



Rapport de stage de Master 2

Santé Animale et Epidémiologie dans les Pays
du Sud

Les enquêtes qualitatives en Sciences : les chiroptères d'Asie du Sud-est et leurs parasites comme modèle

Présenté par :

Noellie GAY

Sous la direction de :

Serge MORAND

Et

Mathieu BOURGAREL

Tuteur : Stéphane BERTAGNOLI et Mathilde PAUL

Pays et organismes : Thaïlande, Université de Kasetsart, CNRS, CIRAD

Période de stage : 12 Mars au 27 Août

Dates de soutenance : 10, 11 et 14 septembre 2012



Année universitaire 2011-2012

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette

CIRAD



0000122134

Résumé

Cette étude est structurée en trois parties:

-Des entretiens réalisés au Laos, auprès d'habitants de Lap Sik (90 % de l'ethnie *Khmou*) ont abordés les représentations et liens entre humains et chiroptères. Dans ce village, les apports en protéines animales dépendent quasi-exclusivement des animaux sauvages et les chiroptères sont un met de choix toujours consommé cuit. Toutes les espèces de chiroptères sont consommées et les chasseurs perçoivent une baisse de leurs populations qu'ils attribuent à la chasse. Les hommes capturent les chauves-souris dans les grottes à l'aide de filets ou de lance-pierres et les femmes les cuisinent. Ces pratiques impliquent des contacts étroits entre l'humain et l'animal (morsures, aérosols). Aucune des personnes interrogées n'a évoqué une potentielle transmission de maladies infectieuses par ces animaux. L'aspect commercial concernant les chiroptères n'a été qu'effleuré dans cette étude et il serait pertinent de connaître sa place et son importance relative au sein du système de production et des filières commerciales.

-Une base de données sur 292 espèces de chiroptères a été réalisée, rassemblant leurs traits de vie et les espèces de parasites isolées en Asie du Sud-est. Des régressions linéaires l'effort d'investigation (nombre de chiroptères échantillonnés) sur la richesse en parasites ont permis d'obtenir des valeurs résiduelles qui ont été ordonnées. Les espèces aux valeurs résiduelles positives, comme *Macroglossus minimus* et *Hipposideros armiger*, nécessiteraient des investigations poussées pour leur qualité de réservoir de diversité parasitaire. Des déterminants de la richesse parasitaire ont été étudiés par la méthode des contrastes indépendants qui limite les biais liés aux caractères communs entre espèces phylogénétiquement proches. Le meilleur modèle explique 75 % de la variance en ectoparasites avec l'aire de distribution des espèces, le nombre de publications sur les ectoparasites (effort de recherche) et la fragmentation de l'aire de distribution comme facteurs explicatifs. Le meilleur modèle pour la richesse virale explique significativement 87 % de la variance en virus avec la taille des colonies, l'effort de recherche et la fragmentation de l'aire de distribution. Le modèle pour les endoparasites explique 41 % de la variance grâce à l'effort de recherche et l'aire de distribution des espèces. Selon nos analyses, une large aire de distribution des espèces, fortement fragmentée, explique la richesse parasitaire.

-Des entretiens semi-dirigés d'experts et l'utilisation d'un « Scoring » ont permis d'élargir la réflexion à d'autres déterminants potentiels de la diversité parasitaire (consommation de chiroptères, proximité à l'humain et grégarité des espèces). Les experts ont effectivement considéré l'aire de distribution et sa fragmentation comme facteurs d'ordre prioritaire. La taille des colonies a été trouvée négativement corrélée à la richesse en parasites mais cette hypothèse n'était envisagée ni des experts ni selon nos hypothèses de départ. Ces entretiens posent le problème des connaissances objectivées des experts scientifiques, fruit d'une éducation scientifique non pluridisciplinaire. On peut s'interroger sur la valeur de certaines consultations d'experts et de méthodes de « Priorisation » utilisant souvent des questionnaires fermés. Ceci pourrait renforcer les réponses stéréotypées non fondées sur une connaissance objectivée. Les entretiens ouverts permettent de limiter les biais liés aux représentations et assurent à terme la construction de questionnaires plus cohérents par rapport à l'objet d'étude. Cette étude suggère que les approches qualitatives peuvent garantir la qualité d'études quantitatives à venir.

Mots clés : Chiroptère, diversité parasitaire, Asie du Sud-est, phylogénie, perceptions, méthode qualitative, opinion d'experts

Abstract

This study is divided in three parts:

-Interviews of Lao villagers from Lap Sik (90 % of Kmou minority) allowed us to approach representations and links between humans and bats. All species of Chiroptera are a delicious meal for inhabitants, who consume them cooked. People perceived a decrease of bat populations due to hunting. Men catch bats in caves with nets and catapults and women cook these animals. These practices imply close contact between humans and bats (bites, aerosols). None of the interviewees was aware of the possibility of parasite transmission from animals. It is of significant importance to extend this survey to include the commercial trade of bats in local commercial transaction in order to evaluate the relative consumption of Chiroptera.

-A database built up on 292 species of bats including life history traits and parasites identified in Southeast Asia. We used residual variation of parasite richness controlled for bat sample size to identify major bat reservoirs. *Macroglossus minimus*, *Hipposideros armiger* and other species harbored more pathogens than expected by the regression model. Factors that explain parasite richness have been identified using the independent contrasts method which limits bias associated with shared characteristics between closely related species. The best model for ectoparasites explained 75 % of parasite diversity variation with geographic range of bat species, fragmentation of their distribution area and publication number. The best model for virus richness explained 87 % of the variation with colony size, fragmentation of geographic range and publication number on viruses. The best model for endoparasite richness explained 41 % of the variation with the number of publications on endoparasites and geographic range of species. Bat species with large and/or fragmented distribution area harbor high parasite diversity.

- Semi-structured interviews and scoring methodology allowed the identification of other potential factors of parasite richness (bat consumption, close contact with human and social behavior of species). Researchers considered species geographic range and fragmentation as important factors. Colony size was hypothesized positively related with parasite richness by experts, but a negative relationship was observed using the independent contrasts method. These interviews question experts' objectivity based on supposed knowledge of scientists, who are above all specialists in specific research field. The value of experts' opinion based only on closed questionnaires has to be challenged, as reinforcing stereotyped answers unlikely based on objectified knowledge. Open interviews may limit bias due to individual representation and permit construction of questionnaires more coherent in respect to the studied object. This study suggests that qualitative approaches may assure quality of quantitative studies.

Key words: Chiroptera, parasite richness, South-east Asia, phylogeny, perception, qualitative method, expert opinion

Lexique des abréviations

ASE : Asie du Sud-est
Km² : kilomètres carrés
SRAS : Syndrome respiratoire aigu sévère
AIC : Akaike information criterio
ANOVA : Analysis of variance
IUCN : Union internationale pour la conservation de la nature

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1 : Données écologiques et morphologiques recueillies pour les chiroptères d'ASE..... | 5 |
| Tableau 2 : Les trois saisons climatiques au Laos, Robichon (2005) | 8 |
| Tableau 3 : Résumé des données recueillies sur les parasites de chiroptères d'ASE | 10 |
| Tableau 4 : Résumé des meilleurs modèles sélectionnés par le critère AIC à partir de la méthode des contrastes indépendants | 14 |
| Tableau 5 : Résumé des entretiens de chiroptérologues à l'atelier scientifique de Hat Yai..... | 15 |
| Tableau 6 : Résumé du « Scoring » des participants interrogés lors de l'atelier d'Hat Yai..... | 16 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 1 : Relation positive entre richesse parasitaire et effort d'investigation | 11 |
| Figure 2 : Relation positive entre richesse parasitaire et aire de distribution..... | 11 |
| Figure 3 : Relation positive entre effort de recherche et d'investigation | 11 |
| Figure 4 : Relation positive entre effort d'investigation et virus | 11 |
| Figure 5: Distribution des valeurs résiduelles de la richesse globale obtenues à partir de la relation linéaire entre richesse parasitaire et effort d'investigation. Une valeur résiduelle positive indique que l'espèce a une richesse parasitaire plus élevée que ce qui est attendue par une simple relation à l'effort de recherche et inversement pour une valeur résiduelle négative (Herbreteau et al. 2012) | 12 |
| Figure 6: Distribution des valeurs résiduelles de la richesse virale obtenues à partir de la relation linéaire entre richesse en virus et effort d'investigation..... | 13 |

Remerciements

Durant mon stage de Master 2 au Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, j'ai eu l'occasion d'interagir avec des professionnels de la recherche qui ont su me faire partager leur passion et apporté leur soutien pour l'aboutissement de mon travail.

Je tiens donc à remercier tout particulièrement :

- Serge Morand, mon encadrant de stage, pour ses conseils, ses nombreuses relectures, sa disponibilité et sa confiance tout au long de ce projet de recherche.
- Mathieu Bourgarel, mon second encadrant, pour ses remarques constructives qui ont bien recadré mon travail.
- Stéphane Bertagnoli et Mathilde Paul, mes tuteurs, pour m'avoir aidé à orienter ma réflexion.
- Au soutien financier de la région Languedoc pour la réalisation de ce stage en expatriation.
- Sara Bumrungsri, researcher in bats ecology, for the *Pteropus giganteus* field trip and the Hat Yai Workshop. Thank you for lab literature and scientific resources.
- Prateep Duengkae, researcher in wildlife conservation, for his helps in taxonomy, his sense of humor and allows me to sample beautiful flying foxes (nice to meet his twin brother too).
- Boripat Siriaroonrat, FAO wildlife consultant, for his kindness, his advices for my scientific carrier, his optimism and honesty.
- François Roger, Responsable de l'Unité de Recherche Animal et Gestion Intégrée des Risques et avoir pris le temps de me conseiller sur mon avenir professionnel.
- Kevin Olival, for his patience with my « Bad English », his availability, and advices concerning my work on parasites diversity.
- Pushpa Acharya and Prince of Songkhla University student team, for sharing their passion of chiroptera and telling me exciting secrets about studied species.
- Paul Racey, Mariano Roy M. Duya, Godfrey Jakosalem, Stephen Rossiter spending time to answer my questions during interviews.
- Aurélie Binot pour ses conseils et le bureau du réseau GREASE, ses représentants, pour l'accueil à la faculté Vétérinaire de Kasetsart.
- Jintana Thanarotewatana, AGIRs secretary, for logistical help to students.
- Sophie Molia pour avoir partagé ses précieuses données sur la rage.
- Surachit Waengsothorn for sharing publications and informations on Thai bats.
- Aux financements de l'ATP-CIRAD Emergence pour mon stage et au projet BiodivHealthSEA pour la mission au village de Lap Sik.
- To warm Lap Sip inhabitants and nice rodent mission participants (Yannick, Alexis, Shay, etc.). Saipin Suputtamongkol for her help to develop my sociological approaches and to my excellent translators that did their best (Tonk, Koi and Aoom).
- Aux anonymes, non scientifiques, pour m'avoir soutenue, écoutée, relue...supportée !

Sommaire

| | |
|---|-----|
| Résumé | i |
| Abstract..... | ii |
| Lexique des abréviations | iii |
| Liste des tableaux | iii |
| Liste des figures | iii |
| Remerciements..... | iv |
| Introduction..... | 1 |
| 1. PERCEPTIONS ET RELATIONS ENTRE VILLAGEOIS ET CHIROPTERES, LAP SIK, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE POPULAIRE LAO..... | 1 |
| 2. ANALYSE DES FACTEURS DE RICHESSE EN PARASITES CHEZ LES CHIROPTERES | 1 |
| 3. ENTRETIENS D'EXPERTS | 3 |
| Matériel et Méthodes..... | 3 |
| 1. PERCEPTIONS ET RELATIONS ENTRE VILLAGEOIS LAO ET CHIROPTERES, LAP SIK, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE POPULAIRE LAO..... | 3 |
| 2. ANALYSE DES FACTEURS DE RICHESSE EN PARASITES | 4 |
| a. Construction de la base de données | 4 |
| b. Analyses statistiques | 5 |
| 1) Analyses univariées sur les données brutes | 5 |
| 2) Étude des résidus de la diversité en espèces parasitaires en fonction de l'effort d'investigation sur les parasites..... | 5 |
| 3) Analyses comparatives par la méthode des contrastes indépendants | 6 |
| 3. ENTRETIEN D'EXPERTS | 6 |
| DU 7/07 AU 8/07 2012, UN | 6 |
| LES ENTRETIENS ONT ETE UNE..... | 7 |
| Résultats..... | 7 |
| 1. PERCEPTIONS ET RELATIONS ENTRE VILLAGEOIS ET CHIROPTERES, LAP SIK, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE POPULAIRE LAO | 7 |
| a. La consommation de chauves-souris | 7 |
| 1) La chasse | 7 |
| Les méthodes de capture | 7 |
| Dynamique saisonnière de la chasse..... | 7 |
| Fréquence de capture des chiroptères et observations de terrain | 8 |
| 2) En cuisine..... | 8 |
| Répartition des tâches selon le genre | 8 |
| Préparation culinaire..... | 8 |
| Autres usages | 9 |
| Le commerce..... | 9 |
| b. Perceptions concernant les chauves-souris..... | 9 |
| 1) Tendances populationnelles et raisons évoquées..... | 9 |
| Un déclin des populations de chiroptères..... | 9 |
| Les solutions envisagées par les habitants..... | 9 |
| 2) Les représentations concernant l'animal..... | 9 |
| Des services écosystémiques..... | 9 |
| Connaissances des maladies zoonotiques | 9 |
| 2. ANALYSE DES FACTEURS DE RICHESSE EN PARASITES | 10 |
| a. Analyses univariées sur les données brutes..... | 10 |
| b. Etude des résidus de la diversité en espèces parasitaires en fonction de l'effort d'investigation. | 11 |
| c. Analyses comparatives par la méthode des contrastes indépendants..... | 13 |
| 3. ENTRETIEN D'EXPERTS | 14 |
| Discussion..... | 16 |
| 1. PERCEPTIONS ET RELATIONS ENTRE VILLAGEOIS ET CHIROPTERES LAP SIK, REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE POPULAIRE LAO | 16 |
| a. La consommation de chauves-souris | 16 |
| 1) La chasse | 17 |
| Les méthodes de capture | 17 |
| Dynamique saisonnière de la chasse..... | 17 |
| Fréquence de capture des chiroptères et observations de terrain | 18 |
| 2) En cuisine..... | 18 |
| Répartition des tâches par genre | 18 |

| | |
|---|----|
| Préparation culinaire | 18 |
| Autres usages | 19 |
| Le commerce | 19 |
| b. <i>Perceptions concernant les chauves-souris</i> | 20 |
| 1) Tendances populationnelles et raisons évoquées | 20 |
| Un déclin des populations de chiroptères..... | 20 |
| Les solutions envisagées par les habitants..... | 20 |
| 2) Les représentations concernant l'animal | 21 |
| Des services écosystémiques..... | 21 |
| Connaissances des maladies zoonotiques | 21 |
| 2. ANALYSE DES FACTEURS DE RICHESSE EN PARASITES | 23 |
| a. <i>Analyses univariées sur les données brutes</i> | 23 |
| b. <i>Etude des résidus de la diversité en espèces parasites en fonction de l'effort d'investigation.</i> | 23 |
| c. <i>Analyses comparatives par la méthode des contrastes indépendants</i> | 25 |
| 3. ENTRETIEN D'EXPERTS | 28 |
| Conclusion | 30 |
| Bibliographie principale | 31 |
| Annexes | 40 |
| ANNEXE 1 | 40 |
| ANNEXE 2 | 42 |
| ANNEXE 3 | 42 |
| ANNEXE 4 | 43 |

Introduction

1. Perceptions et relations entre villageois et chiroptères, Lap Sik, République démocratique populaire Lao

En 2010, la République démocratique populaire Lao comptait 6,2 millions d'habitants. Environ 70 % vivaient de l'agriculture entre 2007 et 2008 (Banque mondiale, 2011). Ce pays a connu de fortes pressions sylvicoles : le couvert de la forêt qui représentait 70 % du territoire en 1940 n'était plus que de 41 % en 2002 (Badenoch 1998 ; REDD, 2011). Selon Krahn (2003), la faune sauvage est la principale source de protéines animales pour certaines communautés humaines et Singh et ses collaborateurs (2006) déplorent l'absence d'évaluation concernant la place de la faune sauvage en tant qu'aliment de subsistance au Laos. Il semblerait que la chasse, et plus particulièrement celle des chiroptères, soit bien ancrée dans les pratiques rurales (Davidson, 1999 ; Johnson *et al.*, 2003a). Cela implique un contact étroit de l'humain avec cet animal et induit un risque de transmission de parasites. Le terme de parasite est pris au sens large de Anderson et May (1978), il inclut les macroparasites (endoparasites et ectoparasites), les protozoaires, les champignons parasites et les agents infectieux (bactéries et virus).

Harrison et ses collaborateurs (2011) estiment que la sensibilisation des populations locales aux maladies liées aux chauves-souris pourrait limiter la consommation de ces animaux. Cela réduirait la pression de chasse sur ces populations dans un objectif de conservation et le risque de transfert de parasites aux humains. Cependant, ces auteurs n'ont pas investigué les liens (autres que marchands) entre les habitants et ces animaux en Indonésie. Or nous croyons que cette action de sensibilisation serait inadaptée sans tenir compte du contexte local et des relations entre les riverains et les chauves-souris.

Nous avons mené une enquête qualitative au Laos reposant sur des entretiens semi-directifs de villageois. Les principales questions ayant servi de trame aux entretiens étaient :

- Quelles sont les relations et les perceptions concernant les chiroptères chez les habitants ?
- Pourquoi ces derniers consomment des animaux sauvages ?
- Quelle est la connaissance du risque zoonotique par les habitants ?

Ces entretiens visaient aussi à s'interroger sur la faisabilité et la légitimité d'une sensibilisation des populations locales aux maladies infectieuses transmises par les chauves-souris.

