

Master II GIMAT
(Gestion Intégrée des Maladies Animales Tropicales)
2020-2021

RAPPORT DE STAGE :

« Caractérisation de la population humaine à l'interface avec la faune sauvage et facteurs associés à l'exposition aux coronavirus dans 2 provinces pilotes au Cambodge »

Présenté par Aude TRALCI

Réalisé sous la direction et l'encadrement de :

- Julien CAPPELLE
- Véronique CHEVALIER
- Julia GUILLEBAUD

Période de stage : 11 janvier au 30 juin 2021

Date de soutenance : 16 juin 2021

Lieu de stage : Institut Pasteur du Cambodge (réalisé à distance en télétravail)

RESUME

En Asie du Sud-Est, les pratiques agricoles et socioculturelles amènent régulièrement l'Homme au contact de la faune sauvage, porteuse d'un grand nombre de pathogènes. Les récentes épidémies de SARS-CoV-1, MERS-CoV et SARS-CoV-2 ont démontré que ces contacts répétés favorisent les événements de spill-over viraux conduisant à l'émergence de nouveaux coronavirus zoonotiques. Il est donc nécessaire d'améliorer nos connaissances concernant les interactions possibles entre les trois compartiments (Homme, faune sauvage, pathogène) afin de diminuer ces risques.

Dans cet optique, un travail a été réalisé en deux parties. Une synthèse bibliographique des activités exposant l'Homme à la faune sauvage en Asie du Sud-Est et en Chine du Sud montre la diversité des risques zoonotiques viraux encourus au cours de celles-ci. Un travail d'analyse a ensuite été réalisé à partir des données d'une étude transversale (Projet ZooCov) se concentrant sur les pratiques à risque à l'interface Homme-faune sauvage au Cambodge. Il a pour objectif une première caractérisation de la population humaine à cette interface et une identification des potentiels facteurs associés à l'exposition aux coronavirus dans 2 provinces pilotes. Entre Août 2020 et Mars 2021, quatre sessions d'interviews ont été organisées dans deux provinces rurales (Mondulkiri et Stung Treng) au cours desquelles 901 personnes ont été interrogées sur leurs données sociodémographiques et leurs potentielles pratiques à risque et un prélèvement de sang individuel a été réalisé. Des analyses descriptives des données suivies d'une analyse univariée et multivariée utilisant un GLM (Modèle Linéaire Généralisé) ont été effectuées afin de tester les différentes associations entre l'exposition à la faune sauvage, le statut sérologique et les caractéristiques des individus enquêtés. 79,2% (713/901) de la population totale est exposée à la faune sauvage, c'est-à-dire sont en contact direct avec la faune sauvage au cours d'activités diverses : consommation, vente et chasse de faune sauvage, activité de rangers ou de forestiers. Les personnes exposées sont principalement des hommes (OR= 3,2 ; IC95%= 2,2-4,8), des personnes ayant entre 18 et 25 ans et entre 26 et 32 ans plutôt qu'âgées (45 ans+) (respectivement OR=1,8 ; IC95%=1,0-3,0 et OR=2,2 ; IC95%=1,3-3,8), d'ethnies Krols ou Thmons plutôt que Phnongs (OR=29 ; IC95%=5,9-524,1) vivant dans un foyer avec un revenu mensuel moyen (\$100-\$300) plutôt que pauvre (<\$100) (OR 2,6 ; IC95% 1,7-4,1) et ayant un niveau d'éducation d'école secondaire, lycée ou université plutôt qu'aucune éducation formelle (OR=2,6 ; IC95%=1,7-4,1). Les résultats sérologiques préliminaires montrent que le fait d'être un ranger (OR=3,3 ; IC95%=1,2-9,4), un consommateur de viande de brousse (OR=3,5 ; IC95%=1,6-8,6) ou un forestier (OR=4,2 ; IC95%=1,5-12,6) par rapport aux personnes non exposées est associé à un fort taux de séropositivité. Le fait d'être Krols ou Thmons plutôt que Phnongs (OR=2,8 ; IC95%=1,5-5,3) et d'avoir un niveau d'éducation d'école primaire plutôt que d'école secondaire ou plus (OR=2,1 ; IC95%=1,2-3,9) l'est également. Parmi la population exposée, une analyse des données sociodémographiques, de la fréquence d'exposition et des types de contacts avec la faune sauvage associés au résultat sérologique a également été réalisée : le fait d'être Krols et Thmons plutôt que Phnongs (OR=3,3 ; IC95%=1,9-5,9) et de vivre dans un foyer avec un salaire mensuel inférieur à \$100 plutôt que supérieur à \$350 (OR=3,0 ; IC95%=1,3-9,0) sont associés à une plus forte séropositivité parmi la population exposée.

Nos résultats permettent donc une première caractérisation des profils en contact avec la faune sauvage et des facteurs d'exposition au coronavirus. Une analyse plus approfondie des pratiques individuelles et des espèces animales impliquées dans ces contacts est maintenant prévue et sera comparée aux futurs résultats des analyses sérologiques afin d'identifier les facteurs de risques d'exposition aux coronavirus. Enfin, la mise en commun de ces connaissances avec les futurs résultats des prélèvements animaux aboutira à terme à la quantification du risque à l'interface Homme/faune sauvage et constituera un des premiers piliers dans la mise en place à terme d'un système d'alerte et de détection précoce des événements de spill-over viraux au Cambodge.

Mots clés : Asie du Sud-Est, Coronavirus, Faune sauvage, Commerce de faune sauvage, Viande de brousse, Cambodge, Zoonoses, Marché d'animaux vivants, Consommation de faune sauvage, Chasse de faune sauvage, Rangers

SUMMARY

In South-East Asia, agricultural and socio-cultural practices often bring humans in close contact with wildlife which can carry many pathogens. Recent outbreaks of SARS-CoV-1, MERS-CoV and SARS-CoV-2 have demonstrated that repeated contacts promote viral spill-over events leading to the emergence of new zoonotic coronaviruses. It is therefore necessary to have a better knowledge of the possible interactions between the three compartments (human, wildlife, pathogen) to reduce these risks.

For this purpose, a work has been realized in two parts. A bibliographic review of activities exposing humans to wildlife in Southeast Asia and South China shows the diversity of viral zoonotic risks encountered during these activities. An analysis was then carried out using data from a cross-sectional study (ZooCov Project) focusing on risky practices at the human-wildlife interface in Cambodia. This work aims to describe the population exposed to wildlife and/or bushmeat at the human-wildlife interface and to identify potential factors associated with exposure to coronavirus in two provinces. Between August 2020 and March 2021, four interview sessions were implemented in two rural provinces (Mondulhiri and Stung Treng). A total of 901 participants was individually interviewed about their risk practices and serum was collected to assess the prevalence of antibodies against coronavirus. Descriptive analyses of the data followed by univariate and multivariate analysis using a GLM (Generalized Linear Model) were performed to test different associations between wildlife exposition, serological status and characteristics of the surveyed individuals. 79,2% (713/901) of them are exposed to wildlife, i.e. are in direct contact during various activities: consumption, sale and hunting of wildlife, activity of rangers or foresters. Those exposed were mainly men (OR= 3.2; CI95%= 2.2-4.8), 18-25 and 26-32 years old people rather than older people (45+) (respectively OR=1.8; CI95%=1.0-3.0 and OR=2.2; CI95%=1.3-3.8), Krols or Thmons rather than Phnongs (OR=29 ; CI95%=5.9-524.1), people living in a household with an average monthly income (\$100-\$300) rather than poor (<\$100) (OR 2.6; CI95% 1.7-4.1), and people having a high school, college, or university education rather than no formal education (OR=2.6; CI95%=1.7-4.1). Preliminary serological results show that being a ranger (OR=3.3; CI95%=1.2-9.4), a bushmeat consumer (OR=3.5; CI95%=1.6-8.6), or a forester (OR=4.2; CI95%=1.5-12.6) compared to unexposed individuals is associated with a high seropositivity rate. Being Krols or Thmons rather than Phnongs (OR=2.8; CI95%=1.5-5.3) and having an education level of elementary school rather than secondary school or higher (OR=2.1; CI95%=1.2-3.9) is also associated with a high seropositivity rate. Among the exposed population, an analysis of socio-demographic data, frequency of exposure and types of wildlife contact associated with serological outcome was also performed: being Krols and Thmons rather than Phnongs (OR=3.3; CI95%=1.9-5.9) and living in a household with a monthly income <\$100 rather than >\$350 (OR=3.0; CI95%=1.3-9.0) are associated with higher seropositivity among the exposed population.

Our results allow a first characterization of profiles in contact with wildlife and exposure factors to coronavirus. Further analysis of individual practices and animal species involved are now planned and will be combined with future serological results to identify risk factors for coronavirus exposition. Finally, the pooling of this knowledge with the future results of animal sampling will eventually lead to the quantification of the risk at the human/wildlife interface and will constitute one of the first pillars in the setting up of an early warning and detection system for viral spill-over events in Cambodia.

Keywords: South East Asia, Cambodia, Coronavirus, Wildlife, Wildlife trade, Wildmeat, Zoonoses, Wet market, Wildlife consumption, Wildlife hunting, Ranger

Remerciements

A Mme Véronique Chevalier,

Qui m'a enseigné une méthode de travail et m'a guidé tout au long de mon stage.

A Mme Julia Guillebaud,

Qui a fait preuve de beaucoup de patience et de disponibilité. Merci pour ton encadrement, tes conseils et tes réponses à mes nombreuses questions.

A M. Julien Cappelle,

Qui m'a accueilli comme stagiaire et a pris le temps de m'orienter dans mes recherches.

A l'équipe de l'Institut Pasteur du Cambodge et plus particulièrement à M. Samorn Sreng et à Mme Heidi Auerswald,

Qui m'ont aidé dans mon travail et ont accepté de répondre à mes questions.

A M. Jean-Charles Sicard

Qui m'a sacrément aidé dans toutes mes analyses statistiques. Encore merci.

A M. Stéphane Bertagnoli

Et

A M. Pascal Hendrikx

Qui nous font l'honneur de participer au jury de la soutenance.

A tous les enseignants, les intervenants et les organisateurs du Master,

Qui ont fait leur maximum pour nous dispenser les cours dans les meilleures conditions possibles malgré la situation compliquée.

A toute la promotion 2020-2021 du master GIMAT, aux coloc' de Montpellier et en particulier Alessandra, Diane et Andréa,

Pour toutes ces belles rencontres et tous ces moments passés ensemble.

A Sim,

Pour ta relecture et le reste.

TABLE DES MATIERES

Le travail se compose de deux parties :

- Une synthèse bibliographique offrant une description des activités exposant l'Homme à la faune sauvage (mammifères et reptiles) et une présentation de la diversité des risques zoonotiques viraux encourus au cours de celles-ci en Asie du Sud-Est et en Chine du Sud.
- Le travail d'analyse s'inscrivant dans le cadre du projet ZooCov et permettant une première caractérisation de la population humaine à l'interface avec la faune sauvage et une identification des potentiels facteurs associés à l'exposition aux coronavirus dans 2 provinces pilotes au Cambodge.

PARTIE 1 : Travail bibliographique	1
Pratiques à risque et zoonoses virales en Asie du Sud-Est et en Chine du Sud.....	1
1. Introduction	1
2. Méthodes	1
3. Résultats.....	2
3.1. Les pratiques agricoles favorisent la proximité entre activités humaines, élevage d'animaux domestiques et colonies d'animaux sauvages	2
3.1.1. Culture d'arbres fruitiers à proximité d'élevages de porcs domestiques ou d'habitations.....	2
3.1.2. Utilisation et récolte du guano comme fertilisant	3
3.2. Approvisionnement de la chaîne du commerce de faune sauvage : chasse et élevage	3
3.2.2. Elevage d'animaux exotiques pour la vente de viande ou comme animaux de compagnie	4
3.3. Activités de ventes de faune sauvage	4
3.3.1. Marchés d'animaux vivants	4
3.3.2. Restaurants.....	5
3.4. Autres.....	6
3.4.1. Surveillance du trafic d'animaux sauvages	6
3.4.2. Zoo, centre de reproduction pour la recherche	6
4. Discussion.....	6
PARTIE 2 : Travail d'analyse.....	11
Caractérisation de la population humaine à l'interface avec la faune sauvage et facteurs associés à l'exposition aux coronavirus dans 2 provinces rurales au Cambodge	11
1. Introduction	11
2. Matériel et méthodes	12
2.1. Schéma de l'étude	12
2.2. Sites d'étude	12
2.3. Population ciblée et création des questionnaires	13
2.4. Collecte de données	13
2.5. Prélèvements sanguins et analyses de laboratoire.....	13
2.6. Analyses statistiques	14
2.6.1. Nettoyage de données.....	14
2.6.2. Présentation des variables étudiées.....	14
2.6.3. Analyses descriptives	15
2.6.4. Analyse univariée	15

2.6.5.	Modèle multivarié.....	16
3.	Résultats.....	17
3.1.	Description de la population interrogée.....	17
3.1.1.	Description générale.....	17
3.1.2.	Description en fonction des provinces.....	17
3.2.	Association entre le statut d'exposition à la faune sauvage et les facteurs sociodémographiques 19	
3.2.1.	Analyses descriptive et univariée de la population en fonction du statut d'exposition à la faune sauvage et des données sociodémographiques.....	19
3.2.2.	Analyse multivariée de l'association entre statut d'exposition et données sociodémographiques.....	20
3.3.	Association entre statut sérologique et exposition à la faune sauvage et données sociodémographiques.....	23
3.3.1.	Analyses descriptive et univariée du statut sérologique en fonction des données sociodémographiques et de l'exposition.....	23
3.3.2.	Analyse multivariée de l'association entre statut sérologique, type d'exposition et caractéristiques sociodémographiques.....	23
3.4.	Description des catégories exposées et association entre le statut sérologique et les catégories exposées, les caractéristiques des types de contact, la fréquence d'exposition et les données sociodémographiques.....	25
3.4.1.	Description de chaque catégorie exposée.....	25
3.4.1.	Analyses descriptives et univariées en fonction du statut sérologique et chaque catégorie exposée, les types de contacts, la fréquence d'exposition à la faune sauvage et les données sociodémographiques.....	28
3.4.2.	Analyse multivariée de l'association entre le statut sérologique et chaque catégorie exposée, les types de contacts, la fréquence d'exposition à la faune sauvage et les données sociodémographiques 28	
4.	Discussion.....	31
4.1.	Association entre le statut d'exposition à la faune sauvage et les facteurs sociodémographiques 31	
4.1.1.	Description des catégories exposées et leurs activités.....	31
4.1.2.	Types et fréquences de contact avec la faune sauvage chez les personnes exposées.....	32
4.2.	Résultats sérologiques.....	33
4.2.1.	Association entre statut sérologique et exposition à la faune sauvage et données sociodémographiques.....	33
4.2.2.	Association entre le statut sérologique et les catégories exposées, les caractéristiques des types de contact, la fréquence d'exposition et les données sociodémographiques.....	33
4.3.	Limites de l'analyse.....	34
4.3.1.	Biais relatifs au déroulement des interviews et à la collecte des données.....	34
4.3.2.	Limites relatives à nos analyses.....	34
	CONCLUSION.....	36
	BIBLIOGRAPHIE.....	37
	ANNEXES.....	42

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte du Cambodge avec les différents sites d'interviews dans les deux provinces pilotes : Mondulhiri et Stung Treng.	12
Figure 2: Représentations du statut d'exposition, des variables sociodémographiques et des individus selon le statut d'exposition et en fonction des deux axes principaux de l'analyse des correspondances multiples (ACM)	19
Figure 3 : Figure représentant les Odds-ratio et les intervalles de confiance (95%) issus du modèle linéaire généralisé testant l'association entre le statut d'exposition à la faune sauvage et les données sociodémographiques.....	22
Figure 4: Représentations des catégories de la population exposée et des données sociodémographiques selon les deux axes principaux de l'ACM.....	25
Figure 5: Représentation du statut sérologique, des catégories exposées, des 6 types de contact et de la fréquence d'exposition avec la faune sauvage selon les 2 axes principaux de l'ACM. La taille des points est proportionnelle à l'effectif.....	26
Figure 6: Figure représentant les Odds-ratio et les intervalles de confiance (95%) issus du modèle statistique testant l'association entre le statut sérologique, les catégories exposées, la fréquence d'exposition, les types de contacts et les données sociodémographiques	28

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau de synthèse des risques zoonotiques viraux encourus par l'Homme lors de diverses activités au contact avec la faune sauvage en Asie du Sud-Est et en Chine du Sud.....	9
Tableau 2: Tableau d'effectif et de proportion des catégories et des données sociodémographiques par province	18
Tableau 3: Association entre le statut d'exposition à la faune sauvage et les facteurs sociodémographiