lieu de novembre à décembre 2018 aux alentours de Macenta.

Sur les sites de Palia et de Lohouma, l'environnement était forestier avec beaucoup d'arbres fruitiers et traversé par une rivière. À Palia, des sites d'appels sexuels ou leks de mâle adulte *Hypsignathus monstrosus* avaient lieu. Près de Lohouma, des grottes habitées par des chauves-souris étaient présentes. L'ENAE, qui était situé à la périphérie de Macenta, était plus urbain mais plusieurs arbres fruitiers parcouraient le terrain. Des chauves-souris insectivores étaient suspendues au plafond de plusieurs bâtiments de l'école et des frugivores volaient en masse la nuit au niveau de la canopée.

### **Capture des chauves-souris :**

Pour les frugivores, des filets étaient installés avec des mailles de 60 millimètres de côté pour une longueur totale de 3, 6 ou 12 mètres et une hauteur maximale du filet de 3 mètres. Les perches pour suspendre le filet pouvaient atteindre 7 mètres de haut (**Annexe A.a**). Sur le site de l'ENAE, un piège a été fabriqué avec des bambous afin de suspendre un filet à environ 12 mètres de hauteur et capturer des chauves-souris volant au niveau de la canopée (**Annexe A.b**). Pour les insectivores, les filets utilisés avaient des mailles de 30 millimètres de côté pour une hauteur maximale et une longueur totale pouvant être similaires aux filets pour les frugivores. Un piège Harp était également déployé pour les insectivores. Pour une hauteur d'environ 2 mètres, il est constitué de fils de nylon disposés verticalement et suffisamment tendus pour stopper les chauves-souris en plein vol et les faire tomber dans une bâche (**Annexe A.c**).

L'ensemble des pièges était installé entre 16h30-19h et placé sur des lieux probables de passage de chauves-souris, souvent à proximité d'arbres fruitiers, de cours d'eau ou des grottes. L'heure de désinstallation des pièges étant variable selon le nombre d'individus capturés dans la nuit. Dans le cas où seulement quelques chiroptères étaient pris dans les pièges, ces derniers étaient alors désassemblés entre 23h30-01h00 et sinon, entre 01h00-4h00. Lorsqu'une chauve-souris était prise dans un filet, cette dernière était démaillée manuellement puis placée dans un sac. Si un animal, autre qu'une chauve-souris, était capturé alors ce dernier était relâché. Au laboratoire, les sacs étaient suspendus à des branches d'arbres en attendant le début des prélèvements.

### **Rôles au laboratoire :**

Au moins trois membres d'équipe étaient nécessaires : une personne munie de paires de gants en latex ou nitrile supplémentaires (pour les insectivores) ou de gants en cuir (pour les frugivores), chargée de la contention de l'animal ; une autre prenant les différentes mesures et prélèvements ; un membre dont le rôle était de noter les informations sur une fiche pré-remplie (**Annexe B**).

### **Informations récoltées :**

Afin d'aider à l'identification de l'espèce, plusieurs mesures étaient prises à l'aide, respectivement, d'un pied à coulisse, d'une règle et d'un mètre : la longueur de l'avant-bras, la longueur de la queue si présente et la longueur totale (de la pointe de la queue au bout du nez en passant par la ligne du dos). D'autres observations étaient également relevées telles que : la couleur du pelage ventral et dorsal ; présence de mamelles ou de testicules développés ; présence de blessures ou d'anomalies.

Pour déterminer le sexe de l'animal, une inspection à l'œil nu des organes sexuels (pénis et testicules chez le mâle ; vulve et mamelles développées chez la femelle) était effectuée. Le sexe était noté de la manière suivante : mâle, femelle ou indéterminé (IN).

L'âge était divisé en plusieurs catégories : juvénile, adulte, adulte immature, adulte mature et indéterminé (IN). Aucune datation de l'âge n'était effectuée. Une inspection des épiphyses articulaires sous la lumière d'une torche permettait de trancher entre un juvénile (présence de zones claires et sombres sur une articulation peu noduleuse indiquant la présence de cartilage) et un adulte (articulation entièrement sombre et noduleuse indiquant une ossification). La présence de mamelles ou de testicules développés (**Annexe C.a**), une sécrétion lactée ainsi qu'un diagnostic de gestation (**Annexe C.b**) suite à une palpation abdominale permettaient de distinguer les adultes matures sexuellement. Le diagnostic de lactation se faisait en exerçant une légère pression à la base des mamelles avec les doigts ou à l'aide d'une pince. Les adultes sexuellement immatures avaient quant à eux des organes sexuels sous-développés. La capture d'une femelle suitée, c'est-à-dire une femelle portant un nouveau-né non sevré (**Annexe C.c**), était précisée sur la fiche. La progéniture n'était pas séparée de sa mère lors de la manipulation.

### **Prélèvements :**

Plusieurs prélèvements étaient réalisés afin d'être analysés ultérieurement pour déterminer la présence ou absence de traces virales : des écouvillons buccaux et rectaux pour les frugivores et uniquement buccaux pour les insectivores (en raison de la taille trop importante de l'écouvillon par rapport au diamètre de leur anus) ; une biopsie de la membrane de l'aile avec une paire de ciseaux ; des poils avec le bulbe arrachés à l'aide d'une pince ; du sang récolté sur papier buvard après avoir perforé la veine propatagiale (et la veine du bras en cas de quantité insuffisante) avec une aiguille ; des ectoparasites capturés sur l'animal avec une pince ; des fèces à l'aide d'une spatule en plastique. Le nombre et la nature des prélèvements étaient précisés sur la fiche.

### **Devenir des chauves-souris :**

A la fin des prélèvements, les frugivores recevaient de l'eau sucrée avant d'être relâchées. Les insectivores, quant à elles, étaient directement libérées. Certaines chauves-souris étaient gardées en tant que spécimen afin d'être identifiées. D'autres, étaient autopsiées afin de prélever des organes pour déterminer la présence ou absence de traces virales. Il s'agissait de chiroptères morts au cours de la manipulation ou sélectionnés afin de déterminer le sexe et le statut physiologique de l'animal. Par exemple, en cas d'incertitude quant au diagnostic de gestation par palpation, une autopsie pouvait être réalisée.

### **Gestion du matériel et des déchets :**

Tout le matériel du laboratoire en contact directement ou indirectement avec les chauves-souris, était désinfecté à l'éthanol. Les combinaisons, les bottes, les paires de gants et les sacs de contention ainsi que le matériel utilisé pour monter les pièges étaient désinfectés à l'eau de Javel. Les gants en latex et en nitrile, les masques, les manchettes, les emballages des écouvillons étaient jetés dans un sac poubelle puis brûlé à l'écart de tout passage humain. Les aiguilles souillées étaient jetées dans une poubelle à déchets biologiques.

### **Calendriers :**

Un calendrier montrant l'évolution de la phénologie au cours de l'année de chaque espèce de chauves-souris a été construit sur Excel avec les données récoltées du suivi ayant eu lieu de janvier à juin 2019 et celles des missions de prospection de novembre à décembre 2018. Aucune distinction n'a été faite entre les trois sites proches de Macenta, toutes les informations ont été regroupées ensemble.

## **3) Bilan**

La combinaison des informations obtenues par les recherches bibliographiques en ligne et au MNHN ainsi que celles récoltées lors des missions de terrain (identification de l'espèce, son sexe, son âge et son statut physiologique) a permis de construire un calendrier montrant l'évolution de la phénologie au cours de l'année de chaque espèce de chauves-souris. Les données de la littérature ont permis de compléter celles des missions de terrain en faisant des extrapolations et d'émettre des hypothèses quant à la phénologie de certaines espèces.

Les informations sur l'alimentation ont permis d'orienter la recherche bibliographique sur la phénologie des plantes consommées par les chiroptères ainsi que le choix des plantes pour le suivi sur le terrain.

## **B) Phénologie des plantes de leur régime alimentaire**

### **1) Bibliographie**

#### **Espèces d'intérêt :**

Un grand nombre d'espèces était attendu pour faire partie des plantes du régime alimentaire des chauves-souris. C'est pourquoi, des critères ont été appliqués afin de délimiter les recherches : possibilité de suivre la phénologie de la plante sur le terrain ; représentation de différentes familles ; consommation par un maximum de chauves-souris d'intérêt ; inclure différentes parties d'une plante pouvant être consommées dans la sélection. Une fois la liste des espèces de plante établie, l'objectif était de rechercher les informations ayant trait aux périodes de floraison et de fructification.

**Experts en botanique :**

Des chercheurs du Cirad avec des compétences en botanique ont été contactés à propos de leurs connaissances sur la phénologie des plantes en Guinée. Au terme de cet échange, les noms de plusieurs herbiers en ligne et de sources de données ont été mentionnés comme étant des outils utiles pour extraire des informations sur la phénologie.

**Herbier en ligne du MNHN :**

L'herbier en ligne du MNHN a été utilisé car il est simple d'utilisation et regroupe des données d'autres herbiers en ligne tels que Tropicos. Le nom scientifique de la plante était rentré dans la barre de recherche, puis l'ensemble des résultats était affiché. Un tri par région était effectué afin de se concentrer dans un premier temps uniquement sur les spécimens provenant de la Guinée. Dans le cas où trop peu de résultats étaient disponibles pour établir la phénologie des plantes au cours de l'année, une sélection plus large de régions a été effectuée. Les informations concernant la phénologie d'un spécimen étaient prises en compte si la région de provenance était située en Afrique de l'Ouest quasi sur le même degré de latitude que Macenta. Ainsi ont été retenues : toutes les régions de Guinée, de Côte d'Ivoire, de Sierra Leone, du Libéria, du Ghana, du Bénin et du Sud du Mali. Cependant, la région de provenance d'un spécimen n'étant pas toujours précisée, il fallait alors relever les informations concernant la zone géographique sur l'étiquette de l'herbier numérisé. La phénologie d'un spécimen était soit précisée dans sa description, soit il fallait la déterminer soi-même grâce à la numérisation de l'herbier. Les informations qui ont été prises en compte sont les suivantes : le pays et la région de provenance du spécimen, la date de récolte et la phénologie notée soit en fleur (Fl), en fruit (Fr), stérile (St) ou absence de données (NA).

**Calendriers :**

Une fois toutes les données récoltées, un calendrier montrant l'évolution de la phénologie au cours de l'année de chaque espèce de plante a été construit sur Excel. Les données retenues proviennent des régions où le climat suit la même évolution que celui de Macenta d'après le site internet « meteoblue.com ». Des extrapolations ont été faites en fonction des étapes du cycle de développement d'une plante dont l'ordre est le suivant : plante stérile (uniquement présence de feuilles), présence de boutons floraux puis de fleurs et enfin de fruits. Une superposition de différents stades peut avoir lieu. Les parties consommées par les chauves-souris et/ou l'Homme ont été précisées sur le calendrier.

## 2) Travail de terrain

**Espèces d'intérêt :**

Les espèces de plantes connues ou suspectées d'être consommées par les chauves-souris dans la littérature ou par les guides. Elles devaient être suffisamment accessibles sur le terrain afin de suivre, sans trop de difficulté, la phénologie des plantes au cours de l'année sur les sites de missions de terrain.

### **Identification des plantes :**

L'identification sur chaque site se faisait avec l'aide des guides. Dans le cas où seul le genre a pu être déterminé, des photos étaient prises en vue d'une identification une fois de retour de mission. Les informations suivantes étaient retenues pour chaque plante à chaque mission de terrain : les coordonnées GPS, le genre et si possible l'espèce, la date et la phénologie au moment de l'observation, les espèces animales consommant des parties de la plante (si possible en précisant lesquelles).

### **Calendriers :**

Un calendrier montrant l'évolution de la phénologie au cours de l'année, des espèces de plantes pour lesquelles une recherche bibliographique a été effectuée, a été construit sur Excel à partir des observations de terrain effectuées de janvier à juin 2019. Le suivi étant incomplet, seules des informations pour les mois de janvier à juin sont disponibles. Des extrapolations ont été faites en fonction des étapes du cycle de développement d'une plante. Les parties consommées par les chauves-souris et/ou l'Homme ont été précisées sur le calendrier.

## **3) Bilan**

La combinaison des informations obtenues par l'herbier en ligne du MNHN ainsi que celles collectées lors des missions de terrain (identification de l'espèce, date et phénologie) a permis de construire un calendrier montrant l'évolution de la phénologie au cours de l'année de chaque espèce de plante. Les données provenant du terrain ont été considérées comme plus représentatives en raison des différences climatiques avec les données de la bibliographie. Dans certains cas, des extrapolations ont pu être faites avec les données de l'herbier en ligne.



## C) Écologie des chauves-souris - risque de portage viral

### 1) Bibliographie des facteurs de risque

Une recherche d'articles scientifiques via PubMed, comme source d'informations, a été effectuée selon l'équation de recherche suivante :

```
((("virus" OR "viruses" OR "viral" OR "infectious" OR "Ebola" OR "Marburg" OR "filoviruses" OR "filovirus" OR "rabies" OR "lyssavirus" OR "Hendra" OR "Nipah" OR "paramyxovirus" OR "paramyxoviruses")) AND ("bat" OR "bats" OR "chiroptera" OR "flying foxes" OR "flying fox" OR "populations" OR "Hypsignathus" OR "monstrosus" OR "Epomops" OR "franqueti" OR "buettikoferi" OR "Eidolon" OR "helvum" OR "Mops" OR "condylurus" OR "Tadarida" OR "condylura" OR "Myonycteris" OR "torquata" OR "Epomophorus" OR "gambianus" OR "wahlbergi" OR "Rousettus" OR "aegyptiacus" OR "Micropteropus" OR "pusillus" OR "Lissonycteris" OR "angolensis" OR "Myonycteris" OR "angolensis")) AND ("risk" OR "factor" OR "factors" OR "ecology" OR "prevalence" OR "seroprevalence" OR "period" OR "periods" OR "circulation" OR "increase" OR "decrease" OR "coincide" OR "determinant" OR "persist" OR "seasonal").
```

Afin d'affiner les recherches parmi les résultats, des filtres ont été appliqués : meilleures correspondances par rapport à l'équation ; espèces animales autres que l'Homme ; date de publication ultérieure au 01/01/2005 inclus.

Si le titre et le résumé de l'article faisaient mention à des facteurs de risque de portage viral chez les chauves-souris, alors la référence était retenue dans la bibliographie. Les informations sur les filovirus et les espèces de chiroptères d'intérêt ont été choisies en priorité. D'autres références ont été trouvées en parcourant la bibliographie des articles retenus.

### 2) Périodes à risque accru de portage viral

Les calendriers des chauves-souris et des plantes ont été couplés à l'évolution climatique de Macenta. Les facteurs de risque retenus, ont permis de faire ressortir qualitativement les périodes à risque accru de portage viral. Ces facteurs de risque ont été appliqués à l'ensemble des chiroptères d'intérêt sans faire de distinction quant à l'espèce de chauve-souris et au virus concernés dans la littérature d'où est tirée l'information. Une gradation des périodes à risque a été décidée selon le nombre de facteurs de risque cumulés sur une période : plus les facteurs de risque étaient nombreux sur une période donnée, plus le risque de portage viral était considéré élevé sur cette période.



## II) Résultats

### A) Phénologie des chauves-souris

En raison du nombre d'espèces de chauves-souris d'intérêt, seules les figures et tableaux de certaines espèces ont été exposés dans cette partie. Ces dernières ont été choisies en fonction de la séroprévalence contre le virus Ebola en Afrique de l'Ouest dans la littérature (De Nys *et al.*, 2018) et du nombre de capture lors des missions de terrain de cette étude. Ainsi les calendriers phénologiques et les tableaux des effectifs de capture au cours de l'année d'*Eidolon helvum*, *Hypsignathus monstrosus* et *Rousettus aegyptiacus* ont été affichés. Les figures et tableaux des autres espèces ont été placés en annexes.

#### 1) Effectifs de capture

Au total, 731 chauves-souris ont été capturées à Macenta de novembre 2018 à juin 2019 dont 637 d'intérêt. Parmi les chiroptères d'intérêt, les proportions étaient : *Eidolon helvum* (12,9%), *Epomops buettikoferi* (3,0%), *Hypsignathus monstrosus* (10,2%), *Lissonycteris angolensis* (16,4%), *Micropteropus pusillus* (0,2%), *Myonycteris torquata* (0,3%), espèces insectivores de la famille des Molossidae (28,3%) et *Rousettus aegyptiacus* (28,6%).

##### a) *Eidolon helvum*

Aucune capture n'a eu lieu en février, mai et juin et seuls six individus ont été capturés lors des missions de repérages en décembre. Des mâles et des femelles adultes ont été capturés en janvier, mars, avril et décembre et des juvéniles ont été identifiés en janvier et en mars. De plus, des femelles matures étaient en gestation en mars et en avril. (Tab I.A et I.B).

**Tableau I.** Effectifs des captures : (A) d'*Eidolon helvum* en fonction du sexe et de l'âge au cours de l'année ; (B) de femelles matures *Eidolon helvum* en fonction de leur statut physiologique. Aucune capture n'a eu lieu dans les mois de juillet à octobre. Les pourcentages ont été calculés en fonction du nombre total d'individus (A) et en fonction du nombre de femelles adultes et femelles adultes matures (B) chaque mois.

A		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Mâle	Adulte	0	0	6 (21,4%)	9 (25,7%)	0	0	X	X	X	X	0	0
	Adulte Mature	3 (25,0%)	0	5 (17,9%)	12 (34,3%)	0	0					0	4 (57,1%)
	Adulte Immature	0	0	1 (3,6%)	4 (11,4%)	0	0					0	0
	Juvenile	7 (58,4%)	0	0	0	0	0					0	0
	IN	0	0	0	1 (2,9%)	0	0					0	0
Femelle	Adulte	0	0	5 (17,9%)	5 (14,3%)	0	0	X	X	X	X	0	0
	Adulte Mature	1 (8,3%)	0	8 (28,5%)	3 (8,5%)	0	0					0	2 (28,6%)
	Adulte Immature	0	0	2 (7,1%)	0	0	0					0	1 (14,3%)
	Juvenile	0	0	1 (3,6%)	0	0	0					0	0
	IN	0	0	0	1 (2,9%)	0	0					0	0
IN	Adulte Immature	1 (8,3%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

B		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Gestation		0	0	8 (61,5%)	3 (37,5%)	0	0	X	X	X	X	0	0

**b) *Hypsignathus monstrosus***

Moins de huit individus ont été capturés en février, mai, juin, novembre et décembre. Une femelle gestante et lactante a été capturée en décembre. Des femelles lactantes faisaient partie des captures en février et avril. En avril, une femelle était également lactante et suitée. Des juvéniles étaient présents de janvier à mai ainsi qu'en novembre. Des mâles et des femelles adultes ont été capturés en mars, avril et décembre. Il y avait uniquement des mâles en janvier et en juin et, uniquement des femelles en février (Tab II.A et II.B).

**Tableau II.** Effectifs des captures : (A) d'*Hypsignathus monstrosus* en fonction du sexe et de l'âge au cours de l'année ; (B) de femelles matures *Hypsignathus monstrosus* en fonction de leur statut physiologique. Aucune capture n'a eu lieu dans les mois de juillet à octobre. Les pourcentages ont été calculés en fonction du nombre total d'individus (A) et en fonction du nombre de femelles adultes et femelles adultes matures (B) chaque mois.

**A**

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre				
Mâle	Adulte	1 (7,7%)	0	2 (8%)	2 (14,3%)	0	0	X	X	X	X	0	0				
	Adulte Mature	10 (76,9%)	0	13 (52%)	4 (28,5%)	0	1 (100%)					0	2 (28,6%)				
	Adulte Immature	1 (7,7%)	0	0	1 (7,15%)	0	0					0	2 (28,6%)				
	Juvénile	1 (7,7%)	0	5 (20%)	1 (7,15%)	1 (100%)	0					1 (100%)	0				
Femelle	Adulte	0	0	0	1 (7,15%)	0	0					0	0	0	0	0	0
	Adulte Mature	0	1 (33,3%)	1 (4%)	2 (14,3%)	0	0					0	0	0	0	3 (42,8%)	0
	Adulte Immature	0	0	0	0	0	0					0	0	0	0	0	0
	Juvénile	0	2 (66,6%)	1 (4%)	2 (14,3%)	0	0					0	0	0	0	0	0
	IN	0	0	1 (4%)	0	0	0					0	0	0	0	0	0
IN	Adulte	0	0	1 (4%)	0	0	0					0	0	0	0	0	0
	Juvénile	0	0	1 (4%)	1 (7,15%)	0	0					0	0	0	0	0	0

**B**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Lactation (L)	0	1 (100%)	0	2 (66,7%)	0	0	X	X	X	X	0	0
Gestation - L	0	0	0	0	0	0					0	1 (33,3%)
L - Suitée	0	0	0	1 (33,3%)	0	0					0	0

**c) *Rousettus aegyptiacus***

Moins de six individus ont été capturés en avril et décembre. Des juvéniles ont été capturés de janvier à juin ainsi qu'en novembre. Des mâles et femelles adultes faisaient partie des captures de janvier à mars, de mai à juin et de novembre à décembre. Des femelles étaient lactantes de janvier à mars, en mai et en juin. Une femelle lactante et suitée a été capturée en janvier, février, mars et novembre. Au moins une femelle était gestante en février, mars et novembre. Il y avait une prédominance de femelles en janvier, février et novembre alors que les mâles étaient au moins deux fois plus nombreux que les femelles en mai et en juin (Tab III.A et III.B).

**Tableau III.** Effectifs des captures : **(A)** de *Rousettus aegyptiacus* en fonction du sexe et de l'âge au cours de l'année ; **(B)** de femelles matures *Rousettus aegyptiacus* en fonction de leur statut physiologique. Aucune capture n'a eu lieu dans les mois de juillet à octobre. Les pourcentages ont été calculés en fonction du nombre total d'individus (A) et en fonction du nombre de femelles adultes et femelles adultes matures (B) chaque mois.

**A**

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
<b>Mâle</b>	Adulte	0	0	0	0	0	0	X	X	X	X	1 (5%)	1 (20%)
	Adulte Mature	7 (28,0%)	2 (10,5%)	7 (28,0%)	0	26 (78,8%)	29 (58%)					3 (15%)	2 (40%)
	Adulte Immature	0	0	2 (8,0%)	0	1 (3,0%)	0					0	0
	Juvenile	2 (8,0%)	1 (5,3%)	3 (12,0%)	3 (60,0%)	0	6 (12%)					1 (5%)	0
<b>Femelle</b>	Adulte	2 (8,0%)	1 (5,3%)	2 (8,0%)	0	0	0	X	X	X	X	3 (15%)	2 (40%)
	Adulte Mature	5 (20,0%)	10 (52,6%)	6 (24,0%)	0	5 (15,2%)	6 (12%)					7 (35%)	0
	Adulte Immature	1 (4,0%)	0	1 (4,0%)	0	0	2 (4,0%)					1 (5%)	0
	Juvenile	6 (24,0%)	4 (21,0%)	2 (8,0%)	2 (40,0%)	1 (3,0%)	7 (14%)					2 (10%)	0
	IN	2 (8,0%)	0	1 (4,0%)	0	0	0					0	0
	IN	0	1 (5,3%)	0	0	0	0					0	0
<b>IN</b>	Juvenile	0	0	1 (4,0%)	0	0	0	X	X	X	X	1 (5%)	0
	Adulte Mature	0	0	0	0	0	0					1 (5%)	0

**B**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
<b>Gestation (G)</b>	0	1 (9,1%)	2 (25,0%)	0	0	0	X	X	X	X	1 (10%)	0
<b>Lactation (L)</b>	1 (14,3%)	4 (36,4%)	2 (25,0%)	0	1 (20,0%)	5 (83,3%)					0	0
<b>L - Suitée</b>	1 (14,3%)	1 (9,1%)	1 (12,5%)	0	0	0					1 (10%)	0

#### d) Autres espèces

Aucun individu n'a été capturé pour les espèces suivantes : *Epomophorus gambianus*, *Epomophorus wahlbergi* et *Epomops franqueti*.

Une femelle gestante *Epomops buettikoferi* a été capturée en mars et en mai. Au mois de mars, il y avait également une femelle lactante. Des juvéniles étaient présents en janvier, mai et juin. Des mâles et femelles adultes ont été capturés en mai et en novembre alors qu'au mois de mars, seules des femelles faisaient partie des captures. Seul un mâle a été capturé en février (**Annexes 4.1.A et 4.1.B**).

Des mâles et des femelles adultes *Lissonycteris angolensis* ont été capturées de mars à juin et en novembre-décembre, mais uniquement des femelles étaient présentes en janvier-février. Des juvéniles faisaient partie des captures en février-mars, en mai-juin et en décembre. Des femelles gestantes ont été capturées de février-mars et des femelles lactantes en mars, mai, juin et décembre. Une femelle gestante et lactante ainsi qu'une femelle suitée étaient présentes en avril et une femelle lactante et suitée faisait partie des captures en mars. Seules des femelles ont été capturées en janvier et en février. Une prédominance de femelles en mars et décembre a été relevée. (**Annexes 4.2.A et 4.2.B**).

Des femelles gestantes de la famille des Molossidæ ont été capturées en avril-mai et des femelles lactantes en avril. Une femelle lactante et gestante a également été capturée en avril. Des mâles et des femelles adultes ont été capturés de février à avril et en novembre-décembre. Seuls des mâles adultes faisaient partie des captures en janvier et uniquement des femelles étaient présentes en mai-juin. Des juvéniles ont uniquement été capturées en décembre. Pour de nombreux individus l'âge et/ou le sexe étaient indéterminés. (**Annexes 4.3.A et 4.3.B**).

Concernant *Micropteropus pusillus*, seule une femelle adulte mature a été capturée en mars. Un mâle adulte mature et une femelle adulte immature *Myonycteris torquata* ont été identifiés au mois de décembre.

## 2) Calendriers

Les informations sur la reproduction telles que le nombre de cycle de reproduction par an, les leks, les accouplements, la fécondation et le devenir du zygote, la gestation, les parturitions, le nombre de nouveau-né par portée, la lactation, le sevrage, l'âge de la maturité sexuelle et l'activité sexuelle en fonction des sexes, ont été collectées dans la littérature. Cependant, le degré de précision relevé sur le cycle de reproduction varie selon les espèces de chauves-souris. Peu d'informations ont été trouvées pour *Lissonycteris angolensis* et *Myonycteris torquata*.

### a) *Eidolon helvum*

#### **Bibliographie :**

Chez *Eidolon helvum*, après fécondation, le développement du zygote est stoppé au stade de blastocyste bilaminaire et il flotte dans l'utérus avant de s'implanter. On parle d'implantation retardée. De plus, cette espèce possède un seul cycle de reproduction par an (Mutere, 1967).

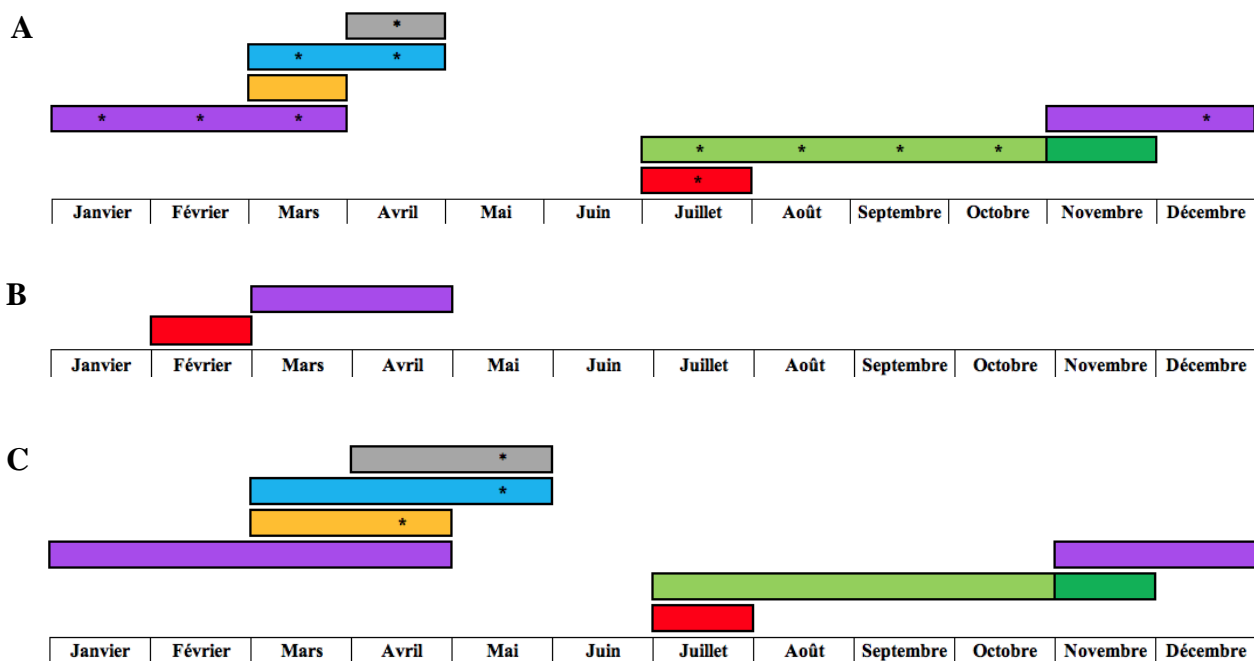
À Ile-Ife (Nigéria), l'implantation du zygote se fait en novembre. La gestation débute au même moment et les naissances ont lieu en mars, au début de la saison des pluies. La durée de gestation étant d'environ 4 mois, la période de gestation doit se situer de novembre à mars (Fayenuwo & Halstead, 1974). Il est suggéré que des femelles doivent être lactantes en mars-avril. L'implantation retardée du zygote durant environ 4 mois, ce phénomène doit s'étendre de juillet à octobre. De plus, sachant que les juvéniles peuvent être sevrés à 1 mois d'âge, la période du sevrage doit avoir lieu en avril (Mutere, 1967) (**Fig 3.A**).

#### **Travail de terrain :**

Une copulation a possiblement été observée en février sur le site de l'ENAE. D'après les captures, la période de gestation comprend les mois de mars et d'avril (**Fig 3.B**).

#### **Bilan :**

Des femelles gestantes ont été capturées lors des missions de terrain au mois d'avril, ce qui n'était pas le cas dans la bibliographie. Ainsi, le calendrier est quasi identique à celui de la bibliographie, sauf qu'il est suggéré que les périodes de gestation et de parturition se prolongent jusqu'en avril. De plus, la lactation chez les femelles et le sevrage chez les juvéniles doivent se poursuivre jusqu'au mois de mai (**Fig 3.C**).



**Figure 3.** Phénologie d'*Eidolon helvum* : (A) à Ile-Ife, Nigéria <sup>1</sup>, établie avec les données de la littérature ; (B) établie avec les données de terrain de Macenta ; (C) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données. (Rouge = copulation ; vert clair = implantation retardée ; vert = implantation ; violet = gestation ; orange = parturition ; bleu = lactation ; gris = sevrage ; \* = extrapolation). Figures réalisées par l'auteur. Référence : <sup>1</sup> Fayenuwo & Halstead, 1974.

### b) *Hypsignathus monstrosus*

#### Bibliographie :

Les mâles adultes matures forment la nuit de manière saisonnière ce qu'on appelle des leks ou sites d'appels sexuels, c'est-à-dire des assemblées où ils chantent dans le but d'être sélectionné par une femelle pour s'accoupler (Bradbury, 1977). Dans cette étude, les périodes de lek ont été considérées comme périodes d'accouplement.

La formation de lek a lieu deux fois par an en Côte d'Ivoire, de février à mai et d'août à octobre (Niamien *et al.*, 2015). Les mises-bas ont lieu d'août à décembre au Libéria (Nowak, 1994). Ainsi, il est suggéré pour le premier cycle de reproduction dans l'année que des femelles doivent être gestantes de février à décembre et lactantes d'août à janvier. Par analogie, des femelles doivent être gestantes d'août à mai et doivent mettre bas de janvier à mai lors du second cycle de reproduction. De plus, des femelles doivent donc être en lactation de janvier à juin (Fig 4.A).

#### Travail de terrain :

Des leks ont été observés de janvier à avril sur le site de Palia. Ainsi, la période d'accouplement s'étale au moins de janvier à avril. Les mois de février, avril et décembre font partie de la période de lactation (Fig 4.B).





### c) *Rousettus aegyptiacus*

#### **Bibliographie :**

Deux cycles de reproduction ont lieu par an pour cette espèce. Les périodes de lactation et de sevrage se déroulent lors des pics de précipitations (Racey, 1982).

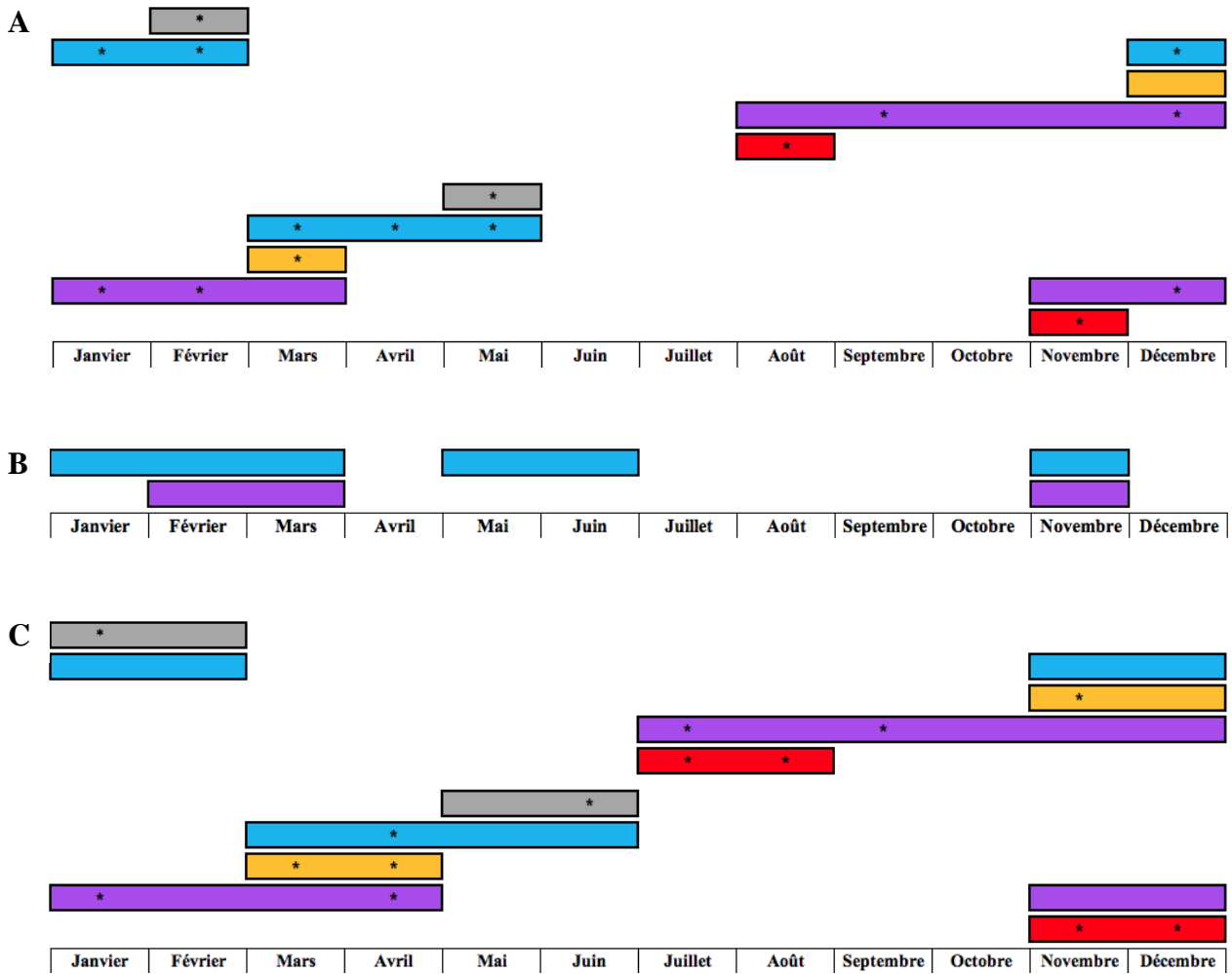
Au Libéria, des parturitions ont lieu en décembre et des femelles gestantes ont été capturées en mars, août et d'octobre à novembre. Par extrapolation, des femelles gestantes doivent être présentes en décembre. Des femelles doivent être en lactation de décembre à février sachant que la période de lactation dure environ 2 mois. La durée de gestation étant d'environ 4 mois, la période de gestation correspondant à ce cycle de reproduction doit s'étaler d'août à décembre avec comme période d'accouplement, le mois d'août. L'autre cycle de reproduction a été construit par analogie. Les accouplements doivent se faire en novembre suivis de mises-bas en mars. Les périodes de gestation et de lactation s'étalent de novembre à mars et de mars à mai, respectivement. Sachant que les juvéniles sont sevrés à 2-3 mois d'âge, le sevrage doit avoir lieu en février et en mai (Kwiecinski & Griffiths, 1999) (**Fig 5.A**).

#### **Travail de terrain :**

D'après les captures, la période de gestation comporte les mois de février, mars et novembre. Les mois de janvier à mars, de mai à juin et de novembre font partie de la période de lactation (**Fig 5.B**).

#### **Bilan :**

Des femelles lactantes ont été capturées en janvier, février et novembre lors des missions de terrain, ce qui n'était pas le cas dans la bibliographie. Ainsi, il est suggéré que pour l'un des cycles de reproduction, des naissances doivent avoir lieu en novembre. De plus, les périodes de conception et de gestation doivent débuter en juillet. Les juvéniles doivent alors être sevrés de janvier à février. Des femelles gestantes ont été capturées en février-mars et des femelles lactantes en mars, mai et juin. Ainsi, par analogie avec l'autre cycle de reproduction, les accouplements doivent avoir lieu en novembre-décembre et la période gestation doit s'étaler de novembre à avril suivie de mises-bas en mars-avril. Des femelles doivent être en lactation de mars à juin et les juvéniles doivent être sevrés en mai-juin. (**Fig 5.C**).



**Figure 5.** Phénologie de *Rousettus aegyptiacus* : (A) au Libéria <sup>1</sup>, établie avec les données de la littérature ; (B) établie avec les données de terrain de Macenta ; (C) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données. (Rouge = copulation ; violet = gestation ; orange = parturition ; bleu = lactation ; gris = sevrage ; \* = extrapolation). Figures réalisées par l'auteur. Référence : <sup>1</sup> Kwiecinski & Griffiths, 1999.

#### d) Autres espèces

##### *i. Epomophorus gambianus et Micropteropus pusillus*

Le calendrier phénologique a uniquement été construit avec les données de la littérature car seul un individu *Micropteropus pusillus* a été capturé lors des missions de terrain.

Ces deux espèces sont caractérisées par un œstrus post-partum et un développement embryonnaire immédiat. Leur calendrier est identique. À Ouango Fitini (Côte d'Ivoire), deux périodes de parturition ont lieu en avril-mai et en octobre-novembre, soit lors des saisons des pluies. Des femelles lactantes et gestantes ont été capturées en avril, mai, octobre et novembre. D'autres femelles étaient en gestation en juillet et août. Lors du second cycle de reproduction, le sevrage débute en novembre donc lorsque les juvéniles ont environ 1 mois d'âge. La durée de gestation étant d'environ 5-6 mois, les deux périodes de gestation doivent avoir lieu de mai à novembre et de novembre à mai et les périodes d'accouplement doivent se situer autour du mois de mai et du mois de novembre. Par extrapolation, des femelles doivent être en lactation en juin et décembre et, des juvéniles doivent être sevrés en mai, juin et décembre (Thomas & Marshall, 1984) (**Annexe E.1.a**).

#### *ii. Epomophorus wahlbergi*

Le calendrier phénologique a uniquement été construit avec les données de la littérature car aucun individu n'a été capturé lors des missions de terrain.

En République du Congo, les parturitions ont lieu fin février et début septembre (Nowak, 1994). Il est suggéré que des naissances se produisent également en mars et en août. La durée de gestation est d'environ 5-6 mois (Monadjem *et al.*, 2010), les deux périodes de gestation doivent se situer de mars à septembre et de septembre à mars et les périodes de conception doivent avoir lieu en mars et septembre. Par extrapolation, des femelles doivent être lactantes de février à avril et d'août à octobre (**Annexe E.1.b**).

#### *iii. Epomops franqueti*

Le calendrier phénologique a uniquement été construit avec les données de la littérature car aucun individu n'a été capturé lors des missions de terrain.

Cette espèce est caractérisée par un œstrus post-partum et un développement embryonnaire immédiat. Les copulations se font en avril et septembre suivies de mises-bas, lors des saisons des pluies, en février et en septembre à Entebbe (Ouganda). Des femelles gestantes ont été capturées en février et d'avril à novembre. Des femelles en lactation avec un utérus post-partum faisaient partie des captures en février et en septembre. La durée de gestation étant d'environ 5-6 mois, des femelles doivent être gestantes également en janvier et en décembre. Il est suggéré qu'au mois de mars et d'octobre, des femelles doivent être en lactation (Okia, 1974) (**Annexe E.1.c**).

#### *iv. Myonycteris torquata*

Le calendrier phénologique a uniquement été construit avec les données de la littérature car seuls deux individus ont été capturés lors des missions de terrain.

En Côte d'Ivoire, les périodes de parturition se déroulent en février-mars et août-septembre. Des femelles gestantes ont été capturées en avril et en novembre. Il est suggéré que les accouplements ont lieu au même moment et que les périodes de gestation s'étalent d'avril à septembre et de novembre à mars. De plus, des femelles doivent être lactantes de février à avril et d'août à octobre (Thomas, 1983) (**Annexe E.1.d**).

#### *v. Epomops buettikoferi*

##### **Bibliographie :**

Cette espèce est caractérisée par un œstrus post-partum et un développement embryonnaire immédiat. Les accouplements au Libéria se font en mars et en septembre suivis de naissances en février-mars et août-septembre, lors des saisons des pluies. La durée de gestation étant d'environ 5-6 mois, les deux périodes de gestation doivent se situer de mars à septembre et de septembre à mars (Kofron & Chapman, 1994). Il est suggéré que des femelles doivent être en lactation de février à mai et d'août à novembre sachant que la durée maximale de lactation est d'environ 2 mois pour cette espèce (Thomas & Marshall, 1984) (**Annexe E.2.a**).

##### **Travail de terrain :**

La période de gestation comprend les mois de mars et de mai et la période de lactation uniquement le mois de mars (**Annexe E.2.b**).

##### **Bilan :**

La combinaison des données de terrain et des données de la littérature a permis d'établir un calendrier identique à celui construit avec la bibliographie (**Annexe E.2.a**).

#### *vi. Lissonycteris angolensis*

##### **Bibliographie :**

Deux hypothèses quant aux périodes d'accouplement en République du Congo ont été émises : soit les copulations se font toute l'année soit deux fois par an, d'avril à juin et en octobre-novembre (Nowak, 1994) (**Annexe E.3.a**).

##### **Travail de terrain :**

Les mois de février à avril font partie de la période de gestation. La période de lactation comprend les mois de mars à juin (**Annexe E.3.b**).

**Bilan :**

Deux cycles de reproduction ont été considérés. Une période de lactation a lieu de mars à juin d'après les données de terrain. En prenant en compte, la période d'accouplement en octobre-novembre et les captures de femelles gestantes de février à avril, il est suggéré que la période de gestation correspondante s'étale d'octobre à avril et que les naissances ont lieu en mars-avril. L'autre cycle de reproduction a été construit par analogie. L'hypothèse d'accouplements tout au long de l'année n'est pas écartée. (**Annexe E.3.c**).

*vii. Mops condylurus***Bibliographie :**

Les périodes de copulation, qui ont lieu en avril-mai et novembre-décembre, sont suivies de mises-bas en février-mars et juillet-août à Bukalasa (Ouganda). Le poids des testicules ne varie pas durant l'année. Des femelles gestantes ont été capturées de mai à juillet et en janvier, février, novembre et décembre. La durée de gestation étant d'environ 2-3 mois, des femelles doivent être en gestation d'avril à août et de novembre à mars. Il est suggéré que des femelles doivent être lactantes de février à avril et de juillet à septembre, lors des pics de précipitations (Mutere, 1973) (**Annexe E.4.a**).

**Travail de terrain :**

D'après les captures des individus de la famille des Molossidae, la période de gestation comporte les mois d'avril et de mai. Le mois d'avril fait également partie de la période de lactation (**Annexe E.4.b**).

**Bilan :**

Les données de terrain provenant d'espèces de la famille des Molossidae concordent avec ceux de la bibliographie pour *Mops condylurus*. Ainsi, le calendrier construit est identique à celui de la bibliographie (**Annexe E.4.a**).

### 3) Migrations

Des informations sur les migrations ont été rapportées pour six espèces : *Eidolon helvum*, *Epomophorus wahlbergi*, *Epomops buettikoferi*, *Mops condylurus*, *Myonycteris torquata* et *Rousettus aegyptiacus*. Pour *Epomophorus wahlbergi* et *Mops condylurus*, le caractère migratoire ne constitue qu'une suspicion (Krauel & McCracken, 2013). Pour *Eidolon helvum* et *Myonycteris torquata*, des migrations sur de longues distances ont été rapportées.

### **a) *Eidolon helvum***

Annuellement, 5 à 10 millions d'individus s'installent d'octobre à décembre au parc national de Kansanka en Zambie alors que les fruits sont mûrs et repartent lorsque leurs ressources alimentaires deviennent faibles. Cette migration serait donc guidée par les variations saisonnières en ressources alimentaires (Richter & Cumming, 2006).

Dans les forêts au sud de la Côte d'Ivoire, environ 500 000 individus quittent leur perchoir après les mises-bas en février pour aller dans les savanes vers le nord. Ces individus migreraient au moins jusqu'au bassin du Niger en juillet, en plein milieu de la saison des pluies (Thomas, 1983).

### **b) *Myonycteris torquata***

En Côte d'Ivoire, les mâles et femelles quittent les forêts pour rejoindre la périphérie des savanes au fur et à mesure de la progression des pluies en avril. Les femelles sont gestantes en avril et retournent en forêt plus tard en saison des pluies pour mettre-bas. La majorité des mâles, composés essentiellement de juvéniles, suivent les pluies au nord du pays en passant par les savanes et ne retournent dans le sud que lors de la dernière moitié de la saison des pluies vers octobre. Les mâles adultes restent dans les forêts toute l'année. Ainsi, lors de la saison sèche, cette espèce se fait rare dans les savanes mais abonde en forêt (Thomas, 1983).

### **c) Autres espèces**

Les femelles *Epomops buettikoferi* proches du terme du centre du Libéria migreraient vers un lieu pour mettre-bas et allaiter leur progéniture. Ensuite, les femelles post-lactantes et les juvéniles reviendraient au centre du Libéria (Kofron & Chapman, 1994).

Des segments de colonies de *Rousettus aegyptiacus* peuvent faire des migrations saisonnières limitées spatialement (Nowak, 1994).

#### 4) Plantes consommées

##### **Bibliographie :**

Au total, 125 espèces de plantes réparties en 35 familles ont été répertoriées bien qu'une minorité de ces résultats ne soient que des suspicions. Parmi les 35 familles, six d'entre elles représentent en tout 48% de la diversité du régime alimentaire des chauves-souris en incluant les suspicions : Moraceae (19,2%), Fabaceae (7,2%), Anacardiaceae (5,6%), Arecaceae (5,6%), Myrtaceae (5,6%) et Malvaceae (4,8%). Parmi elles, 66,6% des parties consommées sont des fruits, 33,3% des fleurs et le reste des feuilles. Les familles restantes représentent chacune 4,0% ou moins de la diversité du régime alimentaire, toutes les espèces de chauves-souris confondues. Parmi elles, environ 80% des parties consommées sont des fruits, le reste étant essentiellement des fleurs. Cinq espèces sont particulièrement citées dans la littérature : *Chlorophora excelsa* (Moraceae), *Ficus spp* (Moraceae), *Mangifera spp* (Anacardiaceae), *Musa spp* (Musaceae) et *Psidium guajava* (Myrtaceae). Leurs fruits étant consommés par les chauves-souris d'intérêt. Ainsi, les fruits prennent une place importante dans le régime alimentaire des chauves-souris par rapport aux autres parties d'une plante pouvant être consommées telles que les fleurs ou les feuilles.

##### **Travail de terrain :**

Au total, 7 espèces de plantes réparties en 6 familles ont été répertoriées. Seuls les fruits de *Ficus spp* (Moraceae), de *Chlorophora excelsa* (Moraceae) et de *Mangifera indica* (Anacardiaceae) ainsi que les feuilles d'*Acacia mangium* (Fabaceae) ont été observés en train d'être consommés par des chauves-souris. Les fruits de *Cola spp* (Malvaceae) et de *Dracanea spp* (Asparagaceae) ainsi que les fleurs et/ou fruits de *Bombax buonopozense* (Bombacaceae) ont été retrouvés, consommés en partie, et ne constituent donc que des suspicions. En revanche, il n'a pas été possible d'identifier avec certitude les espèces de chiroptères impliquées même lorsqu'une observation directe a été faite car cette dernière était trop brève. Seules des suspicions ont pu être émises en fonction de l'apparence et du gabarit de la chauve-souris au moment de l'observation et de l'identification des espèces lors des captures signalant leur présence dans la zone. Les fruits de *Chlorophora excelsa* et de *Ficus spp* ont pu être consommés par : *Eidolon elvum*, *Epomops buettikoferi*, *Hypsignathus monstrosus*, *Lissonycteris angolensis* et *Rousettus aegyptiacus*. Les fruits de *Cola spp* ont pu être mangés par : *Lissonycteris angolensis* et *Rousettus aegyptiacus*. Les feuilles d'*Acacia mangium*, les fruits de *Mangifera indica*, les fruits de *Dracanea spp* et les fleurs et/ou les fruits de *Bombax buonopozense* ont pu être consommés par : *Eidolon helvum*, *Hypsignathus monstrosus*, *Rousettus aegyptiacus* et *Epomops buettikoferi*.

## B) Phénologie des plantes de leur régime alimentaire

Le nombre d'espèces de plantes consommées par les chauves-souris trouvé dans la littérature étant trop conséquent, seule une partie de celles suivies sur le terrain a été incorporée dans l'étude. Douze espèces de plantes ont été retenues : *Acacia mangium*, *Anacardium occidentale*, *Anthocleista nobilis*, *Bombax buonopozense*, *Ceiba pentandra*, *Chlorophora excelsa*, *Elaeis guineensis*, *Mangifera indica*, *Musanga cecropioides*, *Myrianthus arboreus*, *Parkia bicolor*, *Pycnanthus angolensis* (Tab IV).

**Tableau IV.** Les espèces de plantes pour lesquelles la phénologie est suivie sur les différents sites lors des missions de terrain. Les espèces surlignées en rouge représentent celles pour lesquelles aucune recherche bibliographique n'a été effectuée. (P = Palia ; L = Lohouma ; E = ENAE).

Famille	Espèce	Localité
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	E
	<i>Mangifera indica</i>	P, E
Arecaceae	<i>Elaeis guineensis</i>	P, L
Asparagaceae	<i>Dracaena spp</i>	L, E
Bombacaceae	<i>Bombax buonopozense</i>	P, E
	<i>Ceiba pentandra</i>	P, L
Caesalpiniaceae	<i>Bussea occidentalis</i>	P
Cecropiaceae	<i>Musanga cecropioides</i>	P
Combretaceae	<i>Terminalia spp</i>	P
Euphorbiaceae	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	P,L, E
Fabaceae	<i>Acacia mangium</i>	E
	<i>Parkia bicolor</i>	P, L
	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	P
Gentianaceae	<i>Anthocleista nobilis</i>	L, E
Moraceae	<i>Chlorophora excelsa</i>	P, L
	<i>Ficus spp</i>	P, L
Musaceae	<i>Musa spp</i>	E
Myristicaceae	<i>Pycnanthus angolensis</i>	P
Myrtaceae	<i>Psidium spp</i>	E
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i>	L, E
Urticaceae	<i>Myrianthus arboreus</i>	P, L

En raison du grand nombre d'espèces de plantes suivies, seules certaines figures ont été exposées dans cette partie. Ces dernières ont été choisies en fonction de l'importance de la plante au sein du régime alimentaire des chauves-souris, des parties consommées par ces dernières et du nombre d'observations effectuées sur le terrain pour le suivi phénologique. Ainsi les résultats pour : *Bombax buonopozense*, *Ceiba pentandra*, *Chlorophora excelsa* et *Mangifera indica* ont été affichés. Les figures des autres espèces ont été placées en annexes.

Pour toutes les espèces, beaucoup de données sont, soit manquantes, soit incompatibles. Pour la partie bibliographique sur l'herbier en ligne du MNHN, la région de provenance du spécimen est en cause car l'évolution climatique est différente de celle de Macenta. Par exemple, aucune donnée valide n'a été trouvée pour *Acacia mangium*.



## 1) *Bombax buonopozense*

### Bibliographie :

La plante est en fleur en janvier et stérile en novembre et en décembre. De plus, cette partie de la plante est consommée par les chauves-souris et l'Homme (Marshall, 1985 ; Gautier-Beguin, 1989) (**Fig 6.A**).

### Travail de terrain :

La plante est en fleur avec des fruits verts en janvier. Au mois de mars, seuls des fruits verts ont été notés. En avril et juin, la plante est stérile. Par extrapolation, des fleurs et des fruits verts doivent être présents en février alors qu'au mois de mai, cette espèce doit posséder uniquement des feuilles (**Fig 6.B**).

### Bilan :

Cette espèce est en fleur en janvier et février et porte des fruits verts de janvier à mars. La plante est stérile d'avril à juin ainsi qu'en novembre et en décembre (**Fig 6.C**).

<b>A</b>	Fl	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	St	St
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
<b>B</b>	Fl	Fv	Fl*	Fv*	Fv	St	St*	St	NA	NA	NA	NA	NA
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	
<b>C</b>	Fl	Fv	Fl	Fv	Fv	St	St	St	NA	NA	NA	NA	St
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	

**Figure 6.** Phénologie de *Bombax buonopozense* : (A) établie avec les données de la littérature <sup>1,2</sup> ; (B) établie avec les données de terrain de Macenta ; (C) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données. (Fl = fleur ; Fr = fruit ; Fv = fruit vert ; Fm = fruit mûr ; St = stérile ; NA = absence de données ou non valides en raison du climat ; rouge = consommation par les chauves-souris et l'Homme ; \* = extrapolation). Figures réalisées par l'auteur.  
Références : <sup>1</sup> Marshall, 1985 ; <sup>2</sup> Gautier-Beguin, 1989.

## 2) *Ceiba pentandra*

### Bibliographie :

La plante est en fleur en janvier, février et octobre et est stérile en mai et en juin. Les chauves-souris en consomment les fleurs alors que les feuilles et les graines sont consommées par l'Homme (Marshall, 1985 ; Ekué *et al.*, 2008) (**Fig 7.A**).

### Travail de terrain :

Cette espèce est pourvue de fruits verts et de fruits mûrs en janvier. Au mois de février, des fruits verts sont présents alors qu'en mars, il s'agit de fruits mûrs. La plante est stérile en avril et en juin. Il est suggéré qu'elle possède des fruits mûrs en février et uniquement des feuilles en mai (Fig 7.B).

### Bilan :

Cette espèce arbore des fruits mûrs de janvier à mars et des fruits verts de janvier à février. La plante est en fleur en octobre et est stérile d'avril à juin (Fig 7.C).

<b>A</b>	Fl	Fl	NA	NA	St	St	NA	NA	NA	Fl	NA	NA		
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		
<b>B</b>	Fv	Fm	Fv	Fm*	Fm	St	St*	St	NA	NA	NA	NA		
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		
<b>C</b>	Fv	Fm	Fv	Fm	Fm	St	St	St	NA	NA	NA	Fl	NA	NA
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		

**Figure 7.** Phénologie de *Ceiba pentandra* : (A) établie avec les données de la littérature <sup>1,2</sup> ; (B) établie avec les données de terrain de Macenta ; (C) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données. (Fl = fleur ; Fv = fruit vert ; Fm = fruit mûr ; St = stérile ; NA = absence de données ou non valides en raison du climat ; vert = consommation par les chauves-souris ; \* = extrapolation). Figures réalisées par l'auteur.  
Références : <sup>1</sup> Marshall, 1985 ; <sup>2</sup> Ekué et al, 2008.

### 3) *Chlorophora excelsa*

#### Bibliographie :

La plante est en fleur en février et mars. Elle est également en fruit en mars. Cette espèce est stérile en janvier, mai et octobre. Il est suggéré qu'elle doit arborer des fruits en avril. Son fruit est consommé par les chauves-souris (Marshall, 1985) (Fig 8.A).

#### Travail de terrain :

Des fruits mûrs ont été notés en mars. La plante est stérile en avril et en juin. Par extrapolation, elle doit arborer des fleurs et des fruits verts en janvier et, des fruits verts et des fruits mûrs en février. De plus, elle doit être stérile en mai (Fig 8.B).

#### Bilan :

Cette espèce est en fleur en janvier. Elle porte des fruits verts en janvier et février et, des fruits mûrs en février et en mars. La plante est stérile d'avril à juin ainsi qu'en octobre (Fig 8.C).

<b>A</b>	St	Fl	Fl	Fr	Fr *	St	NA	NA	NA	NA	St	NA	NA
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	

<b>B</b>	Fl *	Fv *	Fv *	Fm *	Fm	St	St *	St	NA	NA	NA	NA	NA
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	

<b>C</b>	Fl	Fv	Fv	Fm	Fm	St	St	St	NA	NA	NA	St	NA	NA
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		

**Figure 8.** Phénologie de *Chlorophora excelsa* : (A) établie avec les données de la littérature <sup>1</sup> ; (B) établie avec les données de terrain de Macenta ; (C) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données. (Fl = fleur ; Fr = fruit ; Fv = fruit vert ; Fm = fruit mûr ; St = stérile ; NA = absence de données ou non valides en raison du climat ; vert = consommation par les chauves-souris ; \* = extrapolation). Figures réalisées par l'auteur. Référence : <sup>1</sup>Marshall, 1985.

#### 4) *Mangifera indica*

##### Bibliographie :

La plante est en fleur de janvier à mars ainsi qu'en octobre et décembre. Par extrapolation, elle doit arborer des fleurs en novembre. Son fruit, la mangue, qui est consommée par l'Homme et les chauves-souris, est présent en février et mars (Marshall, 1985) (**Fig 9.A**).

##### Travail de terrain :

Des fleurs sont présentes de janvier à mars. En mars, des fruits verts ont été notés. Au mois d'avril et de juin, cette espèce arbore des fruits verts et des fruits mûrs. Il est suggéré qu'au mois de mai, des fruits verts et des fruits mûrs doivent être portés par la plante (**Fig 9.B**).

##### Bilan :

Cette espèce est en fleur de janvier à mars et d'octobre à décembre. Elle arbore des fruits verts de mars à juin ainsi que des fruits mûrs d'avril à juin (**Fig 9.C**).

<b>A</b>	Fl	Fl	Fr	Fl	Fr	NA	NA	NA	NA	NA	NA	Fl	Fl *	Fl
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		

<b>B</b>	Fl	Fl	Fl	Fv	Fv	Fm	Fv *	Fm *	Fv	Fm	NA	NA	NA	NA	NA
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre			

<b>C</b>	Fl	Fl	Fl	Fv	Fv	Fm	Fv	Fm	Fv	Fm	NA	NA	NA	Fl	Fl	Fl
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre				

**Figure 9.** Phénologie de *Mangifera indica* : (A) établie avec les données de la littérature <sup>1</sup> ; (B) établie avec les données de terrain de Macenta ; (C) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données. (Fl = fleur ; Fr = fruit ; Fv = fruit vert ; Fm = fruit mûr ; St = stérile ; NA = absence de données ou non valides en raison du climat ; rouge = consommation par les chauves-souris et l'Homme ; \* = extrapolation). Figures réalisées par l'auteur. Référence : <sup>1</sup>Marshall, 1985.

## 5) Autres espèces

### a) *Acacia mangium*

En l'absence de données récoltées par l'intermédiaire de l'herbier en ligne, le calendrier considéré dans cette partie reste celui construit grâce aux données de terrain. Ainsi, la plante arbore des fruits mûrs de février à avril, des fruits verts en février et des fleurs en juin. Par extrapolation, des fruits verts doivent être présents en janvier alors qu'au mois de mai, il doit s'agir de fruits mûrs et de fleurs (**Annexe F.1**).

### b) *Anacardium occidentale*

#### **Bibliographie :**

La plante est en fleur et en fruit en février et en mai. Par extrapolation, elle doit arborer des fleurs et des fruits en mars et avril. Elle est uniquement en fleur en août et décembre et doit également l'être en janvier. Son fruit est consommé par les chauves-souris et l'Homme (Marshall, 1985) (**Annexe F.2.a**).

#### **Travail de terrain :**

Cette espèce possède uniquement des fruits verts en février alors qu'au mois de mars des fruits verts et des fruits mûrs sont présents. La plante est stérile en juin. Il est suggéré qu'elle arbore des fleurs en janvier, des fruits mûrs en avril et uniquement des feuilles en mai (**Annexe F.2.b**).

#### **Bilan :**

Des fleurs sont présentes en janvier, août et décembre. La plante porte des fruits verts en février et en mars ainsi que des fruits mûrs en mars et avril. Elle est stérile en mai et juin (**Annexe F.2.c**).

### c) *Anthocleista nobilis*

#### **Bibliographie :**

Cette espèce est en fleur en février, mars, mai et août. Il est suggéré qu'elle doit arborer également des fleurs en avril. Au mois de novembre, elle est en fleur et en fruit. La plante est stérile en janvier. Sa fleur et son fruit sont consommés par les chauves-souris (Marshall, 1985) (**Annexe F.3.a**).

#### **Travail de terrain :**

Des boutons floraux, des fleurs et des fruits mûrs sont présents en mars et avril. Cette espèce arbore des fruits verts et des fruits mûrs en février. Des fruits verts sont également présents en avril. Par extrapolation, la plante doit posséder des boutons floraux en janvier et février, des fleurs en janvier, février et mai ainsi que des fruits verts en janvier, mars et mai (**Annexe F.3.b**).

**Bilan :**

Cette espèce porte des boutons floraux de janvier à avril et des fleurs de janvier à mai ainsi qu'en août et en novembre. La plante arbore des fruits verts de janvier à juin ainsi que des fruits mûrs de février à avril. Au mois de novembre, des fruits (sans précision sur la maturation) sont présents en novembre. Il est suggéré que la plante doit porter des fleurs en décembre (**Annexe F.3.c**).

*d) Elaeis guineensis*

**Bibliographie :**

Cette espèce est en fleur en juin et stérile en mai et septembre (**Annexe F.4.a**).

**Travail de terrain :**

La plante présente des fruits mûrs en juin. Il est suggéré qu'elle arbore des fruits verts et des fruits mûrs en mai et uniquement des fruits verts en avril (**Annexe F.4.b**).

**Bilan :**

Cette espèce arbore des fruits verts en avril et mai et, des fruits mûrs en mai et juin. La plante est stérile en septembre (**Annexe F.4.c**).

*e) Musanga cecropioides*

**Bibliographie :**

Cette espèce est en fleur en janvier, février et septembre et est en fruit en février et avril. Il est suggéré qu'elle doit arborer des fruits en mars. La plante est stérile en mai. Son fruit est consommé par les chauves-souris (Bradbury, 1977) (**Annexe F.5.a**).

**Travail de terrain :**

La plante possède des fruits verts et des fruits mûrs en avril et en juin. En mars, seuls des fruits verts ont été notés. Il est suggéré qu'elle doit arborer des fleurs en janvier et février, des fruits verts en février et en mai ainsi que des fruits mûrs en mai (**Annexe F.5.b**).

**Bilan :**

Cette espèce est en fleur en janvier, février et septembre. Elle porte des fruits verts de février à juin et, des fruits mûrs d'avril à juin (**Annexe F.5.c**).

*f) Myrianthus arboreus*

**Bibliographie :**

La plante est en fleur de janvier à mars et est en fruit en janvier et avril. Par extrapolation, elle doit arborer des fruits en février et en mars également. Elle est stérile en mai et septembre. Son fruit est consommé par l'Homme et sa fleur par les chauves-souris (Kouame *et al.*, 2008) (**Annexe F.6.a**).

**Travail de terrain :**

Cette espèce est en fleur de janvier à avril mais est stérile en juin. Par extrapolation, des fleurs doivent être présentes en mai (**Annexe F.6.b**).

**Bilan :**

La plante est en fleur de janvier à mai et est stérile en juin et en septembre (**Annexe F.6.c**).

*g) Parkia bicolor*

**Bibliographie :**

La plante est en fleur en janvier, mars et septembre. Elle est en fruit de janvier à mars ainsi qu'en mai. Par extrapolation, elle doit arborer des fleurs en février et des fruits en avril. La plante est stérile en octobre. Sa fleur est consommée par les chauves-souris (**Annexe F.7.a**).

**Travail de terrain :**

Cette espèce est en fleur en janvier et février. Elle arbore des fruits verts de janvier à mars et des fruits mûrs de mars à avril. La plante est stérile en juin et par extrapolation, également en mai (**Annexe F.7.b**).

**Bilan :**

La plante est en fleur en janvier, février et septembre. Elle arbore des fruits verts de janvier à mars et des fruits mûrs en mars et en avril. Elle est stérile en mai, juin et octobre (**Annexe F.7.c**).

*h) Pycnanthus angolensis*

**Bibliographie :**

Cette espèce est en fleur et en fruit en juin et décembre. Il est suggéré qu'elle doit arborer des fruits en janvier et des fleurs en mai et novembre (**Annexe F.8.a**).

**Travail de terrain :**

La plante arbore des fruits mûrs en janvier, mars et avril mais est stérile en juin. Il est suggéré que des fruits mûrs soient présents en février et en mai (**Annexe F.8.b**).

**Bilan :**

Cette espèce est en fleur en novembre et décembre. Elle porte des fruits mûrs de janvier à mai. Il est suggéré que des fruits verts doivent être présents en décembre. La plante est stérile en juin (**Annexe F.8.c**).

**C) Écologie des chauves-souris - risque de portage viral****1) Bibliographie des facteurs de risque (FR)****a) Facteurs environnementaux**

Les infections par le virus Ebola seraient plus probables lorsque les ressources alimentaires sont faibles en raison d'une augmentation de la compétition qui augmente le nombre de contacts entre les animaux (Buceta *et al.*, 2017). Sachant que la disponibilité de nourriture pour les chauves-souris est dépendante des précipitations, cette dernière serait diminuée en saison sèche (Mutere, 1973 ; Happold & Happold, 1990 ; Cumming & Bernard, 1997).

Un décalage de deux ans a été noté entre les épidémies au virus Ebola et la déforestation. Cette dernière incite les chauves-souris à se déplacer notamment près des zones urbaines. Il est suggéré que la perte de forêts denses (surtout si plus de 83% de la canopée est perdue) est un facteur de risque important. L'Homme va pénétrer dans les parcelles de forêts restantes et être plus en contacts avec la faune sauvage dans laquelle une prolifération d'espèces réservoirs potentielles a pu avoir lieu (Olivero *et al.*, 2017).

**b) Facteurs physiologiques****Filovirus :**

Une séroprévalence plus élevée pour le virus Ebola a été relevée chez les chauves-souris gestantes (*Epomops franqueti*, *Hypsignathus monstrosus*, *Micropteropus pusillus*, *Myonycteris torquata* et *Rousettus aegyptiacus*) par rapport aux non gestantes au Gabon et en République du Congo (Pourrut *et al.*, 2009).

Une plus grande proportion de juvéniles *Rousettus aegyptiacus* est infectée par le virus Marburg par rapport aux adultes. Le taux d'infection chez les juvéniles augmenterait dans les mois autour des périodes de mises-bas. De plus, les infections humaines coïncident avec ces périodes où les juvéniles, qui sont âgés de 4,5-7,5 mois, sont plus susceptibles d'être infectés (Amman *et al.*, 2012). En effet, la perte des anticorps maternels chez cette espèce de chauve-souris survient entre 4-5 mois d'âge et les juvéniles deviennent alors sensible à une infection primaire contre le virus Marburg (Storm *et al.*, 2018).

### **Paramyxovirus :**

Les femelles en fin de gestation et fin de lactation *Pteropus scapulatus* ont une séroprévalence plus élevée pour le virus Hendra par rapport aux mâles et aux femelles non gestantes/lactantes. Ces femelles présenteraient un risque d'infection plus élevé pour ce virus. Ce risque serait plus réduit pour les femelles en fin de lactation par rapport à celles en fin de gestation (Plowright *et al.*, 2008). De même, les femelles *Pteropus hypomelanus* gestantes, lactantes ou portant un nouveau-né ont une séroprévalence plus élevée par rapport aux autres femelles adultes et seraient plus exposées au virus Nipah que les mâles adultes et les autres femelles adultes (Rahman *et al.*, 2013).

Les deux pics d'excrétion chez des *Rousettus aegyptiacus* infectés par des rubulavirus correspondent aux périodes de fin de gestation des femelles et à la présumé perte des anticorps maternels chez les juvéniles. En-dehors de ces périodes, les femelles en lactation possèdent toujours un haut niveau d'excrétion (Mortlock *et al.*, 2019).

### **c) Facteurs populationnels**

De manière générale, la richesse virale au sein d'une population de chauves-souris est positivement corrélée à leur distribution géographique, leur gabarit et notamment la taille de la colonie qui favorise le contact entre les individus et faciliterait les transmissions virales (Maganga *et al.*, 2014 ; Webber *et al.*, 2017).

Les espèces de chauves-souris avec au moins deux pics de parturition par an auraient plus de risques d'être séropositifs contre les filovirus. La persistance de ces virus serait accrue avec une hausse de la période d'incubation, de la période infectieuse et de la natalité mais serait amoindri lorsque les pics des mises-bas sont synchrones. Les naissances augmentent la taille d'une population et le nombre de contacts entre individus. La présence de juvéniles est alors susceptible d'être un facteur important dans la dynamique d'infection (Hayman, 2015). Un pic de séroprévalence pour les filovirus est également observé lors de la période de parturition pour *Rousettus aegyptiacus* en Zambie (Changula *et al.*, 2018).

## **2) Périodes à risque accru de portage viral**

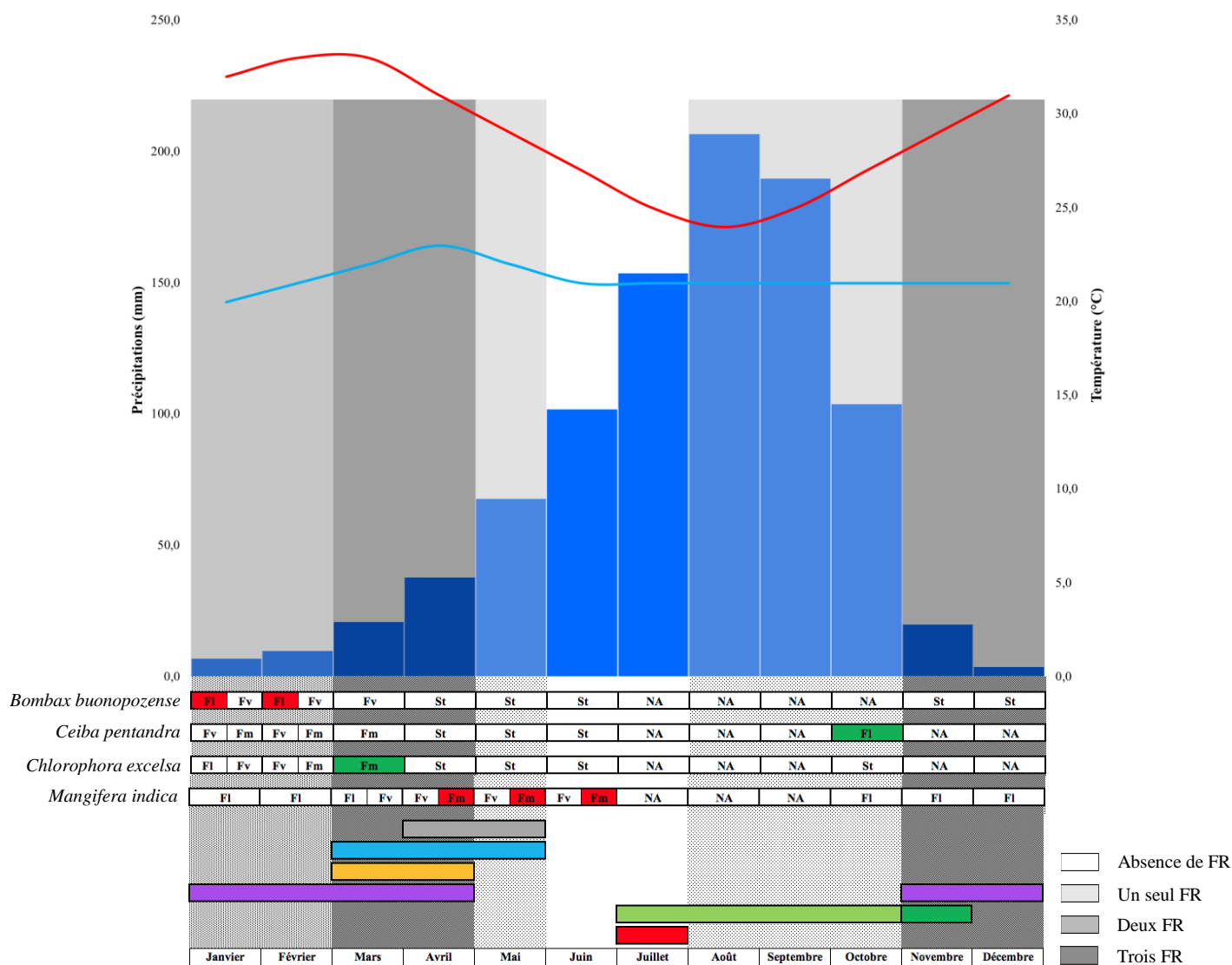
Quatre facteurs ont été retenus pour établir les périodes à risque accru de portage viral. Deux facteurs physiologiques : les femelles en gestation ou en lactation et les juvéniles âgés de 5 à 8 mois ayant perdus leurs anticorps maternels. Un facteur populationnel se rapportant aux périodes de parturition durant lesquelles la taille de la population et donc, les contacts entre individus augmentent. Un facteur environnemental correspondant aux faibles ressources alimentaires en saison sèche qui a lieu de novembre à avril à Macenta.

Seules les périodes à risque accru c'est-à-dire associant au moins trois facteurs de risque sont mentionnées avec précision. Comme dans la partie II) A), les figures d'*Eidolon helvum*, *Hypsignathus monstrosus* et *Rousettus aegyptiacus* ont été affichées alors que celles des autres espèces ont été placées en annexes.



### a) *Eidolon helvum*

Les périodes à risque accru se déroulent en mars-avril et en novembre-décembre. Les mois de juin et de juillet ne comportent aucun facteur de risque et ne constituent donc pas une période à risque de portage viral (**Fig 10**).

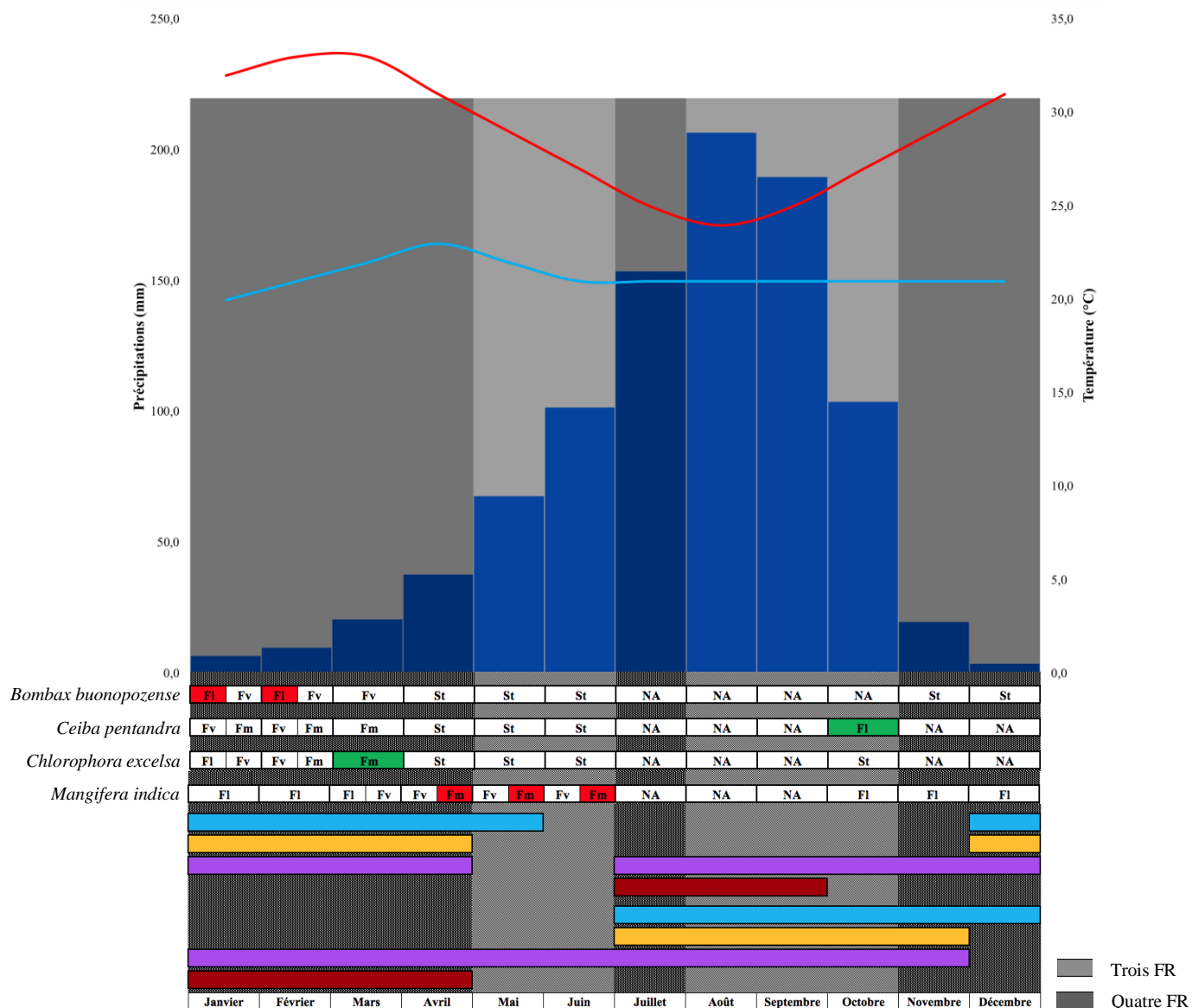


**Figure 10.** Périodes à risque de portage viral couplées à la phénologie d'*Eidolon helvum* et des principales plantes de leur régime alimentaire ainsi qu'à la climatologie de Macenta, en Guinée.

(Rouge = copulation ; vert clair = implantation retardée ; vert = implantation ; violet = gestation ; orange = parturition ; bleu = lactation ; gris = sevrage ; Fl = fleur ; Fv = fruit vert ; Fm = fruit mûr ; St = stérile ; NA = absence de données ou non valides en raison du climat ; vert = consommation par les chauves-souris ; rouge = consommation par les chauves-souris et l'Homme ; traits rouge et bleu = températures maximale et minimale respectivement en °C ; histogramme = précipitations en mm). Figure réalisée par l'auteur.

## b) *Hypsignathus monstrosus*

Toute l'année est considérée comme une période à risque accru. Les mois de novembre à avril ainsi que le mois de juillet cumulent tous les facteurs de risque de portage viral (**Fig 11**).



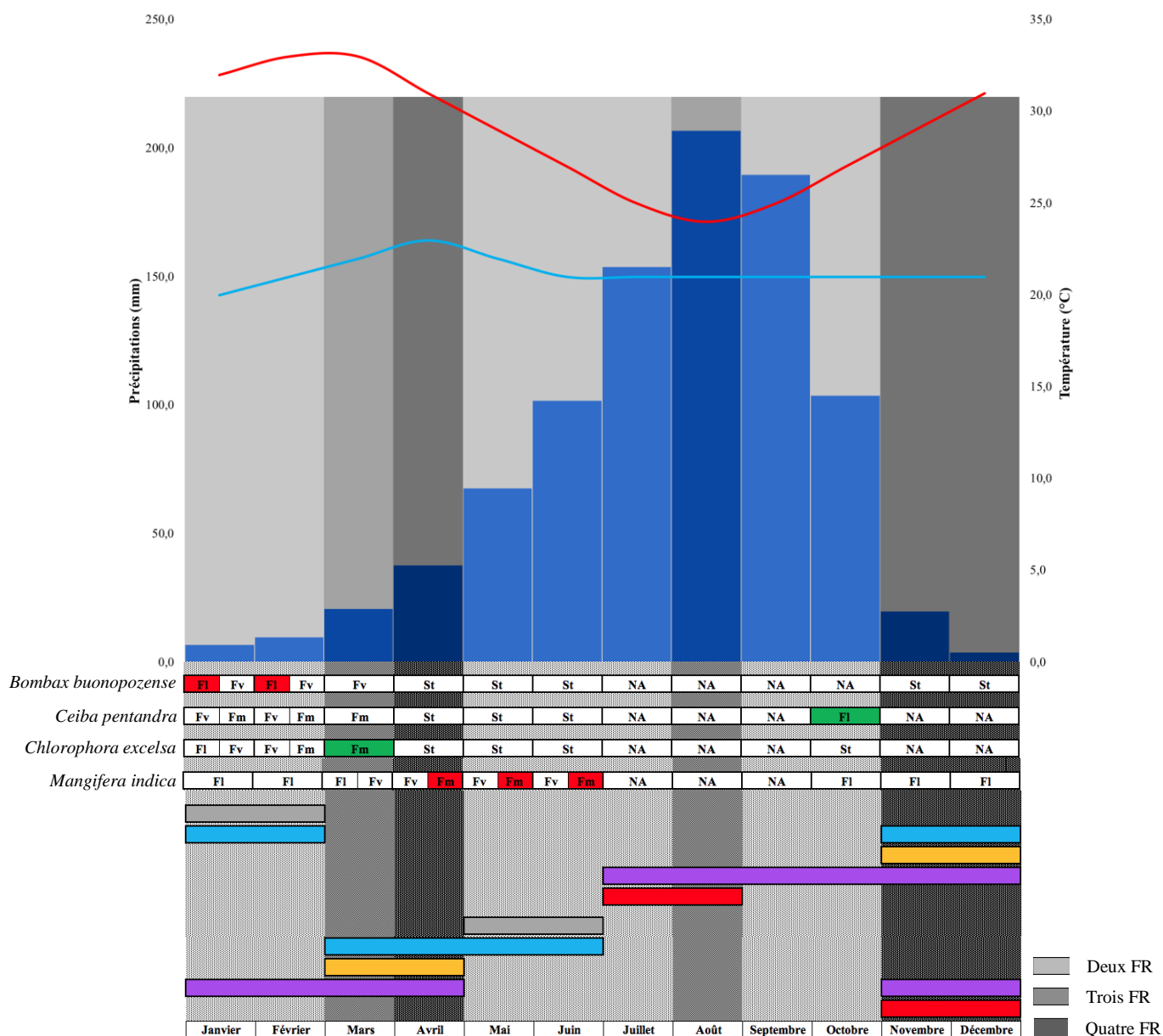
**Figure 11.** Périodes à risque de portage viral couplées à la phénologie d'*Hypsignathus monstrosus* et des principales plantes de leur régime alimentaire ainsi qu'à la climatologie de Macenta, en Guinée.

(Rouge foncé = lek ; violet = gestation ; orange = parturition ; bleu = lactation ; Fl = fleur ; Fv = fruit vert ; Fm = fruit mûr ; St = stérile ; NA = absence de données ou non valides en raison du climat ; vert = consommation par les chauves-souris ; rouge = consommation par les chauves-souris et l'Homme ; traits rouge et bleu = températures maximale et minimale respectivement en °C ; histogramme = précipitations en mm).

Figure réalisée par l'auteur.

c) *Rousettus aegyptiacus*

Les périodes à risque accru ont lieu en mars-avril, en août et en novembre-décembre. Les chauves-souris s'accouplent durant ces périodes (**Fig 12**).



**Figure 12.** Périodes à risque de portage viral couplées à la phénologie de *Rousettus aegyptiacus* et des principales plantes de leur régime alimentaire ainsi qu'à la climatologie de Macenta, en Guinée.

(Rouge = copulation ; violet = gestation ; orange = parturition ; bleu = lactation ; gris = sevrage ; Fl = fleur ; Fv = fruit vert ; Fm = fruit mûr ; St = stérile ; NA = absence de données ou non valides en raison du climat ; vert = consommation par les chauves-souris ; rouge = consommation par les chauves-souris et l'Homme ; traits rouge et bleu = températures maximale et minimale respectivement en °C ; histogramme = précipitations en mm).

Figure réalisée par l'auteur.

#### **d) Autres espèces**

Pour l'ensemble de ces espèces, des copulations doivent avoir lieu lors de chacune des périodes à risque accru.

Deux périodes à risque accru sont à noter pour *Epomophorus gambianus* et *Micropteropus pusillus* : de mars à mai et d'octobre à janvier (**Annexe G.1.a**).

Avec *Epomophorus wahlbergi*, *Epomops buettikoferi* et *Myonycteris torquata*, ces périodes s'étalent de janvier à avril, d'août à septembre ainsi qu'en novembre (**Annexe G.1.b, G.1.c et G.1.d**).

Ces périodes, pour *Epomops franqueti*, vont de février à avril ainsi qu'en septembre (**Annexe G.2.a**).

Pour *Lissonycteris angolensis*, il y a deux périodes à risque accru : de mars à avril et d'octobre à décembre (**Annexe G.2.b**).

Les périodes à risque accru ont lieu de juillet à août et de novembre à avril pour *Mops condylurus* (**Annexe G.2.c**).

De manière générale, la période s'étalant de novembre à avril est associée au risque de portage viral le plus élevé. Les mois de mars et d'avril constituent des périodes à risque accru pour toutes les espèces de chauves-souris d'intérêt.

Les résultats pour l'ensemble des chauves-souris sont récapitulés à la page suivante (**Tab V**).

**Tableau V.** Synthèse des résultats pour les différentes espèces de chauves-souris. (NA = absence de données).

(1) et (2) correspondent aux deux hypothèses émises concernant les périodes de copulation chez *Lissonycteris angolensis*.

\* Les effectifs tiennent compte de l'ensemble des espèces de la famille des Molossidae et non uniquement de *Mops condylurus*.

Espèces de chauves-souris	Effectifs de capture	Migration	Périodes						
			Copulation	Gestation	Parturition	Lactation	Juvéniles âgés de 5-8 mois	Risque accru de portage viral	
<i>Eidolon helvum</i>	82 (12,9%)	Oui	Juillet	Novembre-Avril	Mars-Avril	Mars-Mai	Août-Décembre	Mars-Avril Novembre-Décembre	
<i>Epomophorus gambianus</i>	0	NA	Mai Novembre	Toute l'année	Avril-Mai Octobre-Novembre	Avril-Juin Octobre-Décembre	Mars-Juillet Septembre-Janvier	Mars-Mai Octobre-Janvier	
<i>Epomophorus wahlbergi</i>	0	Suspicion	Mars Septembre	Toute l'année	Février-Mars Août-Septembre	Février-Avril Août-Octobre	Janvier-Mai Juillet-Novembre	Janvier-Avril Août-Septembre ; Novembre	
<i>Epomops buettikoferi</i>	19 (3%)	Oui	Mars Septembre	Toute l'année	Février-Mars Août-Septembre	Février-Mai Août-Novembre	Janvier-Mai Juillet-Novembre	Janvier-Avril Août-Septembre ; Novembre	
<i>Epomops franqueti</i>	0	NA	Avril Septembre	Avril-Février	Février Septembre	Février-Mars Septembre-Octobre	Février-Mai Juillet-Octobre	Février-Avril Septembre	
<i>Hypsignathus monstrosus</i>	65 (10,2%)	NA	Janvier-Avril Juillet-Septembre	Toute l'année	Juillet-Novembre Décembre-Avril	Toute l'année	Mai-Décembre Décembre-Juillet	Toute l'année	
<i>Lissonycteris angolensis</i>	106 (16,4%)	NA	Toute l'année (1) Avril-Juin ; Octobre-Novembre (2)	Toute l'année	Mars-Avril Octobre-Novembre	Mars-Juin Octobre-Janvier	Mars-Juillet Août-Décembre	Mars-Avril Octobre-Décembre	
<i>Micropteropus pusillus</i>	1 (0,2%)	NA	Mai Novembre	Toute l'année	Avril-Mai Octobre-Novembre	Avril-Juin Octobre-Décembre	Mars-Juillet Septembre-Janvier	Mars-Mai Octobre-Janvier	
<i>Mops condylurus</i>	180 (28,3%) *	Suspicion	Avril-Mai Novembre-Décembre	Novembre-Août	Février-Mars Juillet-Août	Février-Avril Juillet-Septembre	Juillet-Novembre Décembre-Avril	Juillet-Août Novembre-Avril	
<i>Myonycteris torquata</i>	2 (0,3%)	Oui	Avril Novembre	Novembre-Septembre	Février-Mars Août-Septembre	Février-Avril Août-Octobre	Janvier-Mai Juillet-Novembre	Janvier-Avril Août-Septembre ; Novembre	
<i>Rousettus angolensis</i>	182 (28,6%)	Oui	Juillet-Août Novembre-Décembre	Juillet-Avril	Mars-Avril Novembre-Décembre	Novembre-Juin	Avril-Août Août-Décembre	Mars-Avril Août ; Novembre-Décembre	



### III) Discussion

Afin de mieux comprendre l'écologie des maladies virales transmissibles par les chauves-souris en Guinée, les facteurs de risque de portage viral rapportés dans la littérature ont été synthétisés et les caractéristiques phénologiques des populations de onze espèces de chauves-souris susceptibles d'avoir été impliquées dans l'écologie du virus Ebola ont été décrites. La compilation de données bibliographiques et de données de terrain collectées de novembre 2018 à juin 2019 est à l'origine de calendriers des périodes plus favorables à la dissémination virale. De manière générale, les mois de novembre à avril correspondent aux périodes les plus propices au portage viral. Mars et avril sont associés à des périodes à risque accru pour toutes les espèces de chauves-souris étudiées. Ces résultats sont en accord avec l'émergence du virus Ebola chez l'Homme en 2013. L'élaboration de plans de surveillance devrait considérer ces périodes à risque pour améliorer l'efficacité de détection du virus Ebola et d'autres pathogènes portés par les chauves-souris en Guinée. Cependant, des limites bibliographiques, méthodologiques, techniques et sociales sont discutées ici afin de faire une interprétation et une utilisation appropriée des résultats de cette étude.

Les périodes à risque de portage viral décrites apportent des informations éco-épidémiologiques pouvant argumenter le mécanisme d'émergence des épidémies d'Ebola en Afrique de l'Ouest. La plus importante épidémie de ce virus a débuté en Guinée en 2013 et s'est propagée dans deux pays voisins, la Sierra Leone et le Libéria. L'émergence de cette épidémie a eu lieu de fin décembre 2013 à fin mars 2014 dans les préfectures de Macenta, Guéckédou et Kissidougou en Guinée. Durant ces mois, 79 décès ont été attribués au virus Ebola (Coltart *et al.*, 2017). Parmi les résultats de la présente étude, l'intervalle de décembre à mars est également une période à risque de portage viral pour plusieurs espèces de chauves-souris.

Plus précisément, une hypothèse forte est que la source d'infection du cas index serait une colonie de *Mops condylurus* qui vivaient à proximité dans un arbre creux (Marí Saéz *et al.*, 2015) et les résultats de cette étude suggèrent une période à risque accru de portage viral du mois de novembre au mois d'avril pour cette espèce. Il y a donc une concordance entre la période d'émergence de cette épidémie et une des périodes associées à un risque accru de portage viral au sein des populations de *Mops condylurus* en Afrique de l'Ouest.

La période d'émergence correspond à la saison sèche en Guinée forestière, soit du mois de novembre au mois d'avril à Macenta. À cette saison, l'abondance de fruits et d'insectes serait diminuée car dépendante des précipitations et implique une diminution de la disponibilité des ressources alimentaires pour les chauves-souris (Mutere, 1973 ; Happold & Happold, 1990 ; Cumming & Bernard, 1997). Lors de faible disponibilité en ressources alimentaires, il y aurait plus de contacts entre les animaux en raison d'une augmentation de la compétition pour la nourriture (Buceta *et al.*, 2017). Pour cette raison, la saison sèche serait plus à risque de portage viral chez les chauves-souris, augmentant ainsi le risque d'exposition de l'Homme aux agents zoonotiques pouvant être portés par ces espèces.

Les résultats de cette étude combinent des données de la littérature sur la reproduction, l'alimentation et les migrations de onze espèces de chauves-souris afin d'apporter des éléments sur l'écologie de ces animaux en Afrique de l'Ouest et plus particulièrement en Guinée. Ces informations complètent les données issues des missions de prospection aux alentours de Macenta ainsi que les données issues de suivis longitudinaux, sur trois sites proches de Macenta, qui ne sont pas terminés à ce jour. Les travaux de terrain rapportés ici couvraient la période de novembre 2018 à juin 2019. Les contraintes du terrain ont été à l'origine de données incomplètes ou imprécises. En effet, les captures étaient parfois infructueuses avec seulement quelques individus pris dans les filets. Des hypothèses peuvent être émises comme un mauvais placement stratégique des pièges ou un déplacement de la zone de recherche alimentaire des chauves-souris corrélé ou non aux perturbations engendrées par les activités humaines (les populations locales et/ou l'équipe de recherche). Les nuits de travail à Lohouma pouvaient être écourtées, en raison de la distance et du terrain abrupt séparant le campement de la zone de capture et du laboratoire, limitant ainsi le nombre de chauves-souris capturées. Les périodes de capture pouvaient également être réduites sur le site de Palia qui était difficile d'accès lors de la saison des pluies. De plus, l'identification de certaines espèces, de leur sexe et de leur âge était limitée par la petite taille des animaux, notamment pour les chauves-souris insectivores. Dans certains cas, le diagnostic de lactation était faillible à cause de la petite taille des mamelles et de la difficulté de préhension, avec précaution, de ces dernières. Le diagnostic de gestation par palpation était souvent incertain en raison d'un manque de toucher dû aux différentes couches de paires de gants. Seules les gestations à un stade avancé ont pu être détectées avec certitude. Des données ont donc été classées comme étant indéterminées et il n'est pas exclu qu'un petit nombre de données collectées soient erronées.

Les informations dans la littérature ont été nécessaires pour vérifier la concordance avec les résultats du travail de terrain mais également pour combler l'insuffisance ou l'absence de données de terrain de certains mois. Cependant, il est à noter que certains calendriers phénologiques construits avec les données de la littérature peuvent être également incomplets. C'est le cas, par exemple avec *Eidolon helvum* où des informations manquent pour le mois d'avril car l'échantillonnage a pris fin un 31 mars (Fayenuwo & Halstead, 1974).

Concernant les plantes, l'intérêt était de voir à quelles périodes de l'année les parties consommées par les chauves-souris ou suspectées de l'être étaient présentes dans l'environnement. D'après nos résultats phénologiques, les parties de plantes consommées par les chauves-souris et l'Homme, sont présentes dans l'environnement de janvier à juin c'est-à-dire en majeure partie lors de la saison sèche. Il s'agit des fleurs de *Bombax buonopozense* (Gautier-Beguín, 1989), des mangues et des fruits d'*Anacardium occidentale*. Les chauves-souris consomment les fleurs de *Ceiba pentandra* et de *Myrianthus arboreus* alors que l'Homme en consomme les feuilles et les graines et, les fruits, respectivement (Ekué *et al.*, 2008 ; Kouame *et al.*, 2008). Cependant d'autres fruits sont connus pour être consommés par les chauves-souris et l'Homme tels que les bananes, les figues, les avocats, les papayes et les dattes (Rosevear, 1965 ; Richter & Cumming, 2006) et peuvent constituer un mode de transmission virale.



Les résultats phénologiques de cette étude doivent toutefois être interprétés au regard des connaissances disponibles et de la méthodologie utilisée sur le terrain. Peu d'informations sur des spécimens récoltés en Guinée ou dans des régions voisines ont été trouvées sur l'herbier en ligne. Les données de la littérature proviennent de régions diverses d'Afrique de l'Ouest où les températures et les précipitations au cours de l'année sont hétérogènes et ne suivent, que rarement, la même évolution que ce qui peut être observé à Macenta. Ces paramètres météorologiques ont un effet sur le cycle de développement d'une plante. L'extrapolation de certaines données de la littérature à notre zone d'étude peut donc impliquer des informations erronées. Le temps et les ressources humaines dédiés à cette partie ont permis de couvrir des zones géographiques restreintes sur des périodes limitées. En effet, le temps était trop limité pour faire un suivi longitudinal efficace, sans compter que certains arbres retenus pour ce suivi ont été abattus par les populations locales. La ressemblance morphologique de certaines plantes empêchait parfois de discriminer ces espèces végétales catégoriquement comme c'était le cas entre les différentes espèces du genre *Ficus*. Enfin, un faible nombre de spécimens a été suivi pour chaque espèce, la phénologie décrite dans notre étude n'est donc pas exhaustive dans les zones étudiées. Des données complémentaires sur la phénologie de l'ensemble de ces plantes (suivi spatio-temporel plus large) ainsi que les variations de leur abondance tout au long de l'année en Guinée seront nécessaires pour disposer de connaissances plus robustes.

Les périodes potentiellement clés de portage viral ont pour objectif d'aider à mettre en place des protocoles de suivis longitudinaux adaptés aux espèces d'intérêt. Ces périodes ont été déterminées à partir d'une recherche bibliographique sur les facteurs de risque principaux. Ces facteurs concernent parfois un virus ou une famille virale spécifique ainsi qu'une espèce précise de chauve-souris. Cependant, ils ont été appliqués par analogie à toutes les espèces de chauves-souris d'intérêt pour établir des périodes de portage viral de manière générale. En effet, peu d'informations sont disponibles en ce qui concerne l'écologie des virus chez les chiroptères. Il existe une variabilité de spécificité des virus (Rodhain, 2015) et la réponse immunitaire contre un virus peut être différente entre les espèces (Serra-Cobo & López-Roig, 2017). Ainsi, les résultats de cette étude peuvent manquer de précision au sein de certaines populations de chauves-souris. Les périodes indiquées sont associées à des risques estimés qualitativement et relativement en fonction du nombre de facteurs de risque présents. Les périodes à risque accru sont à distinguer de celles à risque plus faible sans que ces dernières soient négligeables pour autant.

Dans cette étude, les périodes de copulation avaient lieu lors des périodes à risque accru de portage viral pour toutes les espèces à l'exception d'*Eidolon helvum*. Les accouplements pourraient favoriser les transmissions virales entre les mâles et femelles adultes en raison des contacts engendrés (morsures, griffures, fluides biologiques) (Pourrut *et al.*, 2009). Étudier plus précisément ce mode de transmission, par exemple selon une approche expérimentale, permettrait de confirmer son importance dans la diffusion virale au sein des populations et, de confirmer ou non l'intérêt d'augmenter la vigilance pendant les périodes de reproduction pour cette raison.

*Eidolon helvum* est la seule espèce de cette étude à ne pas cumuler l'ensemble des facteurs de risque de portage viral considérés et à n'avoir qu'une seule période de parturition par an. Ainsi, les filovirus auraient plus de difficulté à persister au sein de ces populations (Hayman, 2015). Cette espèce serait moins susceptible d'être impliquée dans l'émergence de maladies virales. Cependant, cette espèce, qui est la seconde plus grande chauve-souris d'Afrique, est connue pour pouvoir migrer sur de longues distances (Richter & Cumming, 2008). En outre, les phénomènes de migration pourraient entraîner la dissémination d'agent pathogène (Altizer *et al.*, 2011) et la richesse virale est positivement corrélée au poids des chiroptères, à l'étendue et à la fragmentation de leur distribution géographique (Maganga *et al.*, 2014). Ainsi, *Eidolon helvum* pourrait être responsable de l'émergence de maladies virales et de la dissémination de leurs agents pathogènes. De futurs travaux de recherche sur les mouvements migratoires de ces populations en Guinée apporteraient des informations supplémentaires sur leur écologie et sur les zones géographiques où cette espèce pourrait entrer en contact directement ou indirectement avec l'Homme.

Les périodes à risque accru de portage viral au sein des populations de chauves-souris traduisent une augmentation du risque de transmission de maladies virales à l'Homme par augmentation de l'exposition aux agents zoonotiques. Établir les différents critères favorisant le passage d'un virus d'un chiroptère à l'Homme aideraient à mettre en place des mesures de biosécurité pour limiter une atteinte à la santé publique. Les familles virales souvent associées aux chauves-souris, telles que les Rhabdoviridae, les Filoviridae et les Paramyxoviridae, peuvent être transmis à d'autres espèces en raison de leur structure. Il s'agit de virus à ARN où les fréquences de mutation élevées favorisent son adaptation à d'autres espèces (Rodhain, 2015). Au-delà de ces critères microbiologiques, il y a également des critères épidémiologiques. Le risque de transmission de maladies virales zoonotiques dépend de plusieurs facteurs : 1) la prévalence du virus au sein de la faune sauvage ; 2) les variations de cette prévalence par des modifications environnementales et 3) la fréquence des contacts (directs et indirects) de l'Homme et des animaux domestiques avec les espèces de la faune sauvage potentiellement réservoirs (Serra-Cobo & López-Roig, 2017). La principale modalité de transmission d'un virus d'une chauve-souris à une autre espèce est la consommation de boisson ou d'aliments souillés par des fluides biologiques. Par ailleurs, ces animaux peuvent être consommés par l'Homme en Afrique. Ainsi, l'Homme peut également se contaminer lors de la chasse par des morsures et griffures et lors de la préparation des carcasses par contact avec les fluides biologiques et les tissus infectieux (Wolfe *et al.*, 2005). En effet, certaines populations locales ne sont pas avisées des risques infectieux associés à la consommation de chauves-souris et n'appliquent pas les précautions nécessaires lors de la chasse ou de la préparation de la viande. Elles peuvent également consommer des fruits qui ont déjà été mâchés par ces animaux (Baudel *et al.*, 2019). Par ces pratiques, ces populations s'exposent ainsi à de potentiels agents zoonotiques. Sachant que les chauves-souris peuvent investir des zones habitées par l'Homme (urbaines ou non), sensibiliser les communautés locales quant aux risques de contamination et leur prodiguer des conseils comme le fait de rincer correctement les aliments avant consommation, pourraient limiter l'émergence de maladies dues à des virus portés par ces animaux.

Cette étude s'appuie sur des extrapolations et analogies que ce soit pour les espèces de chauves-souris, les plantes ou les facteurs de risque. Ainsi, un certain recul doit être pris quant à la représentativité de l'ensemble des résultats et à leur utilisation. Cependant, les informations et les périodes à risque décrites ici constituent des connaissances sur l'écologie des chiroptères et l'écologie des maladies associées qui seront nécessaires pour orienter les études à venir et optimiser les protocoles de suivis longitudinaux des chauves-souris en Guinée où les ressources financières et humaines sont limitées.



## Conclusion

L'étude de la phénologie des espèces de chauves-souris suspectées d'être impliquées dans l'émergence de maladies virales incluant Ebola a permis de déterminer les périodes potentiellement clés de portage viral au sein de ces populations. De manière générale, les mois de novembre à avril, correspondant à la saison sèche à Macenta, seraient associés au risque le plus élevé et, les accouplements pourraient constituer un autre facteur de risque de portage viral. En effet, les périodes de copulation ont lieu lors des périodes à risque accru de portage viral pour toutes les espèces à l'exception d'*Eidolon helvum*. Étudier les différentes modalités et risques de transmission associés au comportement copulatoire, selon une approche expérimentale, permettraient de statuer sur son importance dans la diffusion virale au sein des populations. Des extrapolations et analogies sont en vigueur dans cette étude en raison des limites présentes qu'elles soient bibliographiques, méthodologiques, techniques ou sociales. L'interprétation et l'utilisation des résultats restent donc limitées. Néanmoins, les périodes à risque accru de portage viral apportent des informations éco-épidémiologiques pouvant argumenter le mécanisme d'émergence de telles maladies en Afrique de l'Ouest. Ces périodes permettraient de cibler des protocoles de suivis longitudinaux afin de mettre en place une surveillance du virus Ebola et d'autres agents pathogènes portés par les chauves-souris en Guinée où les ressources financières et humaines sont limitées. Ceci pourrait être appliqué pour *Mops condylurus* qui est suspecté d'être responsable de la contamination du cas index à l'origine de l'épidémie d'Ebola qui a débuté en 2013 en Guinée. D'autant plus qu'une des périodes à risque adaptée à cette espèce coïncide avec la période d'émergence de cette épidémie. Cette dernière a eu lieu en saison sèche, lorsque les fruits et les insectes sont moins abondants et que les contacts directs entre animaux sont augmentés en raison d'une compétition pour les ressources alimentaires. Sachant que de nombreuses plantes sont consommées par les chauves-souris et l'Homme, il serait intéressant d'étudier plus précisément leur phénologie ainsi que les variations de leur abondance tout au long de l'année en Guinée.



## Bibliographie

- Altizer S, Bartel R, Han BA. Animal migration and infectious disease risk. *Science*. 2011;331(6015):296-302.
- Altizer S, Dobson A, Hosseini P, Hudson P, Pascual M, Rohani P. Seasonality and the dynamics of infectious diseases. *Ecology Letters*. 2006;9(4):467-484.
- Amman BR, Carroll SA, Reed ZD, Sealy TK, Balinandi S, Swanepoel R, Kemp A, Erickson BR, Comer JA, Campbell S, et al. Seasonal pulses of Marburg virus circulation in juvenile *Rousettus aegyptiacus* bats coincide with periods of increased risk of human infection. *PLoS pathogens*. 2012;8(10):e1002877.
- Baudel H, De Nys H, Mpoudi Ngole E, Peeters M, Desclaux A. Understanding Ebola virus and other zoonotic transmission risks through human-bat contacts: Exploratory study on knowledge, attitudes and practices in Southern Cameroon. *Zoonoses Public Health*. 2019;66(3):288-295.
- Bhatnagar MC, Bansal G. Ecology and Wildlife Biology. Krishna Prakashan Media, Meerut. 2010:3-4.
- Bradbury JW. Lek Mating Behavior in the Hammer-headed Bat. *Zeitschrift für Tierpsychologie*. 1977;45(3):225-255.
- Buceta J, Johnson K. Modeling the Ebola zoonotic dynamics: Interplay between enviroclimatic factors and bat ecology. *PLoS One*. 2017;12(6):e0179559.
- Calisher CH, Childs JE, Field HE, Holmes KV, Schountz T. Bats: Important Reservoir Hosts of Emerging Viruses. *Clinical Microbiology Reviews*. 2006;19(3):531-545.
- Changula K, Kajihara M, Mori-Kajihara A, et al. Seroprevalence of Filovirus Infection of *Rousettus aegyptiacus* Bats in Zambia. *The Journal of Infectious Diseases*. 2018;218(suppl\_5):S312-S317.
- Coltart CEM, Lindsey B, Ghinai I, Johnson AM, Heymann DL. The Ebola outbreak, 2013–2016: old lessons for new epidemics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2017;372(1721).
- Cumming GS, Bernard RTF. Rainfall, food abundance and timing of parturition in African bats. *Oecologia*. 1997;111(3):309-317.
- De Nys HM, Kingebeni PM, Keita AK, et al. Survey of Ebola Viruses in Frugivorous and Insectivorous Bats in Guinea, Cameroon, and the Democratic Republic of the Congo, 2015-2017. *Emerging Infectious Diseases*. 2018;24(12):2228-2240.
- Ekué MRM, Codjia JTC, Fonton BK, Assogbadjo AE. Diversité et préférences en ressources forestières alimentaires végétales des peuples Otammari de la région de Boukoumbé au Nord-Ouest du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*. 2008;60:1-12.
- Fayenuwo JO, Halstead LB. Breeding cycle of straw-colored fruit bat, *Eidolon helvum*, at Ile-Ife, Nigeria. *Journal of Mammalogy*. 1974;55(2):453-454.

- Gautier-Beguín D. *Bombax buonopozense* P. Beauv. et *Salacia owabiensis* Hoyle, deux espèces de plantes de cueillette utilisées dans l'alimentation des villageois de Zougoussi, en Côte d'Ivoire Centrale. *Bulletin de la Société Botanique de France. Actualités Botaniques*. 1989;136(3-4):45-52.
- Happold D, Happold M. Reproductive Strategies of Bats in Africa. *Journal of Zoology*. 1990;222:557-583.
- Haydon DT, Cleaveland S, Taylor LH, Laurenson MK. Identifying reservoirs of infection: a conceptual and practical challenge. *Emerging Infectious Diseases*. 2002;8(12):1468-1473.
- Hayman DTS. Biannual birth pulses allow filoviruses to persist in bat populations. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2015;282(1803).
- Kofron C, Chapman A. Reproduction and Sexual Dimorphism of the West-African Fruit Bat, *Epomops buettikoferi*, in Liberia. *African Journal of Ecology*. 1994;32(4):308-316.
- Kouame N, Gnahoua GM, Kouassi KE, Traore D. Plantes alimentaires spontanées de la région du Fromager (Centre- Ouest de la Côte d'Ivoire) : flore, habitats et organes consommés. *Sciences & Nature*. 2008;5(1):61-70-70.
- Krauel J, McCracken GF. Recent Advances in Bat Migration Research. *Bat Evolution, Ecology, and Conservation*. Springer, New-York. 2013:293-313.
- Kwieceński GG, Griffiths TA. *Rousettus aegyptiacus*. *Mammalian Species*. 1999;(611):1-9.
- Leroy EM, Maganga GD. Diversité des modalités de transmission du virus Ébola à l'homme. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*. 2018:128.
- Leroy EM, Epelboin A, Mondonge V, Pourrut X, Gonzalez J-P, Muyembe-Tamfum J-J, Formenty P. Human Ebola outbreak resulting from direct exposure to fruit bats in Luebo, Democratic Republic of Congo, 2007. *Vector Borne and Zoonotic Diseases (Larchmont, N.Y.)*. 2009;9(6):723-728.
- Leroy EM, Kumulungui B, Pourrut X, Rouquet P, Hassanin A, Yaba P, Délicat A, Paweska JT, Gonzalez J-P, Swanepoel R. Fruit bats as reservoirs of Ebola virus. *Nature*. 2005;438(7068):575-576.
- Maganga GD, Bourgarel M, Vallo P, Dallo TD, Ngoagouni C, Drexler JF, Drosten C, Nakoune ER, Leroy EM, Morand S. Bat Distribution Size or Shape as Determinant of Viral Richness in African Bats. *Plos One*. 2014;9(6):e100172.
- Marí Saéz A, Weiss S, Nowak K, Lapeyre V, Zimmermann F, Dux A, Kühl HS, Kaba M, Regnaut S, Merkel K, et al. Investigating the zoonotic origin of the West African Ebola epidemic. *EMBO molecular medicine*. 2015;7(1):17-23.
- Marshall AG. Old World phytophagous bats (Megachiroptera) and their food plants: a survey. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 1985;83(4):351-369.
- Monadjem A, Taylor PJ, Cotterill FDP, Schoeman C. Bats of southern and central Africa: a biogeographic and taxonomic synthesis. Wits University Press, Johannesburg. 2010:92-95.



- Mortlock M, Dietrich M, Weyer J, Paweska JT, Markotter W. Co-Circulation and Excretion Dynamics of Diverse Rubula- and Related Viruses in Egyptian Rousette Bats from South Africa. *Viruses*. 2019;11(1).
- Mutere FA. Reproduction in two species of equatorial free-tailed bats (Molossidae). *African Journal of Ecology*. 1973;11(3-4):271-280.
- Mutere FA. The breeding biology of equatorial Vertebrates: Reproduction in the fruit bat, *Eidolon helvum*, at latitude 0°20' N. *Journal of Zoology*. 2009;153:153-161.
- Negredo A, Palacios G, Vázquez-Morón S, González F, Dopazo H, Molero F, Juste J, Quetglas J, Savji N, de la Cruz Martínez M, et al. Discovery of an ebolavirus-like filovirus in Europe. *PLoS pathogens*. 2011;7(10):e1002304.
- Niamien CJM, Kadjo B, Kone I, N'goran KE. Données préliminaires sur la distribution spatio-temporelle des chauves-souris à tête de marteau, *Hypsignathus monstrosus* H. Allen, 1861 dans la commune du Plateau (Abidjan, Côte d'Ivoire). *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*. 2015;11(1):227-236-236.
- Nowak RM. Walker's Bats of the World. The Johns Hopkins University Press, London 1994.
- Olivero J, Fa JE, Real R, Márquez AL, Farfán MA, Vargas JM, Gaveau D, Salim MA, Park D, Suter J, et al. Recent loss of closed forests is associated with Ebola virus disease outbreaks. *Scientific Reports*. 2017;7(1):14291.
- Okia NO. Breeding in Franquet's Bat, *Epomops franqueti* (Tomes), in Uganda. *Journal of Mammalogy*. 1974;55(2):462-465.
- Paweska JT, Storm N, Grobbelaar AA, Markotter W, Kemp A, Jansen van Vuren P. Experimental Inoculation of Egyptian Fruit Bats (*Rousettus aegyptiacus*) with Ebola Virus. *Viruses*. 2016;8(2).
- Plowright RK, Eby P, Hudson PJ, Smith IL, Westcott D, Bryden WL, Middleton D, Reid PA, McFarlane R, Martin G, et al. Ecological dynamics of emerging bat virus spillover. *Proceedings. Biological Sciences*. 2015;282(1798):20142124.
- Plowright RK, Field HE, Smith C, Divljan A, Palmer C, Tabor G, Daszak P, Foley JE. Reproduction and nutritional stress are risk factors for Hendra virus infection in little red flying foxes (*Pteropus scapulatus*). *Proceedings. Biological Sciences*. 2008;275(1636):861-869.
- Pourrut X, Souris M, Towner JS, Rollin PE, Nichol ST, Gonzalez J-P, Leroy EM. Large serological survey showing cocirculation of Ebola and Marburg viruses in Gabonese bat populations, and a high seroprevalence of both viruses in *Rousettus aegyptiacus*. *BMC infectious diseases*. 2009;9:159.
- Racey P. Ecology of Bat Reproduction. *Ecology of bats*. Plenum Press, London. 1982:57-104.
- Rahman SA, Hassan L, Epstein JH, Mamat ZC, Yatim AM, Hassan SS, Field HE, Hughes T, Westrum J, Naim MS, et al. Risk Factors for Nipah Virus Infection among Pteropid Bats, Peninsular Malaysia. *Emerging Infectious Diseases*. 2013;19(1):51-60.
- Richter HV, Cumming GS. First application of satellite telemetry to track African straw-coloured fruit bat migration. *Journal of Zoology*. 2008;275:172-176.

- Richter HV, Cumming GS. Food availability and annual migration of the straw-colored fruit bat (*Eidolon helvum*). *Journal of Zoology*. 2006;268(1):35-44.
- Rodhain F. Bats and Viruses: complex relationships. *Bulletin De La Societe De Pathologie Exotique (1990)*. 2015;108(4):272-289.
- Rosevear DR. The bats of West Africa. British Museum (Natural History), London. 1965.
- Serra-Cobo J, López-Roig M. Bats and Emerging Infections: An Ecological and Virological Puzzle. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2017;972:35-48.
- Storm N, Jansen Van Vuren P, Markotter W, Paweska JT. Antibody Responses to Marburg Virus in Egyptian Rousette Bats and Their Role in Protection against Infection. *Viruses*. 2018;10(2).
- Swanepoel R, Leman PA, Burt FJ, Zachariades NA, Braack LE, Ksiazek TG, Rollin PE, Zaki SR, Peters CJ. Experimental inoculation of plants and animals with Ebola virus. *Emerging Infectious Diseases*. 1996;2(4):321-325.
- Thomas D. The annual migrations of three species of West African fruit bats (Chiroptera: Pteropodidae). *Canadian Journal of Zoology*. 2011;61:2266-2272.
- Thomas D, Marshall A. Reproduction and Growth in 3 Species of West-African Fruit Bats. *Journal of Zoology*. 1984;202(FEB):265-281.
- van Vliet AJH, de Groot RS, Bellens Y, Braun P, Bruegger R, Bruns E, Clevers J, Estreguil C, Flechsig M, Jeanneret F, et al. The European phenology network. *International Journal of Biometeorology*. 2003;47(4):202-212.
- Webber QMR, Fletcher QE, Willis CKR. Viral Richness is Positively Related to Group Size, but Not Mating System, in Bats. *EcoHealth*. 2017;14(4):652-661.
- Wolfe ND, Daszak P, Kilpatrick AM, Burke DS. Bushmeat Hunting, Deforestation, and Prediction of Zoonotic Disease. *Emerging Infectious Diseases*. 2005;11(12):1822-1827.
- World Health Organization. Ebola situation report - 30 March 2016. 2016 [visited 2019 May 3]. <http://apps.who.int/ebola/current-situation/ebola-situation-report-30-march-2016>.

## Annexes

**Annexe A.** Pièges utilisés pour la capture des chauves-souris : **(a)** filet monté sur des perches près de Lohouma ; **(b)** filet monté sur des bambous à l'ENAE ; **(c)** piège Harp installé près de Palia. Source : M. POULIQUEN Thibault.

**a**



**b**



**c**



**Annexe B.** Fiche de collecte de données utilisée sur le terrain lors des prélèvements des chauves-souris capturées.

**Fiche de données chauves-souris capturées**

Date : .....

Equipe : .....

**Nr Site: GU\_.....**

**N° Identification :** CiCSGU \_\_\_\_\_

**N° Identification mère :** CiCSGU \_\_\_\_\_

- Coordonnées GPS lieu capture : N  S  ..... °  
E  O  ..... °

**Données capture**

1. Lieu de capture :

grotte  arbre creux  maison

autre: .....

4. Méthode de capture :  filet  piège Harp

**Caractéristiques morphologiques**

1. Poids (gr) : ..... 2. L avant-bras (mm) : ..... 3. L totale corps (mm): .....

4. L queue (mm) : .....

5. L testicule gauche (mm) : .....

6. Pelage dorsal : ..... Pelage ventral : .....

7. Photo:  Non  Oui

8. Remarques (anomalies...):

**Données individu capturé**

1. Espèce identifiée:  Non  
 Oui, avec certitude  Oui, incertaine

Nom espèce : .....

2. Type de chauve-souris :  Frugivore  Insectivore  IN

3. Sexe :  Mâle  Femelle  IN

4. Age :  Adulte mature  Adulte immature  Adulte  
 Juvenile  Nv-né  IN

5. Gestante :  Non  Oui  IN

6. Lactation :  Non  Oui  IN

7. Suitée :  Non  Oui:  
Sexe enfant :  Mâle  Femelle

Poids enfant (gr) : ..... N°ident. enfant: CiCSGU\_\_\_\_\_

8. Vivante:  Oui  Non-> mort naturelle, carcasse trouvée   
-> mort due à capture/manip/euthanasie

**Echantillons**

1. Sang papier buvard : ..... cercles pleins

2. Sang tube (EDTA) : ..... tubes

3. Fèces (RNAI): ..... tubes

4. Urine: ..... tubes OU ..... cercle papier buvard

5. Fèces et urine (RNAI): ..... tubes

6. Ecouvillon gorge (RNAI): ..... tubes

7. Ecouvillon rectal (RNAI): ..... tubes

8. Ectoparasites (éthanol): ..... tubes

9. Poils (ethanol): ..... tubes

10. Biopsie aile (ethanol): ..... tubes

11. Spécimen :  Non  Oui :  Ethanol  Formol

12. Autres échantillons : .....

13. Remarques:

**Prélèvements Organes:**  RNAI  Formol

	RNAI	Formol
Foie: .....	tubes <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>
Rate: .....	tubes <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>
Reins: .....	tubes <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>
Intestins: .....	tubes <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>
Poumons: .....	tubes <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>
Cœur: .....	tubes <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>
Ggl lymph: .....	tubes <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>
Testicules: .....	tubes <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>
Peau: .....	tubes <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>
Muscles: .....	tubes <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>
Cerveau: .....	tubes <input type="checkbox"/>	N <input type="checkbox"/>
Autre: .....		

**Annexe C.** Exemples de chauves-souris capturées : **(a)** chauve-souris mâle adulte mature de la famille des Molossidae ; **(b)** femelle *Lissonycteris angolensis* gestante ; **(c)** femelle *Rousettus aegyptiacus* suitée. Source : M. POULIQUEN Thibault.



**Annexe D.1.** Effectifs des captures : **(a)** d'*Epomops buettikoferi* en fonction du sexe et de l'âge au cours de l'année ; **(b)** de femelles matures *Epomops buettikoferi* en fonction de leur statut physiologique. Aucune capture n'a eu lieu dans les mois de juillet à octobre. Les pourcentages ont été calculés en fonction du nombre total d'individus (a) et en fonction du nombre de femelles adultes et femelles adultes matures (b) chaque mois.

**a**

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Mâle	Adulte	0	0	0	0	0	0	X	X	X	X	1 (12,5%)	0
	Adulte Mature	0	0	0	0	1 (20%)	0					2 (25%)	0
	Juvenile	0	0	0	0	1 (20%)	1 (100%)					0	0
	IN	0	1 (100%)	0	0	0	0					0	0
Femelle	Adulte	0	0	0	0	0	0	X	X	X	X	1 (12,5%)	0
	Adulte Mature	0	0	2 (100%)	0	1 (20%)	0					4 (50,0%)	0
	Adulte Immature	0	0	0	0	1 (20%)	0					0	0
	Juvenile	2 (100%)	0	0	0	1 (20%)	0					0	0

**b**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Gestation	0	0	1 (50%)	0	1 (100%)	0	X	X	X	X	0	0
Lactation	0	0	1 (50%)	0	0	0					0	0

**Annexe D.2.** Effectifs des captures : **(a)** de *Lissonycteris angolensis* en fonction du sexe et de l'âge au cours de l'année ; **(b)** de femelles matures *Lissonycteris angolensis* en fonction de leur statut physiologique. Aucune capture n'a eu lieu dans les mois de juillet à octobre. Les pourcentages ont été calculés en fonction du nombre total d'individus (a) et en fonction du nombre de femelles adultes et femelles adultes matures (b) chaque mois.

**a**

		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Mâle	Adulte	0	0	0	1 (25%)	1 (2,9%)	0	X	X	X	X	1 (25%)	0
	Adulte Mature	0	0	1 (6,7%)	0	6 (17,7%)	11 (55%)					0	3 (13,6%)
	Adulte Immature	0	0	0	0	1 (2,9%)	3 (15%)					0	1 (4,55%)
	Juvenile	0	0	2 (13,3%)	0	7 (20,6%)	1 (5%)					0	1 (4,55%)
Femelle	IN	0	0	0	0	0	0	X	X	X	X	1 (25%)	0
	Adulte	1 (100%)	0	0	0	0	0					1 (25%)	1 (4,55%)
	Adulte Mature	0	5 (83,3%)	10 (66,7%)	2 (50%)	11 (32,4%)	2 (10%)					1 (25%)	11 (50%)
	Adulte Immature	0	0	0	1 (25%)	3 (8,8%)	1 (5%)					0	3 (13,6%)
Femelle	Juvenile	0	1 (16,7%)	2 (13,3%)	0	5 (14,7%)	2 (10%)	0	1 (4,55%)				
	IN	0	0	0	0	0	0	0	1 (4,55%)				

**b**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Gestation (G)	0	5 (100%)	5 (50%)	0	0	0	X	X	X	X	0	0
Lactation (L)	0	0	3 (30%)	0	1 (9,1%)	1 (50%)					0	1 (8,3%)
Suitée (S)	0	0	0	1 (50%)	0	0					0	0
GL	0	0	0	1 (50%)	0	0					0	0
LS	0	0	1 (10%)	0	0	0					0	0

**Annexe D.3.** Effectifs des captures : **(a)** de Molossidæ en fonction du sexe et de l'âge au cours de l'année ; **(b)** de femelles matures Molossidæ en fonction de leur statut physiologique. Aucune capture n'a eu lieu dans les mois de juillet à octobre. Les pourcentages ont été calculés en fonction du nombre total d'individus (a) et en fonction du nombre de femelles adultes et femelles adultes matures (b) chaque mois.

**a**

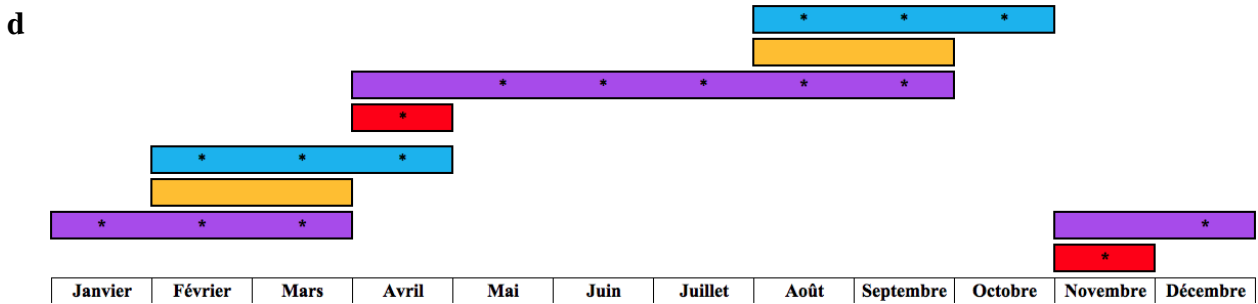
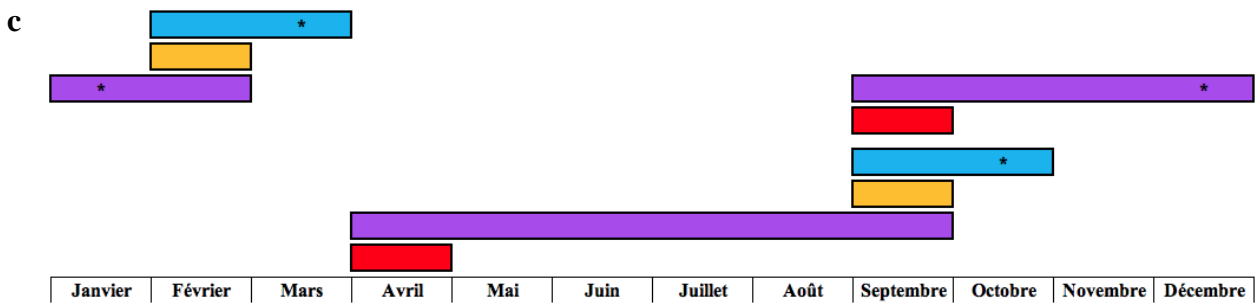
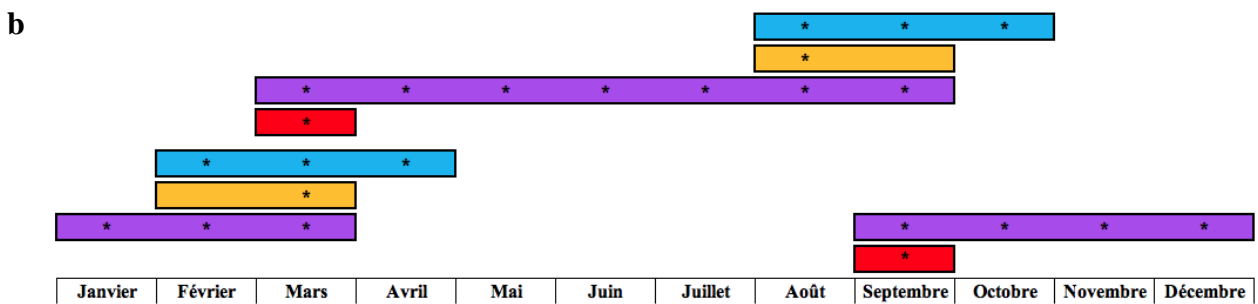
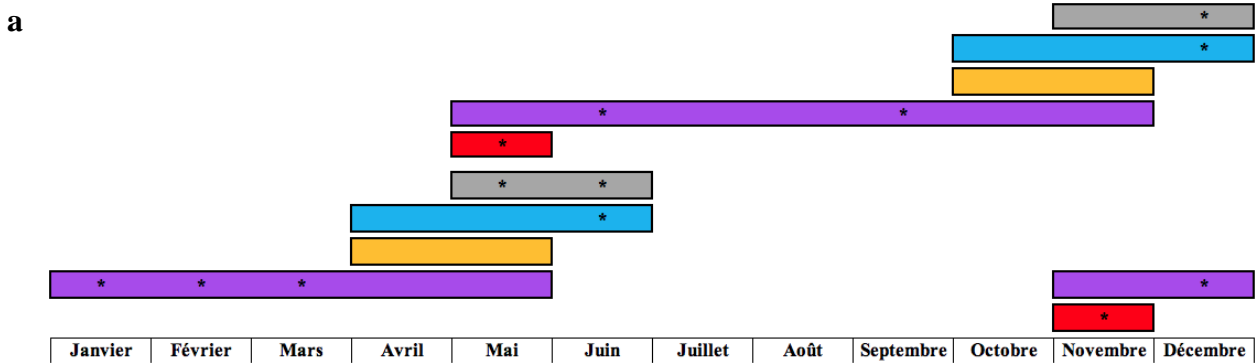
		Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Mâle	Adulte	0	0	11 (28,2%)	5 (11,1%)	0	0	X	X	X	X	0	3 (10,3%)
	Adulte Mature	0	19 (44,2%)	0	7 (15,6%)	0	0					3 (60%)	5 (17,3%)
	Adulte Immature	0	0	0	0	0	0					0	1 (3,4%)
	Juvenile	0	0	0	0	0	0					0	2 (6,9%)
Femelle	IN	0	6 (14,0%)	3 (7,7%)	3 (6,7%)	0	0	X	X	X	X	0	2 (6,9%)
	Adulte	0	1 (2,3%)	2 (5,1%)	1 (2,2%)	0	0					0	1 (3,4%)
	Adulte Mature	2 (100%)	1 (2,3%)	0	20 (44,4%)	14 (93,3%)	2 (100%)					0	12 (41,5%)
	Adulte Immature	0	0	0	0	0	0					0	2 (6,9%)
IN	IN	0	10 (23,2%)	23 (59,0%)	8 (17,8%)	1 (6,7%)	0	0	2 (40%)	1 (3,4%)			
	IN	0	6 (14,0%)	0	1 (2,2%)	0	0	0	0				

**b**

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Gestation (G)	0	0	0	16 (76,2%)	11 (78,6%)	0	X	X	X	X	0	0
Lactation (L)	0	0	0	3 (14,3%)	0	0					0	0
GL	0	0	0	1 (4,8%)	0	0					0	0

**Annexe E.1.** Phénologie établie avec les données de la littérature : **(a)** d'*Epomophorus gambianus* et de *Micropteropus pusillus* à Ouango Fitini <sup>1</sup> (Côte d'Ivoire) ; **(b)** d'*Epomophorus wahlbergi* en République du Congo <sup>2</sup> ; **(c)** d'*Epomops franqueti* à Entebbe <sup>3</sup> (Ouganda) ; **(d)** de *Myonycteris torquata* en Côte d'Ivoire <sup>4</sup>. (Rouge = copulation ; violet = gestation ; orange = parturition ; bleu = lactation ; gris = sevrage ; \* = extrapolation). Figures réalisées par l'auteur.

Références : <sup>1</sup> Thomas & Marshall, 1984 ; <sup>2</sup> Nowak, 1994 ; <sup>3</sup> Okia, 1974 ; <sup>4</sup> Thomas, 1983.

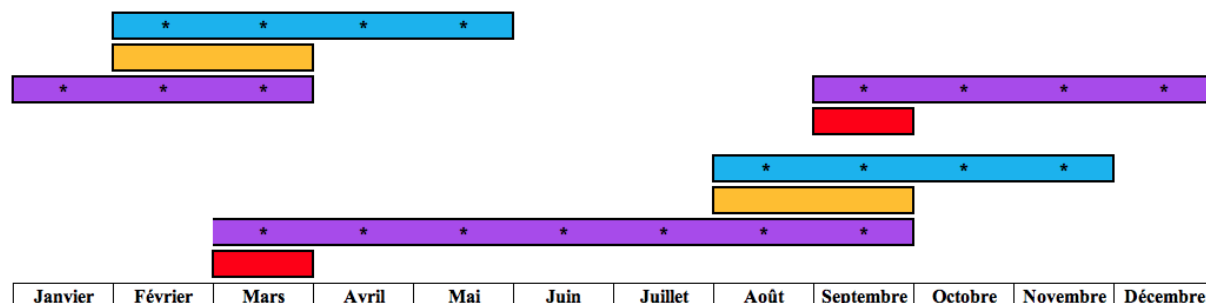


**Annexe E.2.** Phénologie d'*Epomops buettikoferi* : (a) au centre et au nord du Libéria<sup>1</sup>, établie avec les données de la littérature ; (b) établie avec les données de terrain à Macenta.

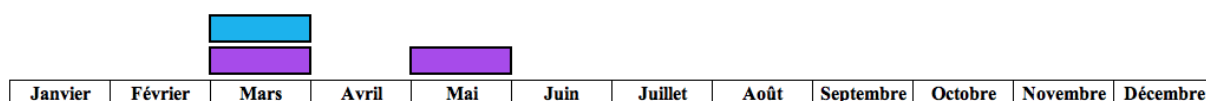
(Rouge = copulation ; violet = gestation ; orange = parturition ; bleu = lactation ; \* = extrapolation).

Figures réalisées par l'auteur. Référence : <sup>1</sup> Kofron & Chapman, 1994.

a



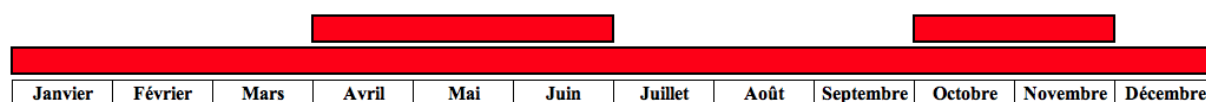
b



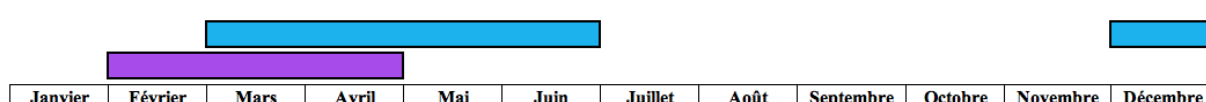
**Annexe E.3.** Phénologie de *Lissonycteris angolensis* : (a) en République du Congo<sup>1</sup>, établie avec les données de la littérature ; (b) établie avec les données de terrain à Macenta ; (c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données. (Rouge = copulation ; violet = gestation ; orange = parturition ; bleu = lactation ; \* = extrapolation). Figures réalisées par l'auteur.

Référence : <sup>1</sup> Nowak, 1994.

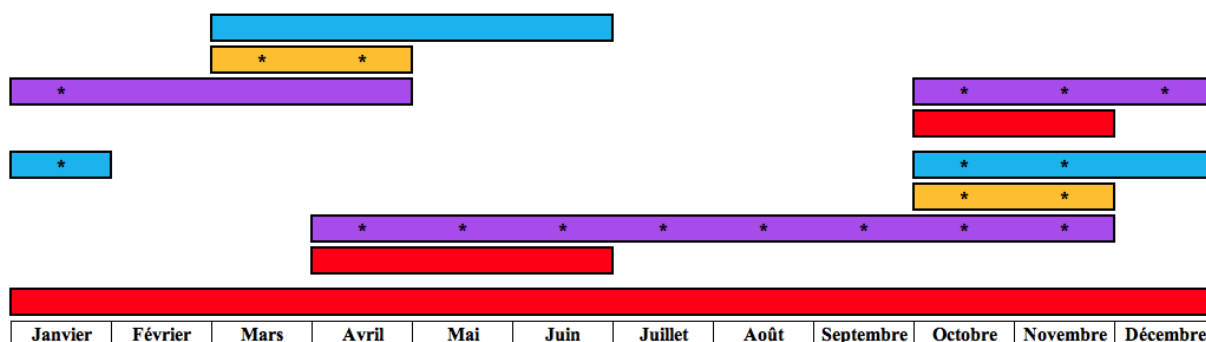
a



b



c







**Annexe F.1.** Phénologie d'*Acacia mangium* établie avec les données de terrain de Macenta. (Fl = fleur ; Fv = fruit vert ; Fm = fruit mûr ; NA = absence de données ; \* = extrapolation). Figure réalisée par l'auteur.

Fv *	Fv	Fm	Fm	Fm	Fm *	Fl *	Fl	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		

**Annexe F.2.** Phénologie d'*Anacardium occidentale* : (a) établie avec les données de la littérature <sup>1</sup> ; (b) établie avec les données de terrain de Macenta ; (c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données. (Fl = fleur ; Fr = fruit ; Fv = fruit vert ; Fm = fruit mûr ; St = stérile ; NA = absence de données ou non valides en raison du climat ; rouge = consommation par les chauves-souris et l'Homme ; \* = extrapolation). Figures réalisées par l'auteur.

Référence : <sup>1</sup> Marshall, 1985.

**a**

Fl *	Fl	Fr	Fl *	Fr *	Fl *	Fr *	Fl	Fr	NA	NA	Fl	NA	NA	NA	NA	Fl
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre					

**b**

Fl *	Fv	Fv	Fm	Fm *	St *	St	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		

**c**

Fl	Fv	Fv	Fm	Fm	St	St	NA	Fl	NA	NA	NA	NA	Fl
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		

**Annexe F.3.** Phénologie d'*Anthocleista nobilis* : (a) établie avec les données de la littérature <sup>1</sup> ; (b) établie avec les données de terrain de Macenta ; (c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données. (Bt = bouton floral ; Fl = fleur ; Fr = fruit ; Fv = fruit vert ; Fm = fruit mûr ; St = stérile ; NA = absence de données ou non valides en raison du climat ; vert = consommation par les chauves-souris ; \* = extrapolation). Figures réalisées par l'auteur.

Référence : <sup>1</sup> Marshall, 1985.

**a**

St	Fl	Fl	Fl *	Fl	NA	NA	Fl	NA	NA	Fl	Fr	NA
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	

**b**

Bt *	Fl *	Fv *	Bt *	Fl *	Fv	Fm	Bt	Fl	Fv *	Fm	Bt	Fl	Fv	Fm	Fl *	Fv *	Fv	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre												

**c**

Bt	Fl	Fv	Bt	Fl	Fv	Fm	Bt	Fl	Fv	Fm	Bt	Fl	Fv	Fm	Fl	Fv	Fv	NA	Fl	NA	NA	Fl	Fr	Fl *
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre													

**Annexe F.4.** Phénologie d'*Elaeis guineensis* : (a) établie avec les données de la littérature <sup>1</sup> ; (b) établie avec les données de terrain de Macenta ; (c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données. (Fl = fleur ; Fv = fruit vert ; Fm = fruit mûr ; St = stérile ; NA = absence de données ou non valides en raison du climat ; \* = extrapolation).

Figures réalisées par l'auteur. Référence : <sup>1</sup> Marshall, 1985.

**a**

NA	NA	NA	NA	St	Fl	NA	NA	St	NA	NA	NA
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre

**b**

NA	NA	NA	Fv *	Fv *	Fm *	Fm	NA	NA	NA	NA	NA
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre

**c**

NA	NA	NA	Fv	Fv	Fm	Fm	NA	NA	St	NA	NA
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre

**Annexe F.5.** Phénologie de *Musanga cecropioides* : (a) établie avec les données de la littérature <sup>1</sup> ; (b) établie avec les données de terrain de Macenta ; (c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données. (Fl = fleur ; Fr = fruit ; Fv = fruit vert ; Fm = fruit mûr ; St = stérile ; NA = absence de données ou non valides en raison du climat ; vert = consommation par les chauves-souris ; \* = extrapolation). Figures réalisées par l'auteur. Référence : <sup>1</sup> Bradbury, 1977.

<b>a</b>	Fl	Fl	Fr	Fr *	Fr	St	NA	NA	NA	Fl	NA	NA	NA			
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre				
<b>b</b>	Fl *	Fl *	Fv *	Fv	Fv	Fm	Fv *	Fm *	Fv	Fm	NA	NA	NA	NA		
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre				
<b>c</b>	Fl	Fl	Fv	Fv	Fv	Fm	Fv	Fm	Fv	Fm	NA	NA	Fl	NA	NA	NA
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre				

**Annexe F.6.** Phénologie de *Myrianthus arboreus* : (a) établie avec les données de la littérature <sup>1</sup> ; (b) établie avec les données de terrain de Macenta ; (c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données. (Fl = fleur ; Fr = fruit ; St = stérile ; NA = absence de données ou non valides en raison du climat ; vert = consommation par les chauves-souris ; bleu = consommation par l'Homme ; \* = extrapolation). Figures réalisées par l'auteur. Référence : <sup>1</sup> Kouame *et al.*, 2008.

<b>a</b>	Fl	Fr	Fl	Fr *	Fl	Fr *	Fr	St	NA	NA	NA	St	NA	NA	NA
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre			
<b>b</b>	Fl	Fl	Fl	Fl	Fl *	St	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA		
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre			
<b>c</b>	Fl	Fl	Fl	Fl	Fl	St	NA	NA	St	NA	NA	NA	NA		
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre			

**Annexe F.7.** Phénologie de *Parkia bicolor* : (a) établie avec les données de la littérature ; (b) établie avec les données de terrain de Macenta ; (c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données. (Fl = fleur ; Fr = fruit ; Fv = fruit vert ; Fm = fruit mûr ; St = stérile ; NA = absence de données ou non valides en raison du climat ; vert = consommation par les chauves-souris ; \* = extrapolation). Figures réalisées par l'auteur.

**a**

Fl	Fr	Fl *	Fr	Fl	Fr	Fr *	Fr	NA	NA	NA	Fl	St	NA	NA
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre			

**b**

Fl	Fv	Fl	Fv	Fv	Fm	Fm	St *	St	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre			

**c**

Fl	Fv	Fl	Fv	Fv	Fm	Fm	St	St	NA	NA	Fl	St	NA	NA
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre			

**Annexe F.8.** Phénologie de *Pycnanthus angolensis* : (a) établie avec les données de la littérature ; (b) établie avec les données de terrain de Macenta ; (c) à Macenta, établie en combinant l'ensemble des données. (Fl = fleur ; Fr = fruit ; Fv = fruit vert ; Fm = fruit mûr ; St = stérile ; NA = absence de données ou non valides en raison du climat ; \* = extrapolation). Figures réalisées par l'auteur.

**a**

Fr *	NA	NA	NA	Fl *	Fl	Fr	NA	NA	NA	NA	Fl *	Fl	Fr
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		

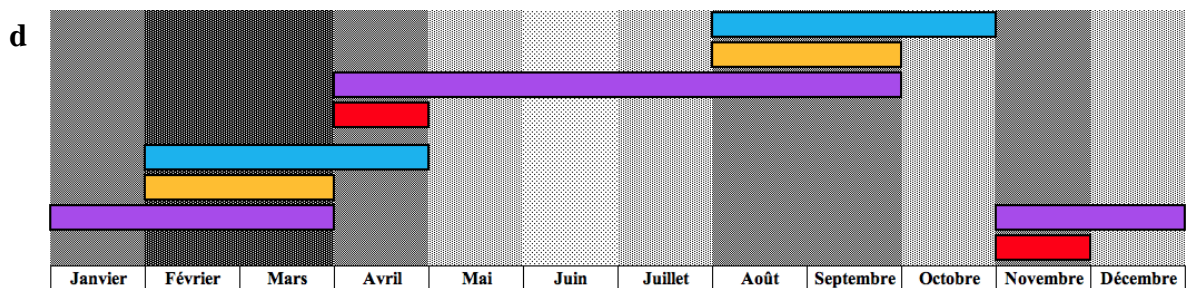
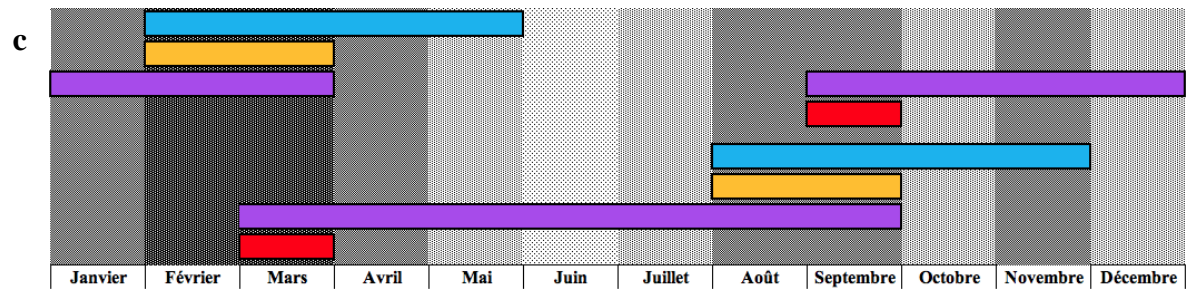
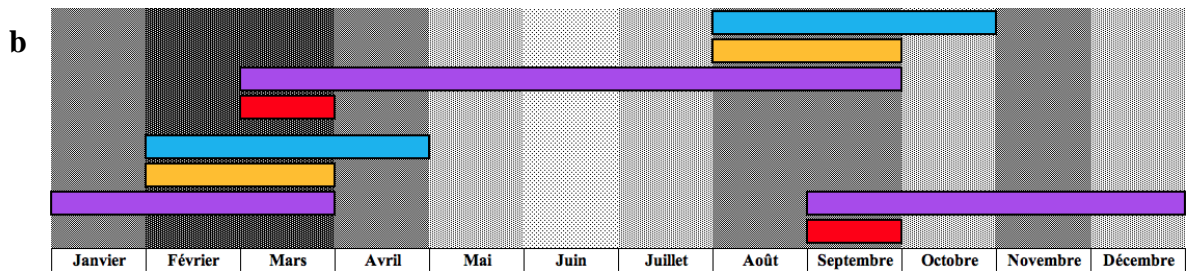
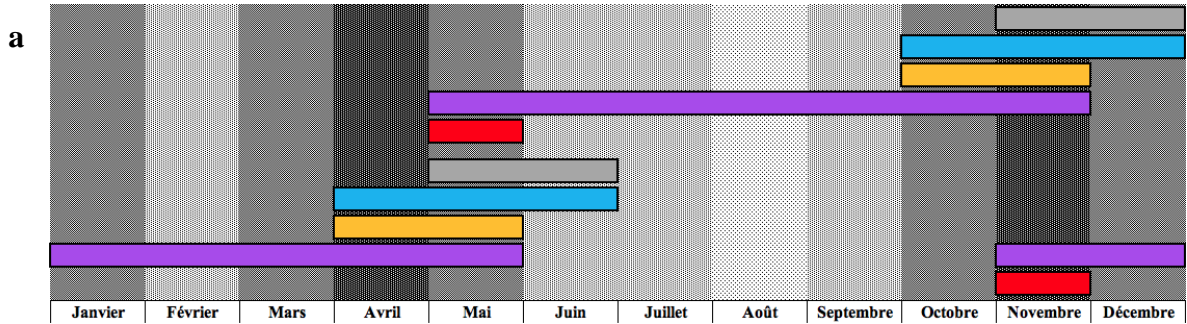
**b**

Fm	Fm *	Fm	Fm	Fm *	St	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre

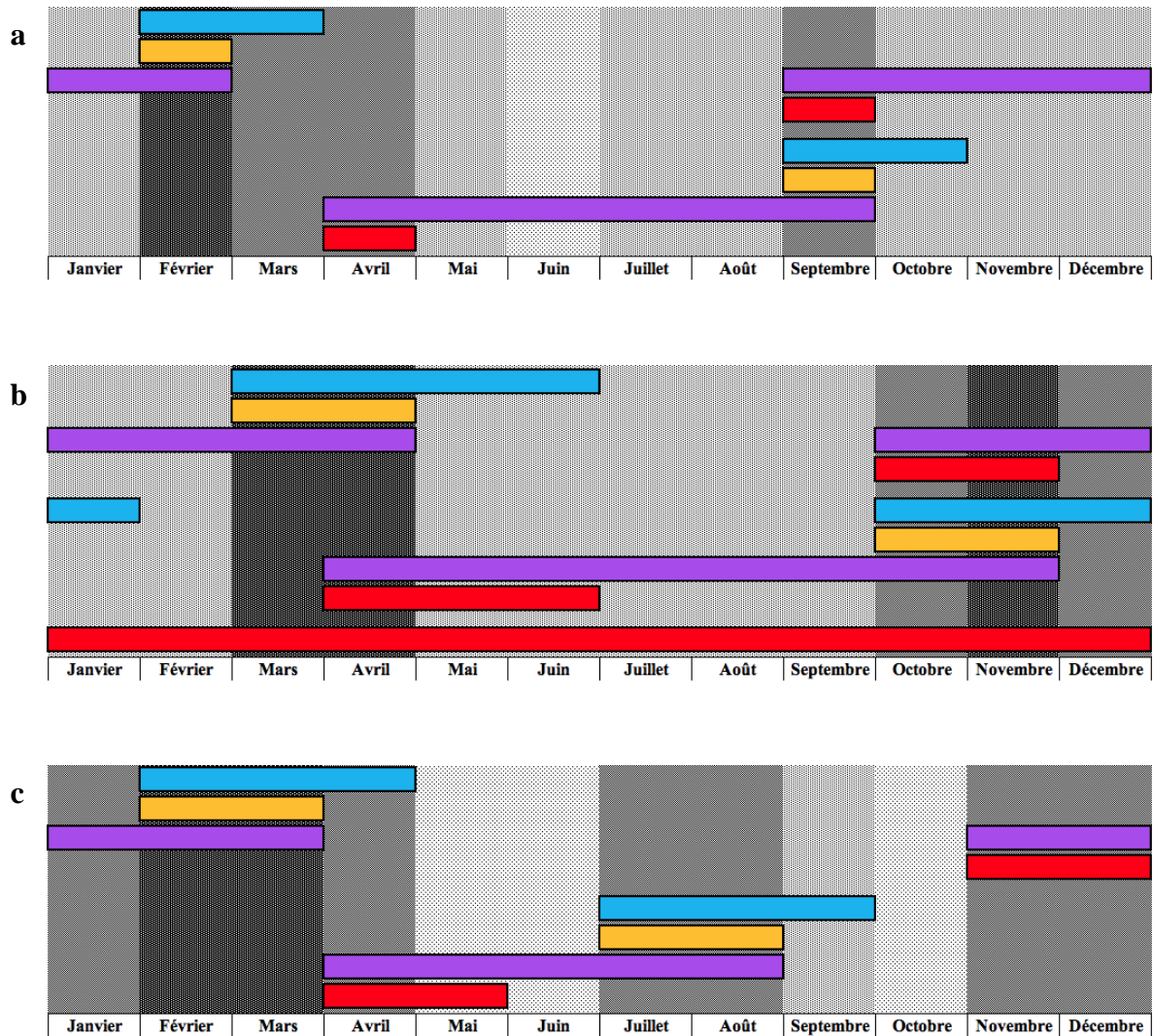
**c**

Fm	Fm	Fm	Fm	Fm	St	NA	NA	NA	NA	Fl	Fl	Fv *
Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	

**Annexe G.1.** Périodes à risque de portage viral couplées à la phénologie : **(a)** d'*Epomophorus gambianus* et de *Micropteropus pusillus* ; **(b)** d'*Epomophorus wahlbergi* ; **(c)** d'*Epomops buettikoferi* ; **(d)** de *Myonycteris torquata*. (Rouge = copulation ; violet = gestation ; orange = parturition ; bleu = lactation ; gris = sevrage). Figures réalisées par l'auteur.



**Annexe G.2.** Périodes à risque de portage viral couplées à la phénologie : **(a)** d'*Epomops franqueti* ; **(b)** de *Lissonycteris angolensis* ; **(c)** d'espèces de la famille des Molossidae. (Rouge = copulation ; violet = gestation ; orange = parturition ; bleu = lactation).  
Figures réalisées par l'auteur.



**GAZSO Franck**

## **ÉCOLOGIE DES CHAUVES-SOURIS ET PÉRIODES À RISQUE ACCRU DE PORTAGE VIRAL EN GUINÉE**

Thèse d'Etat de Doctorat Vétérinaire : Lyon, le 30 octobre 2019.

### **RESUME :**

L'objectif de cette étude était d'établir un calendrier des périodes potentiellement clés de portage d'agents pathogènes dans les populations de chauves-souris suspectées d'être impliquées dans l'écologie du virus Ebola en Guinée. Dans un premier temps, une description de la phénologie des chauves-souris au cours de l'année a été effectuée en combinant les données de la littérature et celles collectées au cours de sessions de captures de ces animaux sur trois sites proches de Macenta en Guinée. Dans un second temps, la phénologie des plantes composant leur régime alimentaire au cours de l'année a été décrite en associant des données de l'herbier en ligne du MNHN et celles du suivi phénologique lors des missions de terrain. Enfin, suite à la recherche dans la littérature de facteurs de risque de portage viral chez les chauves-souris, des périodes à risque adaptées à la phénologie de chaque espèce ont pu être mises en évidence qualitativement. Ces périodes ont également été confrontées à la phénologie des plantes et à l'évolution climatique à Macenta. De manière générale, les périodes les plus à risque se situent lors de la saison sèche, soit du mois de novembre au mois d'avril. *Eidolon helvum* est l'espèce au sein de laquelle les périodes à risque accru sont les plus courtes. Les plantes de leur régime alimentaire, dont certaines sont aussi consommées par l'Homme, sont aussi disponibles dans l'environnement lors des périodes à risque. Les périodes à risque accru de portage viral permettraient de cibler des protocoles de suivis longitudinaux afin de mettre en place une surveillance du virus Ebola et d'autres agents pathogènes portés par les chauves-souris en Guinée où les ressources financières et humaines sont limitées.

### **MOTS CLES :**

- Écologie
- Virus
- Chauves-souris
- Guinée
- Risques pour la santé

### **JURY :**

Président : Monsieur le Professeur FERRY Tristan  
1er Assesseur : Madame le Docteur AYRAL Florence  
2ème Assesseur : Madame le Professeur GILOT-FROMONT Emmanuelle  
Invité : Monsieur le Docteur CAPPELLE Julien

**DATE DE SOUTENANCE : 30 octobre 2019**