2. Analyse des facteurs de richesse en parasites chez les chiroptères

La diversité/richeesse parasitaire correspond au nombre d'espèces de parasites isolés chez un hôte à une échelle géographique donnée (Poulin et Morand, 2004 ; Bordes *et al.*, 2007). Des facteurs extrinsèques aux hôtes tels que la proximité à l'équateur et/ou de fortes précipitations peuvent

expliquer la diversité parasitaire chez l'humain et/ou les rongeurs (e.g. Guernier *et al.*, 2004 ; Bordes et Morand, 2011). D'autres facteurs intrinsèques, liés à l'écologie des populations, peuvent aussi expliquer cette richesse : taille des aires de distribution et des domaines vitaux, densité des populations, longévité des hôtes, masses corporelles et certains traits comportementaux (sociabilité, toilettage, etc.) (e.g. Nunn *et al.*, 2003 ; Ezenwa, 2004 ; Pedersen, 2008 ; Bordes et Morand, 2011). Chez les mammifères sauvages, les infections multiples sont plus la norme que l'exception (Petney *et al.*, 1998 ; Drake et Bundy, 2000) ce qui peut avoir des effets délétères sur les hôtes tels qu'une baisse de la condition physique (Lello *et al.*, 2005 ; Graham *et al.*, 2005 ; Jolles *et al.*, 2008) et/ou la réduction des taux de survie (Munson *et al.*, 2008 ; Jolles *et al.*, 2008). L'importance du polyparasitisme en santé humaine (e.g. SIDA et maladies infectieuses opportunistes) et animale, a stimulé les travaux sur la diversité en parasites dès la fin des années 1990. Les analyses comparatives ont permis l'étude des facteurs de la richesse parasitaire et sont toujours utilisées à ce jour (e.g. Nunn, 2012). Cependant, la majorité des études continuent se focaliser sur des systèmes un hôte/un parasite (Bordes *et al.*, 2008 ; Bordes et Morand, 2011).

L'Asie du Sud-est (ASE) est l'aire géographique identifiée pour cette étude, elle est incluse dans le "hotspot" de biodiversité Indo-Burma (Myers *et al.*, 2000). Guillén et ses collaborateurs (1997) considèrent cette zone comme un laboratoire naturel pour l'étude de l'histoire évolutive des êtres vivants. Cependant, la diversité biologique y est sévèrement menacée car le développement économique exerce de fortes pressions environnementales : déforestation, intensification agricole, exploitation minière du calcaire provenant des karsts, urbanisation, etc. (Sodhi et Brook, 2006 ; Clements *et al.*, 2006 ; Stibig *et al.*, 2007 ; Schipper et al. 2008). Dobson et ses collaborateurs (2006) suggèrent que le risque de transmission de parasites de la faune aux humains augmente avec la réduction de la biodiversité et de son effet de dilution. En effet, l'ASE figure parmi les points chauds à risque d'émergence de maladies infectieuses potentiellement pandémique (Coker *et al.*, 2011). Une augmentation de l'incidence d'agents à transmission vectorielle est déjà observée (Forman *et al.*, 2008) et les émergences de maladies infectieuses chez l'humain se sont multipliées ces dernières décennies (Jones *et al.*, 2008). D'ailleurs, certains de ces événements sont en lien avec des parasites de chiroptères (SRAS, H5N1, Nipah, etc.).

Les chauves-souris représentent 20 % des espèces de Mammifères, c'est le seul animal de cette classe capable de voler (Simmons, 2005 ; Bourhy, 2007). Elles sont d'excellents bioindicateurs des changements environnementaux et répondent à un large panel de perturbations anthropiques tels que l'urbanisation, l'intensification agricole, la sylviculture, la perte d'habitat et/ou sa fragmentation, la chasse et les changements climatiques (Clarke *et al.*, 2005 ; Jones *et al.*, 2009). Dans le même temps, les chiroptères sont les réservoirs d'agents infectieux. Selon Gonzalez et ses collaborateurs (2010), les deux tiers des virus abrités par ces animaux auraient un potentiel zoonotique supposé ou avéré. Ces animaux ont servi de modèle pour tester nos hypothèses.

L'objectif principal de ce travail était d'identifier des déterminants, traits écologiques, de la richesse parasitaire chez les chiroptères d'ASE. Cela nous semble être une étape essentielle à la compréhension des mécanismes d'émergence actuels et futurs et notamment des effets de débordement (Ebola, Nipah, Hendra, rage...). L'analyse comparative visait à identifier les relations significatives entre la richesse parasitaire (variable à expliquer) et les facteurs suivants : masse de l'hôte, aire de distribution de l'espèce, fragmentation de l'aire de distribution, nombre de saison de reproduction, taille des colonies et grégarité au site de repos. Certains de ces déterminants comme l'aire de distribution, sa fragmentation ou la taille des colonies peuvent-être affectés par les changements globaux et les activités humaines. Nous avons postulé que les espèces abritant une diversité parasitaire élevée, corrigée par l'effort d'échantillonnage, sont liées aux événements d'émergences passés et actuels.

3. Entretiens d'experts

Des discussions semi-dirigées avec des chercheurs ont permis d'identifier des opinions et hypothèses sur les facteurs d'émergence et de richesse parasitaire des chauves-souris d'ASE. Ces entretiens ont été une première approche exploratoire dans le développement de réflexions sur des facteurs pouvant potentiellement influencer sur la diversité en pathogènes des chiroptères et le risque d'émergence. Nos hypothèses de travail sur les déterminants de la richesse parasitaire ont été hiérarchisées et discutées avec les experts d'un ensemble de domaines. Cette étape visait à confronter les connaissances des chercheurs aux résultats de nos analyses réalisées, tout en ouvrant notre réflexion à d'autres facteurs.

Matériel et Méthodes

1. Perceptions et relations entre villageois lao et chiroptères, Lap Sik, République démocratique populaire Lao

Lap Sik est un village Lao situé à une vingtaine de Kilomètres de la ville de Luang Prabang. Il s'étend le long de la route principale. Sa population est de 400 habitants environ, soit 90 foyers de l'ethnie *Khmou* (90 %), principalement animiste. Les habitations d'une surface d'environ 30m² sont très proches les uns des autres et sans eau courante. L'élevage englobe un ensemble d'animaux, en forêt (buffles), en enclos (cochons) et divaguant dans la journée (chèvres, poules, canards). L'agriculture de type défrichement/brûlis/rotation assure l'autonomie en riz pluvial. La diminution des terres allouées à ce type d'agriculture augmente l'érosion des sols. Ainsi, la diminution des rendements agricoles développe la plantation de teck et une partie des jeunes hommes doivent désormais vendre leur force de travail à Luang Prabang.

Afin de conduire les entretiens, une méthode d'enquête qualitative (Desanti et Cardon, 2007) était utilisée permettant d'échanger avec les villageois par le biais d'entretiens semi-structurés basés

sur des questions ouvertes. L'objectif était de dresser une image globale des représentations et rapports entre les humains et les chauves-souris au travers d'une première approche de ce sujet.

Un guide d'entretien exploratoire incluant une liste d'idées pouvant être abordées a été créé. Il abordait : les préférences en viande (faune sauvage/domestique), la perception du risque zoonotique (notamment associé aux chiroptères), les représentations concernant ces mammifères volants et leur chasse (annexe 4). Les entretiens menés du 22/05 au 31/05/2012 étaient adaptés en fonction des connaissances de la personne interrogée et des thèmes qu'elle souhaitait traiter. Ils ont donc pu évoluer avec le recueil des informations. Des questions variées et appropriées au statut ou au genre de la personne interrogée ont été posées. Par exemple, les hommes ont été plus aptes à aborder les pratiques de chasse. Cette stratégie avait l'avantage de ne pas induire d'automatismes dans les questions et les réponses attendues par les interprètes (Anglais-Lao) et limitait les possibilités de biaiser l'entretien, comme cela aurait pu être le cas avec un questionnaire fermé. Cependant, il n'a pas été possible d'interroger des personnes âgées, ne parlant que la langue khmu car nous n'avions pas d'interprète pour cette traduction. Afin de garantir la qualité de l'information recueillie, les sources ont été recoupées en interrogeant différents habitants, en rencontrant autant que possible les informateurs « clés » (ex : le chasseur le plus renommé en captures de chauve-souris). Des observations de terrain ont aussi été effectuées lors d'une chasse nocturne. Différents interprètes (trois au total) ont collaboré pour vérifier l'intégrité du message retransmis. Cependant, des erreurs d'interprétations ne peuvent être exclues puisque l'entretien nécessitait une triple traduction (français-anglais, anglais-thaï, thaï-lao).

La méthode d'enquête employée ne permet pas de réaliser d'analyse quantitative. L'échantillon interrogé était restreint et ciblait des personnes à *priori* compétentes pour fournir certaines informations. De plus, les résultats ne peuvent pas être entièrement représentatifs, notre propre bagage culturel et social participant à l'interprétation des faits et des dires des personnes. Nous n'avons qu'effleuré l'aspect « filières commerciales » qui implique un travail à l'échelle du pays.

2. Analyse des facteurs de richesse en parasites

a. Construction de la base de données

Seules les informations provenant des pays de la zone économique ASE ont été recueillies : Cambodge, Laos, Thaïlande, Vietnam, Philippines, Malaisie, Brunei, Myanmar, Indonésie et Timor.

La base de données sur les espèces et leurs traits de vie a été réalisée à l'aide des données de l'IUCN (<http://www.iucnredlist.org/>). Un guide de terrain (Duengkae, 2007) et le travail de Wilson et Reeder « Mammal species of the World » (<http://www.bucknell.edu/msw3/>) ont permis de confirmer la présence des espèces dans la zone. Des données écologiques ont été collectées pour les espèces à l'aide de la base de données de l'Institut Harrison (<http://www.sc.psu.ac.th/batdb/index.asp>), celle de l'IUCN et des articles sur les espèces d'ASE

(<http://scholar.google.com/> et <http://apps.webofknowledge.com/>). Différentes données ont été recueillies pour les espèces : aire de distribution, fragmentation de cette aire avec le rapport entre le périmètre et l'aire de distribution (Rappoport, 1982), nombre de saison de reproduction (une, deux ou toute l'année). La taille des colonies classées en 4 catégories et la masse moyenne des sexes confondus (tableau 1).

Tableau 1 : Données écologiques et morphologiques recueillies pour les chiroptères d'ASE

| | Aire de distribution | Indice de fragmentation | Saisons de reproduction | Taille colonies | Masse |
|--------------------|----------------------|--|----------------------------|---|---------------------------------------|
| Données collectées | Km ² | Périmètre (km) / Aire (km ²) | 1, 2, ou 3 (toute l'année) | >1000 (4) ≤1000 (3) ≤100 (2) ≤10 (1) | Grammes (moyenne des sexes confondus) |

L'ampleur des infestations multiples est appréhendée par défaut, au travers de la richesse parasitaire correspondant au nombre d'espèces de parasites isolés chez une espèce de chiroptère. Ce facteur a été documenté à l'aide de publications en accès libre, de résumés de Web of Science, Google Scholar et des publications en ligne de l'AFRIMS (<http://www.afpmb.org/content/welcome-literature-retrieval-system>). Pour identifier les documents pertinents, le nom binomial des espèces de chiroptères a été utilisé en combinaison de termes connexes (parasite, ectoparasite, endoparasite, virus, bacteria, fungi, helminth, pathogen, disease). La base de données de Liverpool (<http://www.zoonosis.ac.uk/eid2>) a enrichi la liste de virus isolés et celle du Muséum d'Histoire Naturelle (<http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/host-parasites/database/index.jsp>) a complété l'inventaire des endoparasites (Annexe 1).

b. Analyses statistiques

Le logiciel en accès libre R et les packages APE, MASS et mvtnorm ont été utilisés pour réaliser les analyses statistiques.

1) Analyses univariées sur les données brutes

Les données brutes ont été normalisées (log transformées) et des modèles linéaires réalisés. Nous avons étudié les relations entre la richesse en parasites des chiroptères d'ASE avec l'effort d'investigation, la masse moyenne des hôtes, l'effort de recherche et l'aire de distribution des espèces. L'effort d'investigation a été estimé par le nombre de chiroptères échantillonnés et l'effort de recherche correspond au nombre de publications sur chaque taxon parasitaire.

2) Étude des résidus de la diversité en espèces parasitaires en fonction de l'effort d'investigation sur les parasites

La richesse globale en parasites et le nombre de chiroptères échantillonnés ont été log transformés. Les résidus de la régression linéaire de l'effort d'investigation sur la richesse en

parasites/virus ont été calculés. Leur hiérarchisation a permis d'identifier les espèces dont la richesse en parasites était supérieure à celle attendue par le modèle linéaire. Cette méthode simple a déjà été utilisée par Herbreteau et ses collaborateurs (2012) pour ordonner les espèces de rongeurs potentiellement riches en microparasites et envisager des investigations plus poussées sur ces espèces.

3) Analyses comparatives par la méthode des contrastes indépendants

Les espèces phylogénétiquement proches ont tendance à partager des caractères communs et ne sont pas des observations indépendantes. La phylogénie peut donc être une variable confondante puisque des espèces sœurs possèdent une certaine inertie évolutive de leurs traits de vie hérités d'un ancêtre commun (Harvey et Pagel, 1991). L'effet des convergences écologiques, non hérité d'un ancêtre commun, sur la diversité parasitaire peut-être étudié à l'aide de la méthode des contrastes indépendants. Cette méthode retire les effets potentiels de l'inertie phylogénétique (Harvey et Pagel, 1991) et limite les relations statistiques erronées entre variables dues à des pseudo-répliquations d'origine phylogénétique (augmentation des erreurs de type I et II).

Un arbre phylogénétique complètement résolu incluant 81 espèces de chiroptères d'ASE a été réalisé à l'aide des données phylogénétiques publiées. Les analyses ont ensuite été effectuées avec un nombre restreint d'espèces pour lesquelles l'ensemble des variables testées était renseigné (annexe 2). Ainsi, 20 espèces ont été étudiées pour les virus, 16 pour les endoparasites et 27 pour les ectoparasites. Les autres taxons n'étaient pas analysés par manque de données.

Les contrastes ont été calculés pour la richesse en espèces parasitaires (ectoparasites, virus, endoparasites indépendamment les uns des autres), l'effort de recherche, la masse des espèces de chiroptères, l'aire de distribution, la taille des colonies, le nombre de saisons de reproduction, l'indice de fragmentation et le comportement social au site de repos. Les contrastes ont été calculés entre espèces sœurs au niveau de chaque nœud de l'arbre phylogénétique (Felsenstein, 1985). Les valeurs obtenues représentaient donc des changements évolutifs indépendants entre eux et plus susceptibles de résulter d'une convergence évolutive que d'un héritage commun. Les contrastes ont été intégrés à une ANOVA et les interceptes forcés à l'origine (Garland *et al.*, 1992). Le critère d'AIC a permis de sélectionner les meilleurs modèles explicatifs de la richesse parasitaire des chiroptères.

3. Entretien d'experts

Du 7/07 au 8/07 2012, un atelier scientifique a été organisé à Hat Yai, Thaïlande, par le groupement « South East Asian Bat Conservation Research Unit ». Cette rencontre avait pour objectif de réunir les chiroptérologues d'ASE pour décider des orientations nécessaires en recherche sur l'écologie des chauves-souris. Quatre ateliers étaient menés concernant : les « flying fox » (genre *Pteropus*), les chauves-souris cavemicoles, les chauves-souris forestières et

la taxonomie. A l'occasion de cette rencontre, des entretiens semi-dirigés d'une durée d'environ 10 minutes ont été réalisés. Ces entretiens avec les chercheurs abordaient la problématique des émergences de parasites de chiroptères à travers des questions ouvertes (facteurs en cause, parasites à risque d'émergence, etc.). En fin d'entretien, un « Scoring » a été complété par les participants. Cette méthode visait à sélectionner rationnellement les facteurs explicatifs de la richesse en parasites des chiroptères en les classant par ordre d'importance. Ainsi, les critères utilisés pour l'analyse comparative ont été testés avec d'autres. De nouveaux déterminants pouvaient être proposés par les experts. Les facteurs utilisés étaient les suivants : longue migration, aire de distribution étendue, comportement grégaire, site de repos cavernicole, grande taille de colonie, masse corporelle élevée, fragmentation de l'habitat, nombre élevé de saisons de reproduction, contact élevé avec les humains et commerce illégal de ces animaux. La moyenne des scores affectés par les chercheurs a été calculée pour évaluer la pertinence des facteurs utilisés dans les analyses comparatives et d'identifier d'autres hypothèses à tester (voir annexe 3).

Les entretiens ont été une première approche concernant le savoir des experts et sa construction. La faible disponibilité des participants n'a permis d'assurer que cinq entretiens au sein du groupe de discussion sur les « flying fox ». Les chercheurs questionnés travaillent sur des thématiques variées : génétique, écologie, maladies infectieuses, dynamique des populations et conservation.

Résultats

1. Perceptions et relations entre villageois et chiroptères, Lap Sik, République démocratique populaire Lao

a. La consommation de chauves-souris

A Lap Sik la consommation de viande de brousse est opportuniste, les habitants mangent ce qu'ils capturent à proximité du village, voire dans la réserve naturelle protégée. La viande d'animaux sauvages est préférée à celle d'élevage car gratuite et considérée plus saine. La chauve-souris, toute espèces confondues, est un plat de choix surtout les frugivores plus charnues.

1) La chasse

Les méthodes de capture

Différentes méthodes de capture sont utilisées dans le village. Elles varient selon l'âge des chasseurs (lance-pierres pour les jeunes, filets pour les plus âgés). Généralement les habitants coopèrent pour capturer les chiroptères cavernicoles et placent un filet en sortie de grotte tout en effrayant les animaux de l'intérieur.

Dynamique saisonnière de la chasse

Certains chassent davantage en saison des pluies car les colonies de chauves-souris s'agglomèrent dans les grottes alors que d'autres considèrent qu'il est plus efficace de les capturer en saison froide lors de la sortie de grotte (octobre).

Tableau 2 : Les trois saisons climatiques au Laos, Robichon (2005)

| | Jan | Fev | Mar | Avr | Mai | Jui | Juil | Aou | Sep | Oct | Nov | Dec |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Saison froide | | | | | | | | | | | | |
| Saison chaude | | | | | | | | | | | | |
| Saison des pluies | | | | | | | | | | | | |

Fréquence de capture des chiroptères et observations de terrain

Les chasseurs capturent des chiroptères deux à trois fois par an. L'efficacité de capture est de deux ou trois animaux par chasseur par nuit, ce nombre est confirmé par les ménagères. Cependant, le nombre de chasseurs participant habituellement aux captures n'est pas connu.

Une grotte à 3 heures de marche du village a été visité, une colonie de chiroptères était présente au fond de la cave. Les chasseurs (trois au total) ont placé deux filets : l'un de petite taille en forme d'entonnoir à une sortie étroite de la grotte, l'autre entre deux bambous tenus par un chasseur placé à l'entrée principale (système de ciseau). Des chauves-souris sortaient dès 19h mais n'ont pas été capturées. Une heure plus tard, le grand filet était replié et les hommes ont fait glisser les bambous (environ six mètres de long) à l'intérieur de la cave. Le filet a été placé sur les armatures de bois et un chasseur s'est rendu au fond de la grotte pour rabattre la colonie. En quelques minutes une dizaine de chiroptères (*Hipposideros larvatus* et *H. armiger*) ont été capturés. Les chasseurs extirpaient les captures du filet sans précaution, en contact direct avec le sang des animaux et se sont fait mordre à plusieurs reprises. Les chauves-souris agrippées aux parois étaient tuées à l'aide d'un bâton par le rabatteur lors de son retour. Après la capture, les chasseurs en ont enfermé une dizaine dans un sac, certaines sont mortes pendant le trajet retour, les autres par torsion des cervicales au village.

2) En cuisine

Répartition des tâches selon le genre

Seuls les hommes (adultes et adolescents) chassent et tuent les chauves-souris. Les femmes travaillent dans les champs et cuisinent quotidiennement. Les hommes peuvent parfois les remplacer pour cette tâche. Lors des fêtes de village à dimension réduite, hommes et femmes participent à la préparation du repas mais pour les grandes festivités, seules les femmes cuisinent les animaux. Plus la cérémonie est importante, plus l'animal sacrifié est gros.

Préparation culinaire

Les plats à base de chiroptères sont toujours cuits au feu de bois. Il n'est pas envisageable de les manger sans une cuisson préalable en raison de leur odeur désagréable. Les intestins des chiroptères frugivores sont toujours consommés, les insectivores peuvent être éviscérées ou non.

Autres usages

La collecte de guano n'est pas pratiquée à Lap Sik car les grottes sont éloignées du village et les habitants utilisent le fumier des animaux domestiques pour fertiliser les cultures. Aucune préparation de médecine locale incluant cet animal n'a été évoquée.

Le commerce

Aucun villageois commercialisant des chauves-souris n'a été identifié mais certains vendent des muridés dans le village. Des chiroptères morts font occasionnellement l'objet de ventes ambulantes à Lap Sik. Les commerçants du village, travaillant à Luang Prabang, évoquent aussi des ventes de ces mammifères à la ville. Leur provenance n'est pas connue car de nombreux intermédiaires sont impliqués dans cette commercialisation.

b. Perceptions concernant les chauves-souris

1) Tendances populationnelles et raisons évoquées

Un déclin des populations de chiroptères

Tous les habitants perçoivent un fort déclin des populations de chauves-souris. Il ne reste pratiquement que des petits chiroptères, les frugivores ayant disparu au cours des dix dernières années. Il y a de moins en moins d'individus dans les grottes. A l'unanimité, la chasse est la raison évoquée à cette tendance (la leur et celle des villages voisins).

Les solutions envisagées par les habitants

Pour limiter le prélèvement de chiroptères à proximité du village aucune solution n'a été évoquée par les habitants mais la notion de pérennisation des ressources naturelles est admise par tous.

2) Les représentations concernant l'animal

Des services écosystémiques

Les chasseurs ont une image positive des chauves-souris qui ne causent pas de dégâts aux cultures, sont comestibles et se tiennent éloignées du village. Certains évoquent le service rendu par ces animaux en consommant des insectes nuisibles. Elles ne sont pas considérées comme des concurrents de l'humain car elles ne mangent pas les mêmes insectes. Seule une femme déplore les morsures habituelles occasionnées aux chasseurs lors des captures. Son père a été mordu au doigt il y a quelques mois et la blessure a été très invalidante pendant plusieurs jours.

Aucune histoire ou chanson traditionnelle faisant référence aux chiroptères n'a été mentionnée.

Connaissances des maladies zoonotiques

Généralement, les personnes interrogées n'ont pas connaissance de maladies transmises par les animaux et plus particulièrement les chiroptères. Une femme évoque un potentiel cas mortel de rage transmis par un chien à un habitant de Lap Sik. Deux hommes désignent les rats comme

source de contamination, l'un n'a pas connaissance des modes de transmission et le second a vu des parasites dans l'intestin et le foie des rats (vers plats ou ronds, ténias). D'ailleurs, il ne consomme pas de rongeurs par crainte des maladies. En revanche, la consommation de chauves-souris lui paraît sans risque car il n'a jamais vu de parasites dans leur intestin. Les chiroptères ne sont donc pas perçus par les habitants comme une source de contamination.

2. Analyse des facteurs de richesse en parasites

La base de données finale inclus 292 espèces de chauves-souris d'ASE, soit 10 familles (Craseonycteridae, Emballonuridae, Hipposideridae, Megadermatidae, Molossidae, Nycteridae, Pteropodidae, Rhinolophidae, Rhinopomatidae, Vespertilionidae). De plus, 637 espèces de parasites ont été documentées, appartenant à 6 taxons (tableau 3).

Tableau 3 : Résumé des données recueillies sur les parasites de chiroptères d'ASE

| Bases de données* | Nombre d'isolats | Richesse spécifique | Publications (1959 à 2012) |
|----------------------------|------------------|---------------------|----------------------------|
| 1. Virus | 157 | 54 | 414 |
| 2. Ectoparasites | 343 | 101 | 345 |
| 3. Endoparasites | 95 | 65 | 140 |
| 4. Bactéries | 10 | 10 | 11 |
| 5. Protistes | 23 | 10 | 45 |
| 6. Champignons | 9 | 6 | 9 |
| Total espèces de parasites | 637 | 246 | 964 |

*voir annexe 1 pour les espèces de chiroptères et leurs traits de vie

a. Analyses univariées sur les données brutes

Le nombre d'espèces parasitaires isolées est significativement corrélé à l'effort d'investigation ($p < 0,0001$, $R^2 = 0,54$). Une relation positive entre l'effort d'investigation et l'isolement d'espèces parasitaires est constatée (figure 1).

Le nombre d'espèces parasitaires isolées est significativement corrélé à l'effort de recherche sur les parasites ($p < 0,0001$, $R^2 = 0,86$). Une relation positive entre l'effort de recherche et la richesse parasitaire est donc observée (figure 2).

Le nombre d'espèces parasitaires isolées n'est pas corrélé à la masse des hôtes ($p = 0,06$, $R^2 = 0,03$).

La diversité parasitaire est significativement liée à la taille de l'aire de distribution des espèces ($p < 0,0001$, $R^2 = 0,24$). Une relation positive entre la diversité parasitaire et l'aire de distribution des espèces est identifiée (figure 3).

L'isolement d'espèces virales est fortement corrélé à l'effort d'investigation pour les virus ($p < 0,0001$, $R^2 = 0,46$). Une relation positive entre l'effort d'investigation et les espèces virales

isolées est observée (figure 4). Cette tendance est similaire avec les genres viraux ($p=0,0003$) et les familles virales ($p=0,001$).

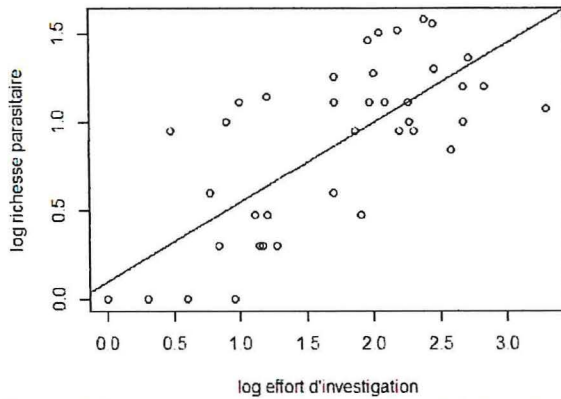


Figure 1 : Relation positive entre richesse parasitaire et effort d'investigation

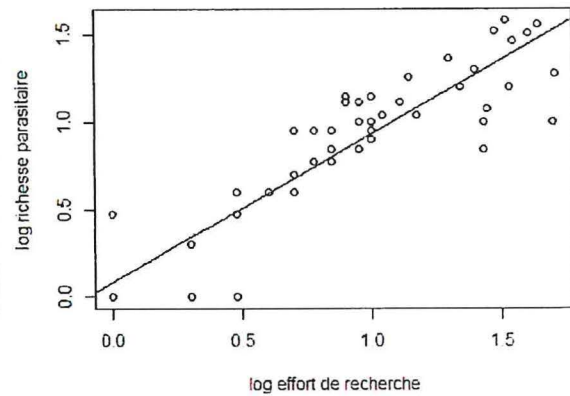


Figure 3 : Relation positive entre effort de recherche et d'investigation

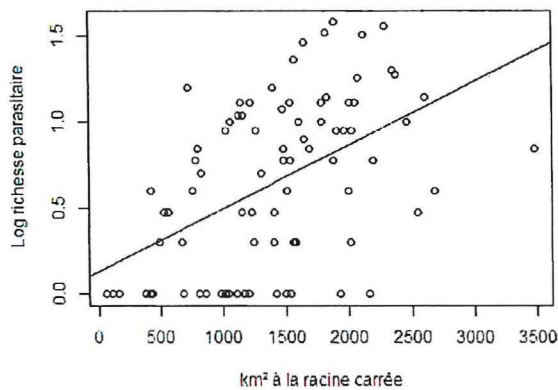


Figure 2 : Relation positive entre richesse parasitaire et aire de distribution

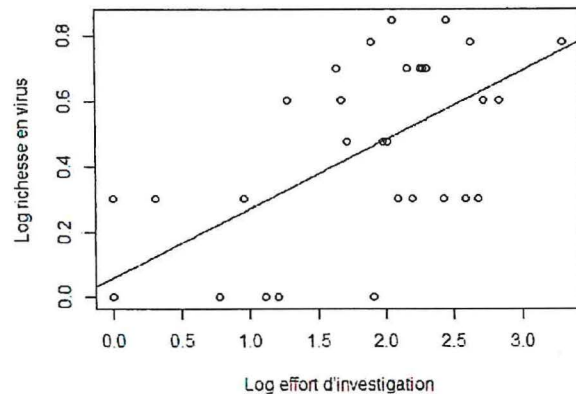


Figure 4 : Relation positive entre effort d'investigation et virus

b. Etude des résidus de la diversité en espèces parasites en fonction de l'effort d'investigation.

Le modèle linéaire reliant la richesse parasitaire à l'effort d'investigation expliquait 54 % de la dispersion des valeurs ($p<0,0001$). Les résidus de cette régression ont été ordonnés dans la figure 5. Certaines espèces abritent davantage de diversité parasitaire que ce qui était attendu par le modèle linéaire comme *Macroglossus minimus* (valeur résiduelle positive) alors que d'autres en possèdent moins comme *Rhinolophus acuminatus* (valeur résiduelle négative).

Augmentation de la capacité à être réservoir de virus

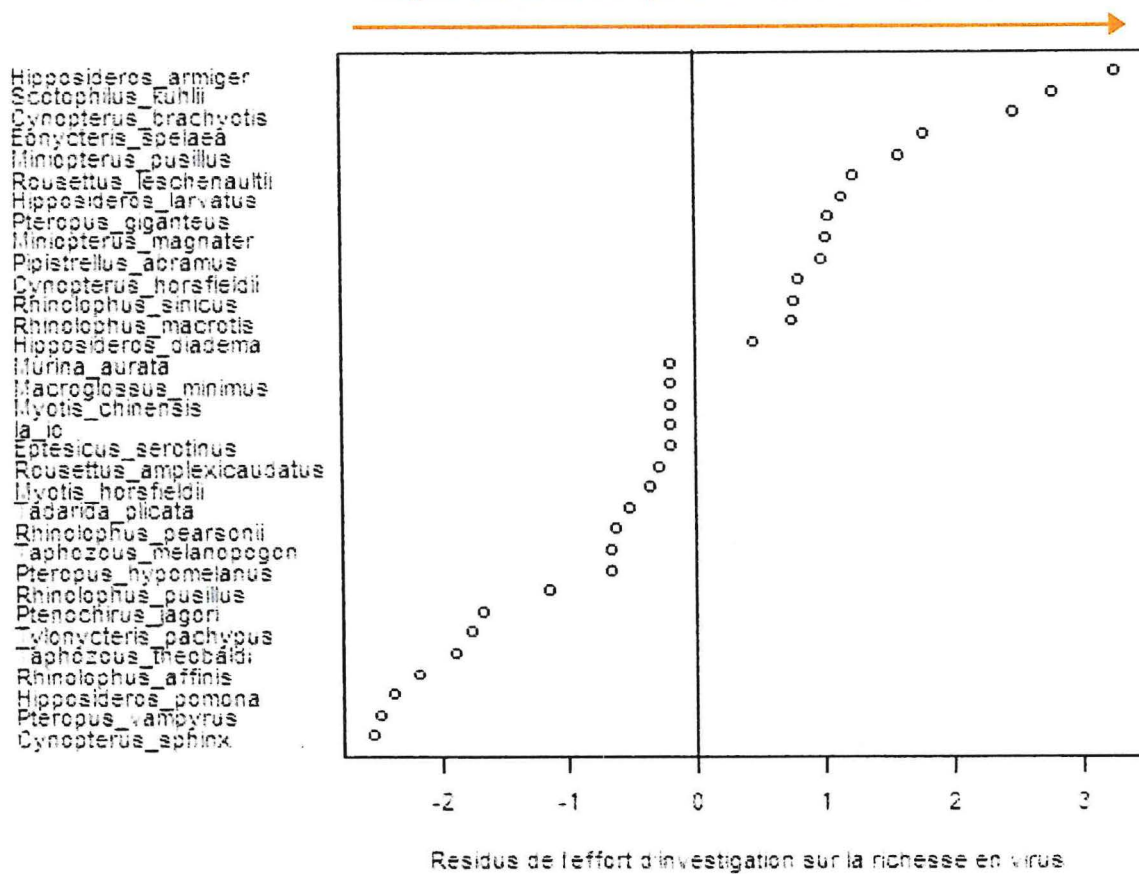


Figure 6: Distribution des valeurs résiduelles de la richesse virale obtenues à partir de la relation linéaire entre richesse en virus et effort d'investigation

c. Analyses comparatives par la méthode des contrastes indépendants

Le meilleur modèle concernant la richesse virale retenait les facteurs suivants : fragmentation de l'aire de distribution, taille de colonie et effet de recherche. Ces variables expliquaient significativement 87 % de la variance sur la diversité en virus ($p < 0,001$). L'effort de recherche était positivement associé à cette diversité alors que la fragmentation de l'aire de distribution et la taille des colonies étaient négativement liées à cette variable (tableau 4).

Le meilleur modèle expliquait 75 % de la variance sur la diversité en ectoparasites ($p < 0,001$). L'aire de distribution des espèces, sa fragmentation et l'effort de recherche étaient positivement corrélés à cette diversité.

Le modèle sur les endoparasites expliquait 41 % de la variance en retenant les facteurs effort de recherche et aire de distribution des espèces. Ces deux facteurs étaient positivement corrélés à la diversité en endoparasites mais l'aire de distribution ne l'expliquait pas significativement au sein du modèle ($p = 0,06$).

Tableau 4 : Résumé des meilleurs modèles sélectionnés par le critère AIC à partir de la méthode des contrastes indépendants

| Variables dépendantes | Variables indépendantes | Pente (écart-type) | P | R ² , F-total (P) |
|----------------------------------|---|--------------------|---------|---|
| Richesse en virus | Fragmentation | -24,0 (6.8) | < 0.003 | R ² = 0.87 F _{3, 16} = 41,77 (<0.001) |
| | Taille des colonies | -1,1 (0.2) | < 0,001 | |
| | Effort de recherche | 3,6 (0.3) | < 0,001 | |
| Richesse en ectoparasites | Aire de distribution | 1,1e-06 (3,3e-07) | < 0,001 | R ² = 0.75 F _{3, 23} = 30,2 (<0.001) |
| | Fragmentation de l'aire de distribution | 3,1 (1,5) | < 0,01 | |
| | Effort de recherche | 1,4 (1,9e-0,1) | < 0,001 | |
| Richesse en endoparasites | Effort de recherche | 5,9 (0,7) | < 0,001 | R ² = 0.84 F _{2, 13} = 41,4 (<0,001) |
| | Fragmentation | -0,0001 (0,0004) | 0,06 | |

3. Entretien d'experts

Les entretiens de chiroptérologues ont mis en évidence des connaissances hétérogènes entre individus. Certaines personnes suivaient l'actualité sur les maladies associées aux chauves-souris alors que d'autres n'avaient pas d'informations depuis plusieurs années. Des opinions d'experts sur la problématique des maladies émergentes convergeaient sur les idées de sumédiatisation de ces maladies, de mauvaise affectation des moyens financiers en recherche et du travail de vulgarisation que devrait jouer le chercheur (tableau 5).

Les facteurs d'émergences évoqués étaient la chasse, la croissance démographique, le commerce international et la déforestation. De plus, les bactéries, champignons parasites et virus de chiroptères leur semblaient impliquer plus de risques de transmission à l'humain. Le comportement colonial de ces animaux était évoqué comme étant un facteur clé dans leur rôle de réservoir de parasites. En termes de diversité parasitaire, toutes les espèces de chauves-souris étaient perçues comme identiques.

Tableau 5 : Résumé des entretiens de chiroptérologues à l'atelier scientifique de Hat Yai

| Les maladies émergentes | Facteurs d'émergence | Chiroptères les plus diversifiés en parasites | Facteurs expliquant rôle de réservoir | Pathogènes à risque d'émergence | Connaissances sur les maladies |
|---|--|---|---|--|--|
| <p>-Réel problème de santé publique (4/5) (Nipah, SRAS, Ebola et Rage).</p> <p>-Non pertinent car peu de cas humains. (1/5)</p> <p>-Mauvaise affectation des moyens financiers en recherche (ex : travaux sur la rage des chiroptères, cinq morts en 30 ans). (4/5)</p> <p>-Impact économique du Nipah stimule les travaux sur ce virus.</p> <p>-Sur-médiatisation des maladies liées aux chiroptères créant des incompréhensions et des peurs du grand public (5/5).</p> <p>-Les experts doivent vulgariser l'information transmise au public (4/5).</p> | <p>-Chasse, croissance démographique, commerce international et déforestation augmentent les interactions avec les humains et accroissent les transmissions inter-espèces (4/5).</p> <p>-Le stress environnemental subit par les chiroptères pourrait accroître l'expression virale et les morsures par <i>Desmodus rotundus</i>. (1/5).</p> | <p>-Toutes les espèces de chiroptères abritent une forte diversité en pathogènes (3/5).</p> <p>-Les <i>Pteropus</i> et divers frugivores sont d'excellents réservoirs (1/5).</p> <p>-Les chiroptères des tropiques sont plus riches en pathogènes et moins étudiés (1/5).</p> | <p>-Aucune hypothèse (2/5)</p> <p>-Le comportement colonial facilite la transmission des parasites entre les individus (3/5).</p> | <p>-Bactéries à risque pour l'être humain (surtout pour les chiroptérologues) et champignons pathogènes problématiques en conservation (ex : White Nose syndrome) (1/5).</p> <p>-Pas d'hypothèse (2/5)</p> <p>-Les virus sont plus à risque dans le futur pour l'humain (recombinaisons et accroissement de la pathogénicité virale due aux changements globaux). (1/5)</p> <p>-Tous les parasites car augmentation du stress subit par les animaux. (1/5)</p> | <p>-Pas d'informations depuis plusieurs années (2/5) (congrès ou d'implication dans un projet sur les zoonoses)</p> <p>-Actualisation des connaissances avec des publications scientifiques (semaines ou mois auparavant). (3/5)</p> |

Les principaux facteurs explicatifs de la richesse en parasites ont été ordonnés par les chiroptérologues (tableau 6). Le critère considéré prioritaire pour expliquer cette richesse chez les chiroptères était le contact entre l'humain et cet animal. D'autres déterminants étaient importants pour les personnes interrogées tels qu'une aire de distribution étendue et un comportement grégaire des chauves-souris.

Pour compléter le document et enrichir les analyses comparatives, aucun autre facteur explicatif n'a été proposé par les chercheurs.

Tableau 6 : Résumé du « Scoring » des participants interrogés lors de l’atelier d’Hat Yai

| Variables explicatifs | Richesse parasitaire chiroptères (variable à expliquer) | |
|--|---|------------------------|
| | Ordre | Ensemble des résultats |
| Longue Migration | 4 | 3 ; 4 ; 6 ; 5 ; 5 |
| Aire de distribution étendue | 2 | 6 ; 5 ; 5 ; 2 ; 2 |
| Comportement grégaire | 3 | 2 ; 7 ; 3 ; 7 ; 3 |
| Site de repos cavernicole | 6 | 4 ; 9 ; 2 ; 9 ; 6 |
| Grande taille de colonie | 6 | 7 ; 6 ; 8 ; 8 ; 1 |
| Masse corporelle élevée | 6 | 5 ; 8 ; 10 ; 3 ; 4 |
| Fragmentation de l’habitat | 5 | 9 ; 1 ; 7 ; 4 ; 8 |
| Nombre de saisons de reproduction | 8 | 8 ; 10 ; 9 ; 10 ; 7 |
| Proximité de l’humain (contacts fréquents) | 1 | 1 ; 2 ; 1 ; 1 ; 10 |
| Commerce illégal de ces animaux | 7 | 10 ; 3 ; 4 ; 6 ; 9 |

Discussion

1. Perceptions et relations entre villageois et chiroptères Lap Sik, République démocratique populaire Lao

a. La consommation de chauves-souris

Certains auteurs affirment que la consommation de faune sauvage pour la subsistance est fréquente en zone rurale (De Beer *et al.*, 1994 ; Duckworth *et al.*, 1994 ; Foppes et Kethpanh, 1997 ; Johnson *et al.*, 2003a). A Lap Sik, les habitants dépendent de la forêt (plantes et animaux) et la diminution des populations d’animaux sauvages autour du village les incite à chasser dans l’aire protégée la plus proche. La législation interdit la collecte d’animaux sauvages mais les villageois assurent que les forces de l’ordre ont les mêmes pratiques. Des agents de police et militaires chassent effectivement dans certaines réserves protégées (Nooren et Claridge, 2001 ; Boonratana, 1998).

La préférence des laotiens pour la viande d’animaux sauvages a déjà été rapportée (IUCN, 1997 ; De Beer *et al.* 1994). A Lap Sik, celle de chauves-souris est un met de choix, comme l’avait noté Davidson (1999). Cette viande est considérée non « souillée » par la proximité avec l’humain ou le contact avec le sol (mammifère volant). A notre connaissance, cette perception n’a jamais été notée auparavant mais pourrait être liée au bagage culturel des habitants du village (90 % de *Khmous*). Pour certains auteurs, seules quelques espèces de chauves-souris sont consommées : *Pteropus vampyrus*, *Scotophilus kuhlii*, *Tadarida plicata*, *Hipposideros armiger* et *H. lylei* (Francis

et al., 1996 ; Guillén et Francis, 1998 ; Francis et Salivong, 1998). D'autres auteurs pensent qu'elles le sont toutes (Francis *et al.*, 1999), ce qui est effectivement le cas à Lap Sik. Cependant, ces préférences pourraient varier d'un groupe ethnique à l'autre à l'échelle du Laos. De plus, les travaux cités remontent aux années 90 et nous pouvons imaginer que le déclin des populations de faune sauvage a pu modifier la consommation de chiroptères, passant des gros animaux à de plus petits (Krahn, 2003 ; Krahn et Johnson, 2007).

1) La chasse

Les méthodes de capture

L'utilisation des techniques de chasse varie selon le statut social et/ou la richesse des chasseurs (Robinson et Webber, 1998). En effet, nous avons observé l'utilisation de méthodes différentes entre les jeunes hommes (lance-pierres, bâton) et les chasseurs plus âgés (filets). Les habitants, peu importe leur âge, coopèrent et partagent les animaux chassés. Il semblerait que les *Khmous* collaborent plus que les autres ethnies lors de la chasse (Srikosamatara, *et al.*, 1992).

Les interdictions de chasse au Laos ont conduit à des campagnes de confiscation d'armes à feu à travers le pays. Pour cette raison, des réticences à parler ouvertement de la chasse et de la vente d'animaux sauvages ont été observées par Hansen et Jeppesen (2004). Cela n'a pas été le cas à Lap Sik, il se pourrait que l'approche qualitative utilisée ait permis de saisir davantage de perceptions locales que le questionnaire fermé utilisé par Hansen et Jeppesen (2004). Cette enquête a été conduite conjointement à une étude impliquant des captures de rongeurs, ceci a potentiellement détourné l'attention des habitants interrogés, permettant de récolter plus de données et d'augmenter leur fiabilité.

Dynamique saisonnière de la chasse

Une dynamique saisonnière variable de la chasse a été observée. Les informations hétérogènes obtenues pourraient être liées à différents référentiels de calendrier entre personnes en lien avec leurs activités principales (Morand, S. communication personnelle, août 2012, Montpellier) ou à la capture d'espèces de chauves-souris à l'écologie variée. Dans le même sens, l'information provenant de la littérature est confondante. Johnson et ses collaborateurs (2003b) parlent d'une forte pression de chasse durant les mois de pénuries alimentaires (octobre-novembre) avant la récolte du riz pluvial alors que Robinson et Webber (1998) affirment que les chiroptères sont capturés en saison des pluies lorsqu'ils sont nombreux et actifs. La diversité de l'information obtenue pourrait-être en faveur de collectes tout au long de l'année dépendantes de critères tels que l'implication des populations dans les activités agricoles et les périodes de pénurie alimentaire (Vongbounthane, 1998a). Pour améliorer la collecte de données, nous pourrions créer un référentiel utilisant la saisonnalité des plantes et des fruits comestibles car les *Khmous* ont une excellente connaissance de la forêt et sont capables de prédire les espèces animales qu'ils vont collecter en fonction des cycles naturels (Simana et Preisig, 1997).

Fréquence de capture des chiroptères et observations de terrain

Tous les chasseurs interrogés tuent deux à trois chiroptères par période de capture, ce qui est un chiffre très éloigné de la quarantaine d'animaux collectée par des enfants au cours d'une nuit à Savannakhet (Francis *et al.*, 1997). Cependant, nous n'avons pas déterminé l'effectif de chasseurs partageant habituellement la collecte. L'observation d'une chasse nocturne avec trois hommes ne nous semble pas suffisante pour répondre à cette interrogation. D'autant que les comportements des chasseurs ont pu être modifiés par notre présence ou par l'étude sur les rongeurs impliquant la participation commune de chercheurs et de chasseurs à la capture de ces animaux.

Cependant, nous avons observé des morsures lors des manipulations de chauves-souris dans le filet mais des questions sur la fréquence ou les techniques de capture qui les favorisent n'ont pas pu être posées. Aucun interprète n'était présent lors de cette soirée. Pour recueillir ces informations, une période d'immersion parmi les villageois serait nécessaire afin de mettre en place des liens de confiance avec la population. Ce travail permettrait d'identifier les pratiques courantes des habitants et améliorerait les connaissances sur cette ethnie largement sous-documentée, comme le déplore Lachapelle (2007). Pourtant il s'agit de l'un des groupes les plus représentés au Laos avec plus d'un demi-million d'individus (Goudineau, 2003).

2) En cuisine

Répartition des tâches par genre

Dans les communautés *Khmou*, seuls les hommes chassent et tuent les animaux, les femmes n'ont pas le droit de toucher aux armes à feu (Simana et Preisig, 1997). C'est ce qui a été constaté à Lap Sik où les femmes ne tuent pas les animaux mais s'occupent de la cuisine au quotidien, au même titre que les hommes des travaux des champs. Au Laos, les femmes ont traditionnellement soutenu l'économie locale par un travail manuel (champs et forêts) et domestique (Ireson, 1996). Cependant, selon Ireson (1996) les changements politiques et économiques ont modifié la position de pouvoir des femmes dans les milieux ruraux. Quelle est désormais leur place dans le commerce des chiroptères ?

Préparation culinaire

Au Laos, toutes sortes de préparations sont rencontrées : dépouillées, éviscérées, écrasées, broyées, fumées, séchées, grillées, bouillies, fermentées, pourries et crues (Bourgeois Lüthi *et al.*, 2012). Au village, les chauves-souris sont toujours cuites au feu de bois, les intestins sont consommés chez les chiroptères frugivores et parfois chez les insectivores. Douangboupha et ses collaborateurs (2009) rapportent que dans la province de Khammouane, les animaux, souvent non éviscérés, saisis au feu de bois sont très appréciés. Cette consommation comporte des risques en santé publique tout comme les manipulations des animaux. Cependant, les pratiques fréquentes de consommation de sang et de viande crue ou insuffisamment cuite (notamment les organes internes) représentent le risque majeur de transmission de parasites aux humains (Bourgeois Lüthi

et al., 2012). Au village de Lap Sik, nous n'avons pas assisté à la préparation de chauves-souris et ne pouvons donc pas évaluer les risques liés aux préparations culinaires (niveau de cuisson, manipulation des animaux morts, etc.).

Autres usages

Il n'est jamais ressorti de croyance particulière sur les chauves-souris mais Nash (1997) et Salter (1993) mentionnent que les squelettes de chauves-souris peuvent-être utilisés dans des préparations médicinales traditionnelles.

Les fèces de chauves-souris servent de fertilisant et de matière première pour les munitions des armes à feu locales au Laos (Bourgeois Lüthi *et al.*, 2012). L'utilisation du guano comme fertilisant est une pratique répandue à travers le monde (Hadas et Rosenberg, 1992 ; Kingston *et al.*, 2006), elle est confinée aux milieux ruraux au Laos (Davidson, 1999). Une industrialisation de la collecte de guano dans les caves se déroule dans la province de Khammouane (Bourgeois Lüthi *et al.*, 2012). Cette exploitation vise à produire un fertilisant biologique en Thaïlande ([http://www.alibaba.com/product-free/106198143/100 Bat Guano.html](http://www.alibaba.com/product-free/106198143/100%+Bat+Guano.html)), ce qui pourrait généraliser cette activité au sein du pays. Il faut noter que les populations de chiroptères sont très sensibles aux perturbations de leur écosystème, les caves, qui dépend du guano comme source de nutriments (Mildenstein et de Jong, 2011).

Le commerce

La vente de faune sauvage est illégale au Laos (Johnson *et al.*, 2003b), selon le décret n°1074 (Vongkhamheng, 2002) et le règlement n°0524/2001 (WWF, 2008). Néanmoins, le commerce de petits volumes semble toléré (Singh *et al.*, 2006). Les commerçants de Lap Sik, évoquent l'implication d'intermédiaires entre la capture et la vente des chiroptères, ce que confirme Duckworth (1997). A titre indicatif, une chauve-souris frugivore est vendue entre 12 500 et 50 000 LAK/tête (1,56-6,23 USD) à Vientiane (Bourgeois Lüthi *et al.*, 2012). Il est difficile de discriminer clairement entre la chasse pour l'autoconsommation et celle pour le commerce (Vongkhamheng, 2002) car les animaux sauvages sont souvent vendus ou troqués au sein même du village (Schlemmer, 2001), pratique avérée à Lap Sik pour les rongeurs. Dans la capitale, 88 % des marchés investigués dans une journée distribuaient des animaux sauvages (Onsima, 2009). Dans notre étude, l'aspect commercial concernant les chiroptères n'a délibérément pas été approfondi mais il semble constituer une part non négligeable des interactions avec l'humain. Il serait donc pertinent d'apprécier l'ampleur de la filière et les intermédiaires en jeu pour évaluer les risques sanitaires liés à l'activité et les réseaux sociaux susceptibles de constituer des populations cibles du risque zoonotique. Ce type d'enquête nécessiterait une étude à l'échelle du pays à la fois pour identifier les sources d'approvisionnement en chiroptères, les consommateurs et déterminer les zones de collecte qui sont aussi des zones à risque potentiel en terme de santé publique.

b. Perceptions concernant les chauves-souris

1) Tendances populationnelles et raisons évoquées

Un déclin des populations de chiroptères

Toutes les personnes interrogées perçoivent un fort déclin des populations de chauves-souris qu'elles attribuent à la chasse. A ce titre, différents auteurs considèrent cette activité comme la principale menace pour les populations de chauves-souris (Duckworth *et al.*, 1999 ; Mickleburgh, Waylen et Racey, 2009 ; IUCN, 2010). Il est évident que la chasse est un facteur régulant les populations de chiroptères cavernicoles (Duckworth *et al.*, 1999) mais le déclin imputable à cette activité est difficile à estimer d'autant que nous n'avons pas connaissance de suivis effectués sur ces animaux au Laos. D'autres études mettent également en évidence un manque de références historiques permettant de comparer les tailles de population (McConkey et Drake, 2006; Harrison, 2011). Pour faciliter ces estimations l'utilisation d'un indice d'accumulation de guano permettrait de suivre la taille des populations dans une grotte (Tuttle, 1979 ; 2003). Cette méthode n'a jamais été appliquée en Asie mais pourrait être utilisée même pour les « flying-fox » (Stier et Mildenstein, 2005). L'absence de collecte de guano au village de Lap Sik permettrait une détermination, non biaisée, de la dynamique des populations cavernicoles au fil des années. De plus, peut-on considérer que les chauves-souris forestières sont uniquement menacées par la chasse ? Ne serait-ce pas plutôt la combinaison de cette activité avec la destruction de l'habitat qui conduit à leur déclin ?

Les solutions envisagées par les habitants

L'idée de pérenniser la ressource (chauves-souris) est ressortie à plusieurs reprises, « chasser peu d'animaux sauvages pour en prendre plus longtemps ». Néanmoins, les villageois assurent que rien ne peut limiter le prélèvement de ces animaux prisés pour la consommation et la vente. Dans une enquête réalisée par Johnson et ses collaborateurs (2003), le constat était différent puisque la majorité des ménages suggérait que seul un contrôle strict de la chasse pouvait résoudre ce problème. Bien que cette enquête ait été effectuée dans 24 villages, nous ne pensons pas que cette proposition soit représentative car ces résultats sont issus d'un questionnaire à choix multiples. Bien que notre travail d'entretien n'ai été réduit qu'à un seul village, la forme ouverte de l'entretien a conduit les habitants à donner leurs propres réflexions, ce qui peut améliorer la qualité des données recueillies. Pour éclairer notre propos, Hedemark, (2003) a montré que 58 % de la chasse pour la subsistance et 62 % pour le commerce est réalisée par les résidents des zones naturelles protégées de la province de Luang Namtha. Cette étude souligne donc l'incohérence des propos recueillis par Johnson et ses collaborateurs (2003). Pourquoi les habitants voudraient-ils supprimer la chasse s'ils en tirent des revenus ou une source de nourriture ? Ne serait-il pas plus intéressant de questionner les habitants sur les alternatives à la chasse ?

2) Les représentations concernant l'animal

Des services écosystémiques

Tous les chasseurs interrogés ont une image positive des chauves-souris comme l'avait mentionné Duckworth *et al.*, 1999. Cela n'est pas le cas en Malaisie où des habitants assurent que ces animaux sont des nuisibles des cultures (Richards, R. communication personnelle, juillet 2012, Bangkok).

Certains habitants perçoivent que les chiroptères rendent service aux humains en mangeant les insectes nuisibles (moustiques et ravageurs des cultures). Il est vrai que les chauves-souris assurent des services à l'humain et aux écosystèmes tels que la régulation des populations de nuisibles nocturnes en agriculture (Whitaker, 1993), le maintien des forêts et communautés de plantes par la pollinisation, la dispersion des graines (Rainey *et al.*, 1995) et la richesse de leurs fèces en éléments minéraux (Kunz et Pierson, 2003). De plus, des plantes d'intérêt économique en ASE dépendent presque exclusivement d'elles, c'est le cas du durian (fruit) et du petai (*Parkia speciosa*), un légume d'accompagnement (Kunz et Jones, 2000 ; Kunz et Pierson, 2003).

Seule une femme montre un avis mitigé sur ces animaux qui peuvent aussi occasionner des blessures aux chasseurs. En Thaïlande, Robertson et ses collaborateurs (2011) montrent que les chasseurs et les collecteurs de guano sont les catégories les plus à risque de morsures et griffures, les cas avérés représentent respectivement 35 % et 39 %.

Aucune histoire ou chanson traditionnelle n'évoquent les chauves-souris dans le village de Lap Sik comme l'avait observé par Robinson (1998) à Ban Phon Visai. Selon lui, les habitants ne tuent pas ces mammifères volants car ils ont peur de la pénombre et des grottes.

Connaissances des maladies zoonotiques

De manière générale, les habitants interrogés ne perçoivent pas les animaux et plus particulièrement les chauves-souris comme un facteur de risque pour la santé humaine. Robertson et ses collaborateurs (2011) avaient constaté que seulement 10 % des participants d'une enquête identifiaient les chiroptères comme source potentielle de virus rabique. Dans le même sens, en Indonésie, peu d'individus étaient conscients du risque zoonotique alors qu'ils exerçaient des activités en lien avec ces animaux (Harrison *et al.*, 2011).

A Lap Sik, une femme a évoqué un cas possible de rage des rues mais force est de constater que peu d'informations sont disponibles sur cette infection dans le pays et à plus forte raison sur les chiroptères. Dans ces conditions, les habitants ne peuvent avoir connaissance des risques liés aux différentes maladies associées à chiroptères.

Bourgeois Lüthi et ses collaborateurs (2012) mettent en évidence des activités à risque en santé publique dont la collecte des animaux à mains nues qui accroît le risque de morsures (uniquement

les hommes). La manipulation d'animaux morts exposerait les humains à leurs fluides corporels et une contamination croisée avec d'autres aliments (légumes, poissons) peut avoir lieu pendant le transport ou la vente (Bourgeois Lüthi *et al.*, 2012). Il serait donc intéressant de déterminer les conditions sanitaires au sein de la filière ainsi que les modes de préparation des chiroptères et leur cuisson (notamment les organes internes).

Par ailleurs, nous avons évoqué le développement actuel de collecte de guano au Laos. C'est une pratique potentiellement à risque pour la transmission de parasites à l'humain, notamment par inhalation de particules car l'histoplasmose et la pénicilliose, maladies causées par des champignons pathogènes *Histoplasma capsulatum* et *Penicillium marnettei* respectivement, sont présentes en ASE (Mootsikapun *et al.*, 2006). La collecte de guano pourrait donc représenter une menace pour les travailleurs.

Pour clore, nous souhaitons discuter des propositions de Harrison et ses collaborateurs (2011) qui envisagent de limiter la consommation de *Pteropus* en Indonésie par une sensibilisation des populations locales au risque infectieux. Nous croyons effectivement que cet effort est nécessaire en termes de santé publique mais qu'elle n'est pas viable en conservation de la faune sauvage. En effet, les interprétations découlant de cette enquête pourraient correspondre davantage à la perception de la problématique par les auteurs qu'à la réalité épidémiologique et sociale de la zone étudiée.

Notre étude au Laos a mis en évidence une consommation de subsistance des animaux sauvages et des chiroptères chez les habitants. Or Harrison et ses collaborateurs (2011) n'ont étudié que l'aspect commercial des liens entre humains et chauves-souris et ne considèrent pas les éléments de culture et les liens des habitants avec les ressources naturelles. Ne serait-il pas pertinent de déterminer s'il y a une chasse pour la subsistance à Bornéo ? Par ailleurs, si la vente de *Pteropus* diminuait du fait de la connaissance du risque zoonotique, qu'advierait-il de la consommation ? Les animaux dont le prix serait dévalué ne seraient-ils pas encore consommés ou chassés par les habitants les plus pauvres ? En d'autres termes, les foyers ruraux à faibles revenus auront-ils le choix de leur consommation ? Nous ne pouvons que nous interroger sur ces campagnes de sensibilisation dans un objectif de conservation. Ne pourrions-nous pas envisager des mesures conjointes permettant de pallier à la demande en protéines animales ?

Nous avons la conviction qu'une phase d'approche anthropologique a un véritable intérêt dans les programmes de recherche en santé unique, notamment les périodes d'immersion est d'observation utilisées dans cette discipline (Desanti et Cardon, 2007). L'humain faisant parti de l'écosystème au même titre que les autres animaux, il convient de connaître les liens entre habitants, faune domestique et sauvage. Cette étape garantit, selon nous, la qualité des questionnaires et des données recueillies à *posteriori* dans le cadre d'une évaluation quantitative.

2. Analyse des facteurs de richesse en parasites

a. Analyses univariées sur les données brutes

Les données sur les parasites de chiroptères d'ASE ne sont pas exhaustives à ce jour, quel que soit le niveau d'organisation considéré (individuel, populationnel, spécifique). Nous disposons, au mieux, de données relatives à l'inventaire d'un taxon parasitaire pour une population ou espèce hôte à un moment donné. La connaissance de la richesse parasitaire est une tâche ardue et inachevée qui relève davantage d'estimations que de certitudes (Dobson *et al.*, 2008). En dépit de ces limites, un nombre important d'espèces de parasites susceptibles d'infecter les chiroptères d'ASE en conditions naturelles ont été identifiées.

Il avait déjà été établi que l'effort d'échantillonnage (effectif d'hôtes examinés) est positivement corrélé à la richesse parasitaire (Walther *et al.*, 1995 ; Poulin, 1995 ; Guégan et Kennedy, 1996 ; Nunn *et al.*, 2003). La parasitofaune globale et virale étudiée chez les chiroptères d'ASE ne déroge pas à ces observations. L'effort de recherche explique mieux la variance de la richesse parasitaire que l'effort d'investigation. D'ailleurs, Nunn *et al.*, 2004 l'utilisent dans leurs analyses. Ce facteur nous semble être un bon moyen d'appréhender l'effort de recherche sur les parasites d'autant que les informations sur l'effort d'investigation étaient fréquemment déficientes dans les publications. Si certains auteurs rapportent une corrélation positive entre la taille des hôtes et la richesse spécifique globale (Ezenwa *et al.*, 2006 ; Lindenfors *et al.*, 2007), ce n'était pas le cas dans notre étude. Nous pensons que cela pourrait être lié à la variété des parasites étudiés (endoparasites, ectoparasites, protistes, virus, champignons, bactéries) qui possèdent des cycles parasitaires différents. A titre d'exemple, si l'habitat principal du parasite est l'environnement et non le corps de l'animal, il est cohérent que la masse de l'hôte n'explique pas la richesse parasitaire (Krasnov *et al.*, 2004 ; Korallo *et al.*, 2007).

La diversité parasitaire globale est significativement corrélée à la taille de l'aire de distribution des espèces, ce qui a déjà été observé par d'autres auteurs (Feliu *et al.*, 1997 ; Krasnov *et al.*, 2004 ; Torres *et al.*, 2006 ; Lindenfors *et al.*, 2007).

b. Etude des résidus de la diversité en espèces parasitaires en fonction de l'effort d'investigation.

L'étude des résidus parasitaires obtenus à partir de la régression linéaire sur l'effort d'investigation a permis d'identifier des espèces avec des résidus positifs élevés (*Macroglossus minimus*, *Penthetor lucasi*, *Rousettus leschenaultii*, etc.). Plus de la moitié des espèces identifiées abritent des virus émergents (*Nipah virus* et *Australian bat lyssavirus*) ou potentiellement émergents (*Phnom Penh bat virus*, *Kaeng Khoi virus* et *Coronaviridae*) et seules cinq espèces (*Macroglossus minimus*, *Penthetor lucasi*, *Rousettus leschenaultii*, *Hipposideros bicolor* et *Myotis horsfieldii*) ne

sont pas associées à cette problématique. Cela pourrait être lié aux nombreuses études menées pour isoler des espèces virales zoonotiques chez les chauves-souris mais pas d'autres taxons parasitaires. Par exemple, le genre *Rhinolopus* est considéré comme un des réservoirs de coronavirus proches des souches impliquées dans les épidémies (Wang *et al.*, 2011), il a donc particulièrement été investigué (e.g. Lau *et al.*, 2005 ; Li *et al.*, 2005 ; Tang *et al.*, 2006). Nous constatons un manque flagrant d'études de la diversité parasitaire chez les chiroptères d'ASE, il pourrait conduire à des biais dans la représentation des différents taxons parasitaires au sein de l'analyse. Il n'en demeure pas moins, que des études de la richesse globale seraient nécessaires pour les espèces identifiées, notamment *Macroglossus minimus* et *Penthetor lucasi*.

L'ordination des résidus de la régression linéaire de l'effort d'investigation sur la richesse virale met en évidence des espèces potentiellement riches en virus (*Hipposideros armiger*, *Scotophilus kuhlii*, *Cynopterus brachyotis*, etc.) qu'il serait intéressant d'étudier pour cette diversité. La moitié des espèces identifiées appartenant aux familles *Hipposideridae*, *Vespertilionidae* et *Pteropus* abritent le virus Nipah, les autres étaient surtout porteurs de *Coronaviridae*. Nous retrouvons donc le même biais dû aux orientations des recherches sur les parasites associés à des émergences chez l'humain. Par exemple, le genre *Pteropus* est considéré comme le réservoir du virus Nipah (De Jong *et al.*, 2011 ; Field et Epstein, 2011). En ASE, le virus Nipah a été recherché chez un ensemble d'espèces de chiroptères pour déterminer sa prévalence (e.g. Yob *et al.*, 2001 ; Johara *et al.*, 2001 ; Reynes *et al.*, 2005 ; Sendow *et al.*, 2006). *Hipposideros armiger* est l'espèce dont les résidus en virus sont les plus élevés, elle nécessiterait une investigation plus poussée concernant sa diversité en virus. C'était l'une des deux espèces capturées en mai 2012 au village de Lap Sik, avec *H. larvatus*. Bien que les liens entre diversité parasitaire et émergences n'aient pas été démontrés, les contacts étroits entre chasseurs et chiroptères pourraient présenter un risque de transfert de parasites aux humains.

Ainsi, les deux analyses de résidus ont permis de constater que le genre *Pteropus* représentait environ 1/3 des résidus positifs (parasites globaux et virus confondus). Les espèces identifiées nécessiteraient d'être étudiées pour leur richesse parasitaire mais la plupart du temps elles sont investiguées pour des espèces virales spécifiques. Certains *Pteropus* présentent des résidus positifs pour les deux analyses comme *Eonycteris speleae* et *P. giganteus*, *Cynopterus brachyotis*, *Rousettus leschenaultii*, ce qui semble indiquer une richesse parasitaire globale élevée (virus et autres taxons). D'autres comme *Rousettus amplexicaudatus*, *Macroglossus minimus*, *Penthetor lucasi* nécessiteraient des investigations en tant que réservoir de macroparasites, bactéries et champignons parasites. Pour terminer, *Cynopterus horsfieldii* devrait être étudiée pour sa richesse virale. Malgré les problèmes d'exhaustivité des données évoqués, ces analyses pourraient mettre en lumière une diversité parasitaire élevée chez les chiroptères du genre *Pteropus* en plus de

fortes prévalences pour certains parasites comme le virus Nipah pour *P. vampyrus* et *P. hypomelanus* (e.g. Sendow *et al.*, 2006 ; Johara *et al.*, 2001 ; Shirai *et al.*, 2007).

Herbreteau et ses collaborateurs (2012) ont utilisés les résidus parasitaires d'une régression multiple de la diversité parasitaire sur le nombre de parasites testés par échantillon et l'effort d'investigation pour leur analyse. Dans notre étude, les régressions linéaires ont été effectuées entre la richesse parasitaire et l'effort d'investigation. Ainsi, le nombre de parasites testés par échantillon n'a pas été utilisé puisque la plupart des études n'investiguaient qu'une espèce de parasite chez les chiroptères d'ASE ou que la donnée n'était pas mentionnée. Conséquemment, la variance résiduelle non expliquée par le modèle linéaire pourrait-être modifiée quelque peu et par conséquent l'ordination des résidus de la diversité parasitaire.

Pour de travaux futurs, nous proposons d'utiliser les variables effort de recherche et effort d'investigation pour cette régression multiple. Il faut savoir que l'effort de recherche a l'avantage d'être plus simple à documenter que le nombre de parasites testés par échantillon.

c. Analyses comparatives par la méthode des contrastes indépendants

La méthode des contrastes indépendants a permis de déterminer le meilleur modèle explicatif de la richesse en endoparasites, selon le critère AIC. Les facteurs retenus sont l'effort de recherche et l'aire de distribution des espèces. L'effort de recherche (nombre de publication concernant un taxon parasitaire) explique très significativement la richesse en endoparasites et Nunn et Alitzer (2004) l'utilisent comme effort d'échantillonnage dans leurs analyses. Néanmoins, l'aire de distribution n'explique pas significativement la richesse en endoparasites dans le modèle. Seules 16 espèces de chiroptères sont entièrement documentées pour les facteurs retenus, un manque de puissance statistique pourrait expliquer l'absence de significativité de ce facteur. De plus, des espèces documentées pour leur diversité en parasites n'ont pas été inclus dans notre analyse comparative par manque de données génétiques. C'est le cas de *Pteropus lylei* pourtant bien documentée en écologie et épidémiologie (Olson *et al.*, 2002 ; Wacharapluesadee *et al.*, 2005 ; 2009) et de *Pteropus vampyrus*, réservoir avéré du Nipah (De Jong *et al.*, 2011), qui est en cours de séquençage (Olival *et al.*, 2012).

Le meilleur modèle (AIC minimal) pour la richesse en ectoparasites montre qu'elle est significativement corrélée à l'effort de recherche, l'aire de distribution des espèces et la fragmentation de cette aire. Les relations sont positives avec ces trois facteurs, le premier ne sera pas détaillé puisqu'il a déjà été évoqué dans l'analyse précédente.

Contrairement aux résultats d'une analyse comparative sur des chiroptères d'Amérique du Sud (Bordes *et al.*, 2008), l'aire de distribution explique significativement la richesse en ectoparasite. Notre résultat est en accord avec ceux obtenus sur les mammifères terrestres (Krasnov *et al.*,

2004 ; Lindenfors *et al.*, 2007). Une espèce répartie largement pourrait rencontrer plus d'espèces de parasites et les accumuler (Lindfors *et al.*, 2007). Bordes et ses collaborateurs (2008) n'ont pas trouvé la même relation avec les diptères de la famille des Streblidae. Cela pourrait être lié à l'écologie particulière de ces parasites qui effectuent une part de leur cycle de développement au site de repos des chiroptères (Hofstede et Fenton, 2005). Le site de repos utilisé par l'animal (cave ou feuillage) est positivement corrélé à la richesse en espèces de Streblidae dans l'étude de Bordes et ses collaborateurs (2008). Il serait donc intéressant de tester ce déterminant dans nos modèles en classant les ectoparasites des chiroptères d'ASE selon leurs groupes et familles.

Par ailleurs, la richesse en ectoparasites est corrélée à la fragmentation de l'aire de distribution des espèces. Cette variable reflète la part du périmètre sur l'aire de distribution des espèces (Rappoport, 1982). Elle n'est donc pas un indice de fragmentation de l'habitat direct des chiroptères mais un indice reflétant l'effet de bordure de leur distribution. Ce déterminant peut-être vu comme un élément de l'histoire évolutive des espèces. Une espèce ayant tendance à s'étendre devrait présenter un indice de fragmentation inférieur à une espèce dont l'aire de distribution tend à se réduire, avec une bordure d'aire de répartition dentelée (Hampe et Petit, 2005). Nous devrions nous attendre à ce que les espèces à large distribution subissant une réduction de leur répartition sous l'action anthropique soit d'autant plus soient riches en ectoparasites, cela pourrait être le cas pour *Macroglossus minimus* et *Myotis horsfieldii*, espèces mises en évidence par l'analyse des résidus. A ce titre, plusieurs études ont isolées des bactéries (*Rickettsia*, *Borrelia*, *Bartenolla*) chez *Cariacus kelleyi*, un ectoparasite de chauves-souris, (Loftis *et al.*, 2005) et des repas sanguins humains ont été détectés chez ces mêmes arthropodes (Gill *et al.*, 2004). Ce qui tend à prouver que le risque zoonotique lié aux chiroptères n'est pas seulement associé aux parasites à transmission directe.

Le meilleur modèle pour la richesse en virus a retenu les variables fragmentation de l'aire de distribution des espèces, taille des colonies et effort de recherche. La fragmentation de l'aire de distribution augmente significativement la richesse virale. Pour Maganga et ses collaborateurs (2012, soumis), l'accumulation de virus pourrait être reliée à une expansion historique de l'aire de distribution de l'espèce puis une contraction de cette aire augmentant dans le même temps l'effet de bordure. Turmelle et Olival (2009) montrent que le statut d'espèce en danger de l'IUCN expliquent significativement la richesse virale des chiroptères dans leur modèle. Il est évident qu'une espèce présentant un déclin de son aire, avec son corolaire de diminution des effectifs et des populations pourrait être potentiellement plus à risque d'extinction qu'une espèce en expansion. Il est possible que la fragmentation de l'aire de distribution et le statut IUCN des espèces soient des covariables, leurs liens devraient-être testés. Cela apporterait un sens logique au fait que la réduction de la taille des colonies potentiellement en lien avec l'augmentation de la fragmentation de leur aire de distribution et le statut à risque d'extinction selon l'IUCN pourrait

conduire à l'augmentation de la richesse virale. Plowright et ses collaborations (2008) ont démontré qu'une baisse de la disponibilité alimentaire augmente l'excrétion virale du virus Hendra chez *Pteropus scapulatus*. Cela suggère que les stress environnementaux, tels qu'une baisse de la disponibilité en nourriture liée à la perte d'habitat, les changements climatiques, voire la fragmentation, selon nos hypothèses, pourraient accroître l'infection par le virus Hendra. Quel est l'effet du stress environnemental que subissent les chauves-souris sur la richesse en parasites ?

L'analyse comparative de Turmelle et Olival (2009) n'a pas établi de liens entre la taille des colonies et la richesse virale. Notre modèle sur la richesse virale des chiroptères d'ASE a mis en évidence que de colonies de petite taille étaient associées à une richesse virale élevée. Or nous avons postulé que ce facteur avait un effet positif sur la richesse virale car l'épidémiologie classique explique la richesse parasitaire par la densité des hôtes (Anderson et May, 1979). La taille des colonies n'est pas forcément un bon indicateur du comportement social des espèces. Chez les rongeurs, Bordes et ses collaborateurs (2007) ont démontré une relation négative entre la richesse en ectoparasites et le niveau de sociabilité. L'hypothèse émise est que les hôtes développent des défenses comportementales pour contrôler les parasites dans les groupes bien établis (Bordes *et al.*, 2007). Il serait intéressant d'incorporer des données sur la socialité des espèces dans nos analyses, les chiroptères coloniaux ayant pu développer certaines défenses contre les infections virales. D'ailleurs Nunn (2012) montre une baisse de la transmission d'endoparasites avec la subdivision des grandes colonies en groupes chez les primates. De plus, les animaux coloniaux ou à durée de vie longue pourraient avoir développé des réponses immunitaires limitant les infestations parasitaires (Lochmiller et Derenberg, 2000). A ce titre, nombre de virus identifiés au cours des dernières décennies sont apparemment moins dangereux pour les chauves-souris que pour les autres mammifères (Olival *et al.*, 2012). Certains chiroptères d'ASE peuvent entrer en torpeur quotidiennement pour réduire leurs dépenses énergétiques (Bartels *et al.*, 1998) et les allouer à la défense contre les parasites (Capellini *et al.*, 2008). Cette spécificité pourrait leur conférer un avantage immunologique contre les virus. En conditions expérimentales, l'infection de *Pteropus* par le virus SARS n'engendre aucun signe clinique comme cela est observé pour la plupart des autres mammifères infestés (Crameri et Wang, non publié cité dans Olival *et al.*, 2012). De plus, Turmelle et ses collaborateurs (2010) ont constaté une réduction de la mortalité de *Eptesicus fuscus* après plusieurs infections par le virus rabique. Ces auteurs suggèrent la mise en place d'une mémoire immunitaire des adultes leur permettant de survivre en présence de virus enzootiques.

La diminution du nombre d'individus au sein des colonies d'ASE perçue par les villageois de Lap Sik et certains auteurs (Hall *et al.*, 2002 ; Hillman, 2006) pourrait augmenter la richesse virale. Les chiroptères sont extrêmement sensibles aux perturbations du site de repos, spécialement lors de l'hibernation (Tuttle, 1979 ; 2003) ou de la présence des juvéniles (Mann, Steidl et Dalton, 2002).

Ainsi, les activités touristiques ou la collecte de guano pourraient conduire à la diminution de la taille des colonies avec l'abandon progressif du site (Kunz *et al.*, 2009). Dans le même temps, ces pratiques accroissent incontestablement les contacts entre humains et chauves-souris potentiellement diversifiés en virus, sans signes cliniques. En conséquence, le risque zoonotique lié à la richesse parasitaire pourrait être élevé. Il serait important déterminer la prévalence des différentes infections virales pour mieux évaluer ce risque.

Notre intérêt concernait les déterminants de la richesse parasitaire chez les chiroptères et aucune comparaison avec d'autres mammifères n'a été effectuée. Cependant, Olival et ses collaborateurs (2012) utilisent un indice de richesse virale corrigé pour l'échantillonnage pour démontrer que les chiroptères sont des réservoirs diversifiés en virus. Ils ont calculé une richesse virale moyenne de 9,54 pour les rongeurs, 1,21 pour les carnivores et pour 33,08 les chauves-souris. Un biais dans les résultats n'est pas exclu en raison de l'amélioration des techniques d'isolement des virus avec le temps. A la lumière de cette étude, il serait pertinent de comparer la richesse globale et en ectoparasites des chauves-souris et rongeurs d'ASE (base de données BiodivHealthSEA).

3. Entretien d'experts

Les entretiens semi-dirigés de chercheurs constituent la première approche d'une réflexion sur la connaissance des experts et leur objectivité dans les processus décisionnels. Il faut souligner que ce travail comporte un biais d'échantillon évident puisque seules cinq personnes ont été interrogées. Ces entretiens ont permis d'ouvrir notre réflexion à d'autres facteurs de richesse parasitaire. Des entretiens qualitatifs effectués dès le début de l'étude des déterminants de la richesse parasitaire auraient conduit à analyser d'autres hypothèses.

Bordes (2008) constate une redondance dans l'étude de certains déterminants de la richesse parasitaire. La consultation de chercheurs travaillant sur des thématiques variées a ouvert la réflexion à de nouveaux facteurs pour des analyses comparatives sur les chiroptères. Il est vrai que l'écologie particulière de ces animaux et surtout leur capacité unique de voler (Olival et Higuchi, 2006 ; Woinarski *et al.*, 2007 ; Parry-Jones, 2007 ; Epstein *et al.*, 2009) aurait du orienter nos hypothèses vers des facteurs moins « normés ». De plus, les résultats du « Scoring » complété par les chercheurs et les entretiens, ont permis de discuter l'ordre d'importance des facteurs retenus par les experts.

Ainsi, la proximité à l'humain a été jugée pertinente pour expliquer la richesse parasitaire par les individus interrogés. Ce facteur n'a, à notre connaissance, jamais été testé dans des analyses comparatives. Perrin et ses collaborateurs (2010) ont montré que le temps de domestication des animaux est corrélée au nombre de maladies infectieuses partagées le bétail et les humains, ainsi, il n'est pas réfutable que les animaux sont source de parasites pour l'humain. Cependant, l'humain

pourrait aussi transmettre des parasites aux chiroptères, d'autant que les contacts entre humains et faune sauvage ont tendance à se multiplier (Jones, 2008 ; Blasdell *et al.*, 2009).

L'effet positif de l'aire de distribution géographique des chauves-souris sur la richesse parasitaire était considéré comme un déterminant majeur par les chercheurs. Ce facteur est effectivement retenu dans nos analyses de la richesse en ectoparasites. Quelles sont les connaissances des experts qui les ont conduits à privilégier ce facteur ? L'ensemble des personnes interrogées connaissait-il la théorie de la biogéographie insulaire de Mc Arthur et Wilson (1967) avant de répondre au « Scoring » ?

Le comportement grégaire des chiroptères a été perçu comme un facteur explicatif important de la richesse en parasites. Nous pouvons là encore nous interroger sur le niveau de connaissances en épidémiologie des personnes interrogées. Avaient-elles déjà étudié l'épidémiologie théorique de Anderson et May (1978) ? Quelles connaissances les ont menés à cette hypothèse ?

L'impact de la migration sur la richesse parasitaire n'a pas été testé mais il est clair que la capacité de voler pourrait avoir des conséquences sur la dispersion des parasites comme chez les oiseaux (Reed *et al.*, 2003 ; Pérez-Tris et Bensch, 2005). Des auteurs ont constaté que des populations "panmictiques" (structure génétique homogène de la population caractérisant des échanges génétiques fréquents) partagent les mêmes virus dans leurs aires de distribution respectives, comme le virus European bat lyssavirus-2 et *Myotis daubentonii* (Atterby *et al.*, 2010) ou le Nipah avec *Pteropus* spp. en Asie du Sud-est (Olival, 2008 ; Rahman *et al.*, 2010). Ainsi, la capacité de migration ne serait pas nécessairement un facteur explicatif de la richesse parasitaire. En revanche on observe une sédentarisation croissante des *Pteropus* dans des milieux urbains en Australie (Markus et Hall, 2004 ; Birt, 2004 ; Roberts, 2005 ; McDonald-Madden, 2005). La modification de ces flux migratoires pourrait donc impacter la diversité parasitaire et la prévalence des parasites abrités par ces animaux. Il a déjà été constaté que les parasites peuvent souffrir de l'isolement de leurs hôtes (Kruess et Tschamtko, 2000).

Le critère de fragmentation, qui n'a jamais été testé auparavant, avait une priorité importante pour les experts consultés. Il est effectivement positivement corrélé à la richesse en ectoparasites et virus dans nos analyses. La structure de l'habitat pourrait donc être un facteur clé de la richesse parasitaire. Quels sont les effets de l'intensification agricole et de l'urbanisation sur cette richesse ? Quels sont leurs effets, et ceux de la fragmentation, sur les niveaux de parasitisme ?

Tout comme nous l'avions postulé dans nos analyses, une taille élevée de colonie est un critère considéré important par les experts. Cependant, ce déterminant est négativement corrélé à la richesse en virus alors que le comportement colonial des chauves-souris est évoqué comme un facteur explicatif de leur rôle de réservoir (Dobson, 2005 ; Calisher *et al.* 2006). Il semblerait donc

que le savoir des experts, tout comme le nôtre, puisse conduire à des interprétations erronées en l'absence d'études comparatives ou des méta-analyses (qui sont elles aussi évolutives et liées à l'état actuel des travaux). Nous devons questionner l'objectivité et la construction du savoir des experts. Quelle est la place des opinions d'experts dans les processus décisionnels, notamment avec la méthode de « Priorisation » qui vise à sélectionner rationnellement des objectifs ou idées en les classant par ordre d'importance. Humblet et ses collaborateurs (2012) ont utilisé cette méthode pour donner les priorités en matière de gestion du risque sanitaire en Europe, ainsi, la surveillance virus Nipah est considérée prioritaire parmi 100 maladies zoonotiques. Nous pouvons nous questionner sur l'objectivité du résultat car la méthode de « Priorisation » repose sur des questionnaires fermés pouvant être entachés par une certaine subjectivité des auteurs. Par conséquent, tout comme pour l'enquête effectuée au Laos, nous proposons d'utiliser des entretiens ouverts d'experts comme piste de réflexion avant la conception de ce type de document ou la mise en place d'une étude. Cela est d'autant plus valable que notre étude aurait été plus aboutie si nous avions conduit les entretiens d'experts auparavant.

Conclusion

Au travers de trois études distinctes, nous avons pu mettre en évidence l'importance des approches qualitatives exploratoires dans la mise en place d'études. Les entretiens menés à Lap Sik ont démontrés l'utilité d'une intégration des pratiques locales relatives aux chiroptères dans un cadre plus général et en l'incluant notamment les filières commerciales au Laos. Cette démarche permettra d'appréhender l'importance relative de la consommation de chauves-souris et les moyens de répondre aux enjeux de conservation et de santé publique. Par la suite, des espèces de chiroptères ont été identifiées comme potentiels réservoirs de richesse virale et parasitaire au sens large. En effet, plusieurs espèces dont *Hipposideros armiger* et *Macroglossus minimus* nécessiteraient davantage d'investigations. L'analyse comparative des déterminants de la diversité parasitaire a mis en évidence les relations positives entre des facteurs classiquement testés dans ce type d'analyse mais aussi des facteurs « hors normes » comme la fragmentation de l'aire de distribution des espèces. En effet, la richesse en virus des chiroptères d'ASE est négativement corrélée à la taille des colonies et la fragmentation, contrairement à nos prédictions et à celles des experts lors des entretiens. Nous pouvons donc nous interroger sur le fondement de la construction du savoir des experts dont l'opinion est parfois intégrée aux processus décisionnels. Pour clore, ces travaux nous ont conduits à apprécier l'utilité des entretiens ouverts dans la conception et le développement de la réflexion scientifique qui est, en soi, un processus constant de construction-questionnement de nos savoirs (Aktouf, 1987).

Bibliographie principale

- Anderson, R. M., et May, M.M. 1978. Regulation and stability of host-parasite population interactions. *Journal of Animal Ecology*, **47** : 219-247.
- Anderson, R. M., et May, M.M. 1979. Population biology of infectious diseases. *Nature*, **280** : 316-367.
- Atterby, H. , Aegerter, J.N., Smith, G.C., Conyers, C.M., Allnutt, T.R., Ruedi, M. et Macnicoll, A.D. 2010. Population genetic structure of the Daubenton's bat (*Myotis daubentonii*) in western Europe and the associated occurrence of rabies. *European Journal of Wildlife Research*, **56** : 67-81.
- Bartels, W., Law, B.S., Geiser, F. 1998. Daily torpor and energetics in a tropical mammal, the northern blossom-bat *Macroglossus minimus* (Megachiroptera). *Journal of Comparative Physiology B*, **168** : 233-239.
- Badenoch, N. 1998. Watershed Resources Management in Lao PDR. Thèse doctorale, University of London, Londre, Grande Bretagne.
- Birt, P. 2004. Mutualistic interactions between the nectarfeeding little red flying fox *Pteropus scapulatus* (Chiroptera: Pteropodidae) and flowering eucalypts (Myrtaceae): habitat utilisation and pollination. Thèse doctorale, University of Queensland, Brisbane, Australie, 398 pages.
- Blasdell K., Herbreteau, V., Henttonen, H., Phonekeo, D., Hugot, J.-P., Buchy P. 2009. Rodent-Borne Zoonotic Viruses in Southeast Asia, *Kasetsart Journal Natural Science*, **43** : 94-105.
- Boonratana, R. 1998. *Field Management of Nam Phoui and Phou Xang He National Biodiversity Conservation Areas*. IUCN, 142 pages.
- Bordes, F., Blumstein, D.T., Morand, S. 2007. Rodent sociality and parasite diversity. *Biology Letters*, **3** : 692-694.
- Bordes, F., Morand, S. et Guerrero, R. 2008. Bat fly species richness in Neotropical bats: correlations with host ecology and host brain. *Oecologia*, **158** : 109-116.
- Bordes, F., Guégan, J.-F. et Morand, S. 2011. Microparasite species richness in rodents is higher at lower latitudes and is associated with reduced litter size. *Oikos*, **120** : 1889-1896.
- Bordes, F. et Morand, S. 2011. The impact of multiple infections on wild animal hosts: a review. *Infection Ecology and Epidemiology*, **1** : 7346.
- Bourgeois Lüthi, N., Viravongsa, D. et Xaymounvong, K. 2012. Desk Review on Exposure of Humans to Wildlife and the Risk of Spread of Zoonotic Diseases with Pandemic Potential in Lao PDR. Global Avian Influenza and Zoonotic Behavior Change and Communication Support Activity PREVENT Project. Vientiane, Lao PDR.
- Bourhy H. 2007. La rage chez les Chauves-Souris. Institut Pasteur, communiqué de presse du 27 juin 2007. [En ligne]. [31/08/2012] disponible sur : <http://www.pasteur.fr/actu/presse/com/communiqués/07rage.htm>
- Calisher, C.H., Childs, J.E., Field, H.E., Holmes, K.V. et Schountz, T. 2006. Bats: Important reservoir hosts of emerging viruses. *Clinical Microbiology Reviews*, **19** : 531.
- Capellini, I., Barton, R.A., McNamara, P., Preston, B.T., Nunn, C.L. 2008. Phylogenetic analysis of the ecology and evolution of mammalian sleep. *Evolution*, **62** : 1764-1776.
- Clarke, F.M., Rostant, L.V. et Racey, P.A. 2005. Life after logging: post-logging recovery of a neotropical bat community. *Journal of Applied Ecology*, **42** : 409-420.
- Clements, R., Sodhi, N.S. et Schilthuizen, M. 2006. Limestone karsts of Southeast Asia: imperiled arks of biodiversity. *Bioscience*, **56** : 733-742.

- Coker, R.J., Moore, C., Parry, C., Peng An, K., Chanphealtra., M. 2011. Health in Southeast Asia. *The Lancet*, **377** : 599-60.
- Davidson, P., 1999. *A Wildlife and Habitat Survey of Nam Et and Phou Loey National Diversity Conservation Areas, Houa Phan Province, Lao PDR. Addendum*. Wildlife Conservation Society.
- De Beer, J., Polsena, K., Bergmans, W., Phung Huu, C., Ketphanh, S. et Ottens, B.J. 1994. *Our life depends on Nature. Non-timber Forest Products in Conservation and Community Development in Lao PDR: a preparatory study*. NOVIB, 62 pages.
- Desanti, R. et Cardon et P. 2007. *L'enquête qualitative en sociologie*. ASH Editions, Reuil-Malmaison, Ile de France.
- De Jong, C., Field, H., Newman, S. et Epstein, J.H. 2011. Emerging infectious diseases. *In : Investigating the role of bats in emerging zoonoses. Balancing ecology, conservation and public health interests*. Newman, S.H, Field, H.E, De Jong, C.E. et Epstein, J.H. Editions. FAO Animal Production and Health Manual 12. Rome, Italie.
- Dobson , A.P. 2005 . What links bats to emerging infectious diseases? *Science*, **310** : 628-629.
- Dobson A.P., Cattadori I., Holt R.D., Ostfeld, R.S., Keesing, F., Krichbaum, K., Rohr, J.R, Perkins, S.E., Hudson, P.J. 2006. Sacred cows and sympathetic squirrels: the importance of biological diversity to human health. *PLOS Medicine*, **3** : 231.
- Dobson, A.P., Lafferty, K.D., Kuris, A.M., Hechinger, R.E. et Jetz, W. 2008. Homage to *Linnaeus*: How many parasites? How many hosts? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **105** : 11482-11489.
- Douangbouppha, B., Khamphoukeo, K., Herbreteau, V., Comette, T., Hugot, J.P. et Morand, S. 2009. *New pieces of information about the Kha-nyou, the recently discovered enigmatic rodent from the Lao PDR*. Lao Journal of Agriculture, **20** : 50-55
- Drake, L.J. et Bundy, D.A. 2000. Multiple helminth infection in children: impacts and control. *Parasitology*, **122** : 73-81.
- Duckworth, J.W., 1994. Field Observations of Large-spotted Civet *viverra megaspila* in Laos with Notes on the Identification of the Species. *Small Carnivores Conservation*, **11** : 1-3.
- Duckworth, J.W., 1997. *Small Carnivores in Laos: A Status Review with Notes on ecology, Behaviour and Conservation*. Small Carnivores Conservation, **16** : 1-21.
- Duckworth, J. W., Salter, R. E. et Khounboline, K. 1999. *Wildlife in Lao PDR: 1999 Status Report*. Vientiane: IUCN-The World Conservation Union/Wildlife Conservation Society/Centre for Protected Areas and Watershed Management.
- Duengkae, P. 2007. *Bats of Thailand for field identification*. Kasetsart University. Forestry Faculty.
- Epstein, J.H., Olival, K.J., Pulliam, J.R.C., Smith, C., Westrum, J., Hughes, T., Dobson, A.P., Zubaid, A., Rahman, S.A., Basir, M.M., Field, H.E. et Daszak, P. 2009. *Pteropus vampyrus*, a hunted migratory species with a multinational home-range and a need for regional management. *Journal of Applied Ecology*, **46** : 991-1002.
- Ezenwa, V.O. 2004. Host social behavior and parasitic infection: a multifactorial approach. *Behavioral Ecology*, **15** : 446-454.
- Ezenwa, V.O., Price, S.A., Altizer, S., Vitone, N.D., Cook, K.C. 2006. Host traits and parasite species richness in even and odd-toed hoofed mammals, Artiodactyla and Perissodactyla. *Oikos*, **115** : 526-536.
- Feliu, C., Renaud, F., Catzefflis, F., Hugot, J.-P., Durand, P. et Morand, S. 1997. A comparative analysis of parasite species richness of Iberian rodents. *Parasitology*, **115** : 453-466.
- Felsenstein, J. 1985. Phylogenies and the comparative method. *The American Naturalist*, **125** (1) : 1-15.

- Field, H. et Epstein, J.H. 2011. Henipavirus. *In: Investigating the role of bats in emerging zoonoses. Balancing ecology, conservation and public health interests.* Newman, S.H, Field, H.E, De Jong, C.E. et Epstein, J.H. Editions. FAO Animal Production and Health Manual 12. Rome, Italie.
- Foppes, J. et Kethpanh, S. 1997. The use of non-timber forest products in Lao PDR, 1997. Malaisie. [En ligne]. [25/08/2012] disponible sur : <http://lad.nafri.org.la/fulltext/LAD010320040107.pdf>
- Forman, S., Hungerford, N., Yamakawa, M., Yanase, T., Tsai, J., Joo, Y.-S., Yang, D.-K., Nha, J.-J. 2008. Climate change impacts and risks for animal health in Asia. *Revue Scientifique et Technique OIE*, **27** (2) : 581-597.
- Francis, C. M., Khounbolin, K. et Aspey, N. 1996. *Report on 1996 survey of bats and small mammals in the Nakai-Nam Theun NBCA and nearby areas.* Vientiane: Wildlife Conservation Society.
- Francis, C.M., Guillén, A. et Vongkhamheng, C. 1997. *Survey of Bats and Small Mammals in Dong Amphan NBCA and Nearby Areas.* Wildlife Conservation Society, 14 pages.
- Francis, C.M. et Salivong, K., 1998. *Report on a Survey of Bats in Hin Nam No NBCA.* Wildlife Conservation Society, Vientiane, 7 pages.
- Francis, C.M., Kock, D. et Habersetzer, J. 1999. Sibling Species of *Hipposideros ridleyi*. *Senckenbergiana biologica*, **79**(2) : 255-270.
- Garland T., Harvey, P.H. et Ives, A.R. 1992. Procedures for the analysis of comparative data using phylogenetically independent contrasts. *Systematic Biology*, **41**:18-32.
- Gill, J.S., Rowley, W.A., Bush, P.J., Viner, J.P. et Gilchrist, M.J.R. 2004. Detection of Human Blood in the Bat Tick *Carios (Omithodoros) kelleyi* (Acari: Argasidae) in Iowa. *Journal of Medical Entomology*, **41**(6) : 1179-1181.
- Gonzales, J.-P., Bourgarel, M. et Leroy, E. 2010. Chauves-souris : hôte, vecteur et réservoir méconnu dans l'émergence des maladies virales. Les défis sanitaires de l'Asie du Sud-est. Huitième congrès international des pathologies exotiques, 25-28 janvier 2010. Don Chan Palace, Vientiane, Lao PDR. [En ligne]. [23/08/2012] Disponible sur : <http://www.pathexo.fr/docfiles/vol.resumes.laos.final.pdf>
- Goudineau, Y. 2003. *Cultures Minoritaires du Laos : valorisation d'un patrimoine.* Paris, France, Editions UNESCO, 312 pages.
- Graham, A.L., Lamb, T.J., Read, A.F. et Allen, J.E. 2005. Malaria-Filarial coinfection in mice makes malarial disease more severe illness Filarial infection achieves patency. *Journal of Infectious Diseases*, **191** : 410-421.
- Guégan, J.-F. et Kennedy, C.R. 1996. Parasite richness/Sampling effort/Host range : The Fancy Three-piece Jigsaw Puzzle. *Parasitology Today*, **12** : 367-370.
- Guemier, V., M. E. Hochberg et J. F. O. Guégan. 2004. Ecology drives the worldwide distribution of human diseases. *PLOS Biology* **2** : 740-746.
- Guillén, A., Francis, C.M. et Salivong, 1997. *Preliminary Survey of Bats in Phou Khao Khouay National Biodiversity Conservation Area.* Wildlife Conservation Society, 11 pages.
- Guillén, A. et Francis, C. M. 1998a. *Surveys of bats in and around Nam Et NBCA, Laos.* Non publié.
- Hadas, A., Rosenberg, R. 1992. Guano as a nitrogen source for fertigation in organic farming. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **31**(2) : 209-214.
- Hall, L.S., Richards, G.C. et Abdullah, M.T. 2002. The bats of Niah National Park, Sarawak. *The Sarawak Museum Journal*, **78** : 255-282.

- Hampe, A. et Petit, R.J. 2005. Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. *Ecology Letters*, **8**(5) : 461-467.
- Hansen, K.K. et Jeppesen, T. 2004. Non-Timber Forest Products and Rural Livelihoods. A Case Study on Local Management and Marketing of Non-Timber Forest Products in Two National Protected Areas, Savannakhet Province, Lao PDR. Mémoire de Master, Danish Centre for Forest Landscape and Planning, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Danemark. 208 pages.
- Harrison, M.E., Cheyne, S.M., Dama, F., Ribowo, D.A., Limin, S.H., Struebig, M.J. 2011. Hunting of flying foxes and perception of disease risk in Indonesian Borneo. *Biological Conservation*, **144** : 2441-2449.
- Harvey P. et Pagel M. 1991. *The comparative method in evolutionary biology*. Oxford University Press, Oxford, 239 pages.
- Hedemark, M., 2003. *Biodiversity Profile for Luang Namtha Province*. A report to STEA and UNDP for the Lao PDR Biodiversity Country Report. *Wildlife Conservation Society*, 77 pages.
- Herbreteau, V., Bordes, F., Jittapalapong, S., Supputamongkol, Y., Morand, S. 2012. Rodent-borne diseases in Thailand: targeting rodent carriers and risky habitats. *Infection Ecology and Epidemiology*, 5 pages.
- Hillman, A. 2006. Monitoring of *Tadarida plicata* at Khao Chong Phran Non-hunting Area, Ratchaburi. *Journal of Wildlife in Thailand*, 31-42.
- Hofstede, H.N., Fenton, M.B. 2005. Relationships between roost preference, ectoparasites density and grooming behaviour of Neotropical bats. *Journal of Zoology*, **266** : 333-340.
- Humblet, M.-F., Vandeputte, S., Albert, A., Gosset, C., Kirschvink, N., Haubruge, E., Fecher-Bourgeois, F., Pastoret, P.-P., Saegerman, C. 2012. Multidisciplinary and Evidence-based Method for Prioritizing Diseases of Food-producing Animals and Zoonoses. *Emerging Infectious Diseases*. [En ligne]. [29/08/2012] Disponible sur : http://wwwnc.cdc.gov/eid/article/18/4/11-1151_article.htm
- IUCN, 1997. *Environmental and Social Action Plan for Nakai-Nam Theun Catchment and Corridor Areas*. Volume 1: Management Strategy. IUCN, Vientiane, Lao PDR, 128 pages.
- IUCN. 2010. IUCN Red List of Threatened Species, version 2010.3. [En ligne]. [24/08/2012] Disponible sur : www.iucnredlist.org/initiatives/mammals.
- Ireson, C.J. 1996. *Field, Forest, and Family. Women's Work and Power in Rural Laos*. Colorado, Westview Press.
- Johara, M.Y., Field, H., Rashdi, A.M., Morrissy, C., Van der Heide, B., Rota, P., Bin Adzhar, A., White, J., Daniels, P., Jamaluddin, A. et Ksiazek, T. 2001. Nipah virus infection in bats (order Chiroptera) in peninsular Malaysia. *Emerging Infectious Diseases*, **7**(3) : 439-441.
- Jolles, A.E., Ezenwa, V., Etienne, R.S., Turner, W.C., Olf, H. 2008. Interactions between macroparasites and microparasites drive infection patterns in free-ranging African buffalo. *Ecology*, **89** : 2239-2250.
- Jones, K. E., Patel, N. G., Levy, M. a, Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J. L. et Daszak, P. 2008. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature*, **451**(7181) : 990-993.
- Jones, G., Jacobs, D.S., Hunz, T.H., Willig, M.R., Racey, P. 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered Species Research*, **8** : 93-115.
- Johnson, A., S. Singh, M. Dongdala et O.Vongsa. 2003a. *Wildlife hunting and use in the Nam Ha National Protected Area: Implications for rural livelihoods and biodiversity conservation*. Wildlife Conservation Society, Vientiane.
- Johnson, A., Singh, S. et Duongdala, M. 2003b. *Wildlife Hunting and Use in Luang Namtha Province: Implications for Rural Livelihoods and Biodiversity Conservation in the Uplands of the Lao PDR in Shifting Cultivation and Poverty Eradication in the Uplands P*, 195-208.

- Kingston, T., Juliana, S., Rakhmad, S.K., Fletcher, C.D., Benton-Browne, A., Struebig, M., Wood, A., Murray, S.W., Kunz, T.H. et Zubaid, A. 2006. The Malaysian Bat Conservation Research Unit: Research, capacity building and education in an Old World hotspot. *Proceedings of the National Seminar on Protected Areas*. Kuala Lumpur, Malaysia Department of Wildlife and National Parks.
- Korallo, N.P., Vinarski, M.V., Krasnov, B.R., Shenbrot, G.I., Mouillot, D. et Poulin, R. 2007. Are there general rules governing parasite diversity ? Small mammalian hosts and gamasid mite assemblages. *Diversity and Distribution*, **13** :353-360.
- Kunz, T.H., Jones, D., 2000. Pteropus vampyrus. *Mammalian Species*, **642** : 1-6.
- Kunz, T.H. et Pierson, M.B. 2003. *Bat Ecology*. The University of Chicago Press, Chicago, Etats-Unis, 798 pages.
- Kunz, T.H., Betke, M., Hristov, N.I. et Vonhof, M.J. 2009. Methods for assessing colony size, population size, and relative abundance of bats. In : T.H. Kunz and S. Parsons, eds. *Ecological and behavioral methods for the study of bats* : 133-157. Baltimore, Maryland, Etats-Unis.
- Krahn, J. 2003. Cooking Up - Dietary Change in Lao Upland Kitchens. *Juth Pakai*, **1** : 4-14.
- Krahn, J. and A. Johnson, 2007. *Upland Food Security and Wildlife Management*. Juth Pakai. UNDP. [En ligne]. [29/08/2012] Disponible sur : <http://www.undplao.org/newsroom/factsheets/juthpakai/JP9%20English%20online.pdf>
- Krasnov, B.R., Shenbrot, G.I., Khokholva, I.S. et Degen, A.A. 2004. Flea species richness and parameters of host body, host geography, and host "milieu". *Journal of Animal Ecology*, **73** : 1121-1128.
- Kruess, A., Tschamtko, T. 2000 Species richness and parasitism in a fragmented landscape experiments and field studies with insects on *Vicia sepium*. *Oecologia*, **122** : 129-137.
- Lachapelle, M. 2007. Tourisme et changement social. Le cas de *Khmou* de Ban Nalan. Mémoire de Master, Université de Montréal, Montréal, Québec, 165 pages.
- Lau, S.K., Woo, P.C., Li, K.S., Huang, Y., Tsoi, H.W., Wong, B.H., Wong, S.S., Leung, S.Y., Chan, K.H. et Yuen, K.Y. 2005. Severe acute respiratory syndrome coronavirus-like virus in Chinese horseshoe bats. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **102**(39): 14040-14045.
- Li, W., Shi, Z., Yu, M., Ren, W., Smith, C., Epstein, J.H., Wang, H., Crameri, G., Hu, Z., Zhang, H., Zhang, J., McEachern, J., Field, H., Daszak, P., Eaton, B.T., Zhang, S. et Wang, L.F. 2005. Bats are natural reservoirs of SARS-like coronaviruses. *Science*, **310**(5748): 676- 679.
- Lochmiller, R. L. et Deerenberg, C. 2000. Tradeoffs in evolutionary immunology: just what is the cost of immunity? *Oikos*, **88** : 87-98.
- Loftis, A.D., Gill, J.S., Schriefer, M.E., Levin, M.L., Eremeeva, M.E., Gilchrist, M.J.R. et Dasch, G.A. 2005. Detection of *Rickettsia*, *Borrelia*, and *Bartonella* in *Carios kelleyi* (Acari: Argasidae). *Journal of Medical Entomology*, **42**(3) : 473-480.
- Lello, J. et Hudson, P.J. 2005. The effects of single and concomitant infections on condition and fecundity of wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). *International Journal for Parasitology*, **35** : 1509-1515.
- Lindfors, P., Nunn, C.L., Jones, K. E., Cunningham, A.A., Sechrest, W. and Gittleman, J.L. 2007. Parasite species richness in carnivores: effects of host body mass, latitude, geographical range and population density. *Global Ecology and Biogeography*, **16**(4) : 496-509.
- Maganga, G. D., Bourgarel, M., Vallo, P., Pourmut, X., Ngoagouni, C., Nakouné, E., Leroy, E. et Morand, S. 2012. Virus richness is positively linked to fragmented distribution of African bats. Soumis à la revue.
- Mann, S.L., Steidl, R.J. et Dalton, V.M. 2002. Effects of cave tours on breeding cave myotis. *Journal of Wildlife Management*, **66**(3) : 618-624.

- Markus, N. et Hall, L. 2004 Foraging behaviour of the black flying-fox (*Pteropus alecto*) in the urban landscape of Brisbane, Queensland. *Wildlife Research*, **31** : 345-355.
- Mildenstein, T. et De Jong, C. 2011. Natural history, ecological and socio-economic value of bats. *In : Investigating the role of bats in emerging zoonoses. Balancing ecology, conservation and public health interests*. Newman, S.H, Field, H.E, De Jong, C.E. et Epstein, J.H. Editions. FAO Animal Production and Health Manual 12. Rome, Italie.
- MacArthur, R. H. et Wilson, E. O. 1967. The Theory of Island Biogeography. Princeton, N.J.: Princeton University Press, 224 pages.
- McConkey, K.R., Drake, D.R., 2006. Flying foxes cease to function as seed dispersers long before they become rare. *Ecology*, **87** : 271-276.
- McDonald-Madden, E., Schreiber, E.S.G., Forsyth, D.M., Choquenot, D. et Clancy, T.F. 2005 Factors affecting grey-headed flying-fox (*Pteropus poliocephalus*: Pteropodidae) foraging in the Melbourne metropolitan area, Australia. *Austral Ecology*, **30** : 600-608.
- Mickleburgh, S., Waylen, K. et Racey, P. 2009. Bats as bushmeat: a global review. *Oryx*, **43**(2) : 217-234.
- Mootsikapun, P., Srikulbutr, S. 2006. Histoplasmosis and penicilliosis: comparison of clinical features, laboratory findings and outcome. *International Journal of Infectious Diseases*, **10**(1) : 66-71.
- Munson, L., Terio, K. Kock, R., Mlengeya, T., Roelke, M., Dubovi, E., Summers, B., Sinclair, T., Packer, C. 2008. Climate Extremes Promote Fatal Co-Infections during Canine Distemper Epidemics in African Lions. *PLOS One*, **3**(6) : 1-6.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.B., Kent, J. 2000. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. *Nature*, **403** : 853-858.
- Nash, S.V. 1997. *Fin, Feather, Scale and Skin: Observations on the Wildlife Trade in Lao PDR and Vietnam*. Trade review. TRAFFIC Southeast Asia, 44 pages.
- Nooren, H. et Claridge, G. 2001. *Wildlife Trade in Laos: the End of the Game*. Netherlands Committee for IUCN, Amsterdam, Pays-Bas, 304 pages.
- Nunn, C.L., Altizer, S., Jones, K.E. et Sechrest, W. 2003. Comparative tests of parasites species richness in primates. *The American Naturalist*, **162** : 597-614.
- Nunn, C.L., Altizer, S., Sechrest, W., Jones, K.E., Barton, R.A. et Gittleman, J.L. 2004. Parasites and the Evolutionary Diversification of Primate Clades. *The American Naturalist*, **164** : 90-103.
- Olival, K.J. et Higuchi, H. 2006. Monitoring the long-distance movement of wildlife in Asia using satellite telemetry. *In: Conservation Biology in Asia*, McNeely, J., McCarthy, T., Smith, A., Whittaker, L., Wikramnayake, E. (editors), Kathmandu: Society for Conservation Biology Asia Section and Resources Himalaya Foundation, 319-339.
- Olival, K.J. 2008. Population genetic structure and phylogeography of Southeast Asian flying foxes: implications for conservation and disease ecology. Thèse doctorale, Colombia university, New York, Etats-Unis, 271 pages.
- Olival, K.J., Epstein, J.H., Wang, L.-F., Field, H.E., Daszak, P. 2012. Emerging Infectious Diseases and Conservation Medicine, Aguirre, L.-F. Editions. Sous presse.
- Olson, J.G., Rupprecht, C., Rollin, P.E., An, U.S., Niezgodna, M., Clemens, T., Walston, J. et Ksiazek, T.G. 2002. Antibodies to Nipah-Like Virus in Bats (*Pteropus lylei*), Cambodia. *Emerging Infectious Diseases*, **8** : 987-988.
- Onsyma, V., 2009. *The Status of Wildlife Trade at Markets and Restaurants in five Districts of Vientiane Capital*. National University Of Lao, Vientiane. Wildlife Conservation Society.

- Parry-Jones, K. 2007. A black flying-fox at the Royal Botanic Gardens, Sydney. *The Australian Bat Society Newsletter*, **27** : 42-43.
- Pedersen, A.B et Greives, T.J. 2008. The interaction of parasites and resources cause crashes in a wild mouse population. *Journal of Animal Ecology*, **77**(2) : 370-377.
- Pérez-Tris, J. et Bensch, S. 2005. Dispersal increases local transmission of avian malarial parasites. *Ecology Letters*, **8**(8) : 838-845.
- Perrin, P., Herbreteau, V., Hugot, J.-P., Morand, S. 2010. Biogeography, humans and their parasites. In : *The Biogeography of Host-Parasite Interactions*. Morand, S., Krasnov, B.R. Editions, Oxford University Press.
- Petney, T.N. et Andrews, R.H. 1998. Multiparasite communities in animals and humans: frequency, structure and pathogenic significance. *International Journal for Parasitology*, **28** : 377-393.
- Plowright, R.K., Field, H.E., Smith, C., Divljan, A., Palmer, C., Tabor, G., Daszak, P. et Foley, J.E. 2008. Reproduction and nutritional stress are risk factors for Hendra virus infection in little red flying foxes (*Pteropus scapulatus*). *Proceeding of the Royal Society B*, **275** : 861-869.
- Poulin, R. 1995. Phylogeny, ecology and the richness of parasites communities in vertebrates. *Ecological monographs*, **5** : 283-302.
- Poulin, R. et Morand, S. 2004. *The parasite biodiversity*. Smithsonian Institution Book. Washington D.C, Etats-Unis.
- Poulin, R. 2007. *Evolutionary ecology of parasites*. 2nd ed. Princeton University Press, Princeton, États-Unis.
- Rahman, S.A., Hassan, S.S., Olival, K.J., Mohamed, M., Chang, L.-Y., Hassan, L., Suri, A.S., Saad, N.M., Shohaimi, S.A., Mamat, Z.C., Naim, M.S., Epstein, J.H., Field, H.E., Daszak, P. 2010. Characterization of Nipah virus from naturally infected *Pteropus vampyrus* bats, Malaysia. *Emerging Infectious Diseases*, **16** : 1990-1993.
- Rainey, W.E., Pierson, E.D., Elmlqvist et Cox, P.A. 1995. The role of Pteropodids in oceanic island ecosystems of the Pacific. *Symposia of the Zoological Society of London*, **67** : 47-62.
- Rapoport, E. H. 1982. *Areography: geographical strategies of species*. Pergamon Press
- Reed, K.D., Meece, J.K., Henkel, J.S. et Shukla, S.K, 2003. Birds, Migration and Emerging Zoonoses: West Nile Virus, Lyme Disease, Influenza A and Enteropathogens. *Clinical Medicine and Research*, **1**(1) : 5-12.
- REDD. 2011. Laos. [En ligne]. [16/03/2012]. <http://www.theredddesk.org/countries/laos/statistics>
- Reynes, J.M, Counor, D., Ong, S., Faure, C., Seng, V., Molia, S., Walston, J., Georges-Courbot, M.C., Deubel, V., Sarthou, J.L. 2005. Nipah virus in Lyle's flying foxes, Cambodia. *Emerging Infectious Diseases*, **11**(7) : 1042-1047.
- Roberts, B. J. 2005. Habitat characteristics of flying fox camps in south-east Queensland. Mémoire de Licence, Griffith University, Nathan, Queensland, Australie.
- Robertson, K., Lumlerdacha, B., Franka, R., Petersen, B., Bhengsri, S., Henchaichon, S., Peruski, L.F., Baggett, H.C., Maloney, S.A., Rupprecht, C.E. 2011. Rabies-Related Knowledge and Practices Among Persons At Risk of Bat Exposures in Thailand. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, **5** (6) : 1-7.
- Robichaud, W. 2005. *Testing Assumptions: The Recent History of Forest Cover in Nakai-Nam Theun National Protected Area, Laos*. Mémoire de Master, University of British Columbia. Vancouver, Canada
- Robinson, M. et Webber, M. 1998. *Mammal Survey. Khammouane Limestone National Biodiversity Conservation Area, Lao People's Democratic Republic*. World Wide Fund for Nature, Thailand, 48 pages.

- Salter, R. E., 1993. *Wildlife in Lao PDR. A Status Report*. IUCN, Vientiane, Lao PDR.
- Schipper, J., Chanson, J.S., Chiozza, F., Cox, N.A., Hoffmann, M., Katariya, V. *et al.* 2008. The Status of the World's Land and Marine Mammals: Diversity, Threat, and Knowledge. *Science*, **322** : 225-230.
- Schlemmer, G. 2001. *Integrated Biodiversity Conservation and Community development in Nam Et-Phou Loei NBCAs, Lao PDR*. National Agriculture and Forestry Research Institute, Vientiane, 112 pages.
- Sendow, I., Field, H.E., Curran, J., Darminto, Morrissy, C., Meehan, G., Buick, T. et Daniels, P. 2006. Henipavirus in Pteropus vampyrus Bats, Indonesia. *Emerging Infectious Diseases*, **12**(4) : 711-712.
- Shirai, J., Sohayati, A.L., Mohamed Ali, A.L., Suriani, M.N., Taniguchi, T., Sharifah, S.H. 2007. Nipah virus survey of flying foxes in Malaysia. *Japan Agricultural Research Quarterly*, **41**(1), 69-78.
- Simana, S. et Preisig, E. 1997. *Khmu' Livelihood. Farming the Forest*. Ministry of Information and Culture. Institute for Cultural Research, Vientiane, Laos.
- Simmons, N.B. 2005. *Order Chiroptera*. In : D. Wilson and D. Reeder, eds. *Mammal species of the world: a taxonomic and geographic reference*, 3rd ed. Smithsonian Institution Press, Washington, États-Unis.
- Singh, S., Boonratana, T., Bezuijen, M. et Phonvisay, A. 2006. Trade in Natural Resources in Attapeu province, Lao PDR. An Assessment of the Wildlife Trade. TRAFFIC, MWBP, Vientiane, Laos, 92 pages.
- Sodhi, N.S., Brook, B.W. 2006. *Southeast Asian Biodiversity in Crisis*. Cambridge UP, États-Unis, 202 pages.
- Srikosamatara, S., Siripholdej, B. et Suteethorn, V. 1992. Wildlife Trade in Lao PDR and between Lao PDR and Thailand. *Natural History Bulletin of the Siam Society*, **40** : 1-47.
- Stibig, H-J., Stolle, F., Dennis, R. et Feldkötter, C. 2007. *Forest cover change in Southeast Asia - the regional pattern*. Joint Research Center, Scientific and Technical Research Series, Luxembourg,
- Stier, S.C. et Mildenstein, T.L. 2005. Dietary habits of the world's largest bats. *Journal of Mammalogy*, **86**(4): 719-728.
- Tang, X.C., Zhang, J.X., Zhang, S.Y., Wang, P., Fan, X.H., Li, L.F., Li, G., Dong, B.Q., Liu, W., Cheung, C.L., Xu, K.M., Song, W.J., Vijaykrishna, D., Poon, L.L., Peiris, J.S., Smith, G.J., Chen, H. et Guan, Y. 2006. Prevalence and genetic diversity of coronaviruses in bats from China. *Journal of Virology*, **80**(15) : 7481-7490.
- Torres, J., Miquel, J., Casanova, J.C., Ribas, A., Feliu, C. et Morand, S. 2006. Endoparasite Species Richness of Iberian Carnivores: Influences of Host Density and Range Distribution. *Biodiversity and Conservation*, **15**(14) : 4619-4632.
- Turmelle, A.S. et Olival, K.J. 2009. Correlates of viral richness in bats (order Chiroptera). *Ecohealth*, **6**(4) : 522-539.
- Turmelle, A.S., Jackson, F.R., Green, D., Mccracken, G.F. et Rupprecht, C.E. 2010. Host immunity to repeated rabies virus infection in big brown bats. *Journal of General Virology*, **91** : 2360-2366.
- Tuttle, M.D. 1979. Status, causes of decline, and management of endangered gray bats. *Journal of Wildlife Management*, **43** : 1-17.
- Tuttle, M.D. 2003. Estimating population sizes of hibernating bats in caves and mines. In: T.J. O'Shea et Bogan, M.A. Editions. *Monitoring trends in bat populations of the United States and territories: Problems and prospects*. Biological Resources Discipline, Information and Technology Report , 31-40.

- Vongkhamheng, C. 2002. *Participatory Wildlife Diversity Monitoring with different Ethnic Groups, in Nam-Et-Phou Loey National Biodiversity Conservation Areas, Northern Laos*. Mémoire de Master, Mahidol University, Bangkok, Thaïlande.
- Wacharapluesadee, S., Lumlerdacha, B., Boongird, K., Wanghongsa, S., Chanhome, L., Rollin, P., Stockton, P., Rupprecht, C.E., Ksiazek, T.G. et Hemachudha, T. 2005. Bat Nipah Virus, Thailand. *Emerging Infectious Diseases*, **11**(12) : 1949-1951.
- Wacharapluesadee, S., Boongird, K., Wanghongsa, S., Ratanasetyuth, N., Supavonwong, P., Saengsen, D., Gongal, G.N. & Hemachudha, T. 2009. A longitudinal study of the prevalence of Nipah virus in *Pteropus lylei* bats in Thailand: Evidence for seasonal preference in disease transmission. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, **10**(2) : 183-190.
- Walther, B.A., Cotgreaves, P., Price, R.D., Gregory, R.D. et Clayton, D.H. 1995. Sampling effort and parasite species richness. *Parasitology Today*, **11** : 306-310.
- Wang, L.-F. Kuzmin, I.V. et Tong, S. 2011. Virus discovery. *In: Investigating the role of bats in emerging zoonoses. Balancing ecology, conservation and public health interests* Newman, S.H, Field, H.E, De Jong, C.E. et Epstein, J.H. Editions. FAO Animal Production and Health Manual 12. Rome, Italie.
- Whitaker, J.O. 1993. Bats, beetles, and bugs: more big brown bats mean less agricultural pests. *Bats*, **11**(1) : 23.
- Woinarski, J., Mackey, B., Nix, H., Trail, B. 2007. *The Nature of Northern Australia: natural values, ecological processes and future prospects*, Australian National University Editions Press, Canberra, Australie.
- Yob, J.M., Field, H., Rashdi, A.M., Morrissy, C., Van der Heide, B., Rota, P., Bin Adzhar, A., White, J., Daniels, P., Jamaluddin, A. et Ksiazek, T. 2001. Nipah virus infection in bats (order Chiroptera) in peninsular Malaysia. *Emerging Infectious Diseases*, **7**: 439-441.

Annexes

Annexe 1

Ecologie des chauves-souris

| | Noms d'espèce | Synonymes | Distribution Asie du Sud-Est | Aire de distribution | Indice de fragmentation |
|--------------------|---------------|-----------|---|---------------------------------|--|
| Descriptif données | Nom latin | Synonymie | Cambodge/Laos/Thaïlande/Vietnam/Philippines/Malaisie/Brunei/Myanmar/Indonésie/Timor | [3-17027593] Km ² | [0,0032427-2] Périmètre (km)/Surface (km ²) |
| Total | 292 | 23 | 292 | 292 | 0 |

| Type sites dotoirs | Sociabilité | Migration | Saisons de reproduction | Taille colonies | Masse |
|--|-------------------------------|-----------|-------------------------|-----------------|----------------------------|
| Grotte/Arbre/ Mine/ Fleur/Maison/ Crevasse/Tronc/ Karst/Feuille/Temple | Grégaire/ solitaire/ variable | Oui/Non | 1, 2 ou toute l'année | [1- 1000] | [2-1090] (moyenne grammes) |
| 238 | 161 | 2 | 55 | 163 | 211 |

| Statut IUCN | Tendance populations | Taille avant bras | Longueur aile | Taille 3 ^{ème} métacarpe | Interactions avec autres espèces |
|--|--|-------------------|---------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Vulnérable/ En danger critique/ Pas évalué/ Manque de données/ Eteint à l'état sauvage/ Eteint/Quasi menacé/ Préoccupation mineure | Pas connue/ Augmentation/ Déclin/ Stable | [24-192,5] cm | [215-440] cm | [25-73,6] cm | Oui/Non |
| 292 | 292 | 184 | 20 | 55 | 26 |

Virus de chauves-souris

| | Espèce chiroptère | Espèces virus | Méthode laboratoire | Prévalence | Taille échantillon | Localité | Nombre références |
|--------------------|-------------------|---------------|---------------------|----------------------------|--------------------|-------------|-------------------|
| Descriptif données | Nom binomial | Nom | PCR/ Sérologie | Positif/taille échantillon | [1-857] | ASE* | [1-15] |
| Total | 157 | 52 | 151 | 93 | 87 | 103* | 414 |

*incluant Chine et Bangladesh

Endoparasite de chauves-souris

| | Type endoparasite | Espèce endoparasite | Hôte chiroptère | Taille échantillon | Localité | Nombre références |
|--------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------|-------------------|
| Descriptif données | Cestode/ Nématode/ Trématode/ Autre | Nom binomial | Nom binomial | Nombre entier | ASE | [1-3] |
| Total | 95 | 95 | 95 | 6 | 50 | 140 |

Ectoparasite de chauves-souris

| | Espèce ectoparasite | Hôte chiroptère | Taille échantillon | Localité | Nombre références |
|--------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|------------|-------------------|
| Descriptif données | Nom binomial | Nom binomial | [1-74] | ASE | [1-2] |
| Somme données collectées | 343 | 343 | 22 | 340 | 345 |

Bactéries de chauves-souris

| | Espèce bactérie | Hôte chiroptère | Taille échantillon | Localité | Nombre références |
|--------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------------|
| Descriptif données | Nom binomial | Nom binomial | [1-202] | ASE | [1-2] |
| Somme données collectées | 10 | 10 | 1 | 3 | 11 |

Protistes de chauves-souris

| | Espèce protiste | Hôte chiroptère | Taille échantillon | Localité | Nombre références |
|--------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------------|
| Descriptif données | Nom binomial | Nom binomial | [1-50] | ASE | [1-11] |
| Somme données collectées | 23 | 23 | 1 | 14 | 45 |

Champignons de chauves-souris

| | Espèce champignon | Hôte chiroptère | Taille échantillon | Localité | Nombre références |
|--------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------------|
| Descriptif données | Nom binomial | Nom binomial | [1-7] | ASE | 1 |
| Somme données collectées | 9 | 9 | 1 | 9 | 9 |

Sources principales

- **Les bases de données :**

Muséum d'Histoire Naturelle :

<http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/host-parasites/database/index.jsp>

Institut Harrison

<http://www.sc.psu.ac.th/batdb/index.asp>

ENHanCEd Infectious Diseases

<http://www.zoonosis.ac.uk/EID2/>

Mammal species of the World (Wilson et Reeder)

<http://www.bucknell.edu/msw3/>

IUCN Red list of Threatened Species

<http://www.iucnredlist.org/>

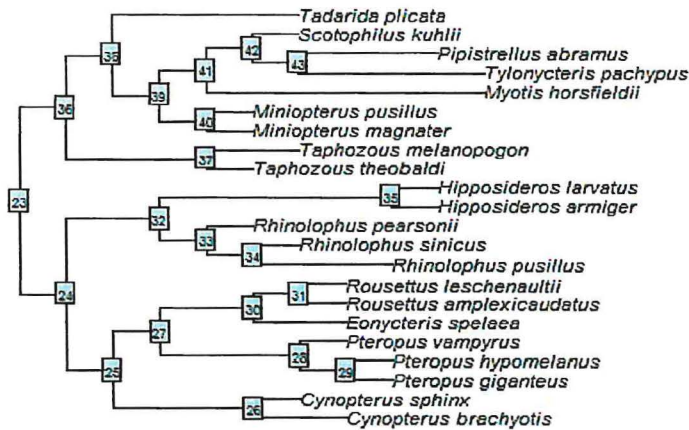
- **Les moteurs de recherche :**

<http://scholar.google.com/>

<http://apps.webofknowledge.com/>

<http://www.afpmb.org/content/welcome-literature-retrieval-system>

Annexe 2



Annexe 3

Questionnaire

What is your research topic, on what bat species?

Is bat emerging diseases problematic or not, why?

Species of Asian bats (or category: forest, cave, flying fox) with big diversity pathogens (quality)?

Are there ecological or evolutionary factors that make bats good/bad reservoir of pathogens? What factors?

Why are there emerging diseases in Asia (factors)?

In the future, what type of pathogen will be more carried by bat: endoparasites (helminths), ectoparasites (ticks), viruses, bacteria, fungi, others, why?

Rank each factor from 1 (high importance) to 10 (less importance) for (column 1) pathogens richness in bats and (column 2) emergence in human.

| Factors | Scoring | |
|-----------------------------|----------------------------|--------------------|
| | Pathogens richness in bats | Emergence in human |
| Long Migration | | |
| Large geographic range | | |
| Gregarious behavior | | |
| Cave Roosting site | | |
| Contact with humans | | |
| Large colony size | | |
| Large body mass | | |
| Fragmentation of habitat | | |
| Number of breeding seasons | | |
| Illegal transboundary trade | | |

Any comments (add factors, etc.):

Annexe 4

Lao survey

Food preferences

Meat preferred (cattle/wildlife):

Reasons: taste, properties, access (hunting, market, breeding)/ bad or good taste/ beliefs/Price/Law control and rules...

Why those meat are consumed: Easy access/ Good taste/ Meat properties (type: medicine, meat quality...)/ Farming/Cheapest ...

Focus: (If no answer with bat) Do you know people who like to eat bat meat?

Diseases perceptions

What animal induce diseases to human:

How catch diseases: spirit, beliefs, eating, touching, bit...

Symptoms:

Focus Bat/rodent: Is bat giving disease:

Have you ever (or other person) be ill because of bats:

Representation of bat habitat: cave, forest, karst, house, temples ...

Contact with bats (When and Where): crops/ forest/ cooking/ hunting/ mining/ guano harvesting/ houses/ near houses/ go to cave...

Bats use: Protection/ medicine/ craft / food...

What occasion of consumption:

Frequency:

Juvenile or adult/ Male or female

Hunting places:

Positive/Negative feeling about bats: pest/ lucky/don't care/give services (guano, seed dispersal, pollination, insect pest...)...

Status of bat populations: stable / increasing/ decreasing

Why such trend: pollution/hunting/ food for bats/habitats...

People manipulating bats

What activity?

How to catch bat (net/ sling shots/funnel trap...)?

Ever bitten? Often? When? Where?

Reaction after a bit/ scratch: nothing/ wash/ doctor/ local medicines (what type)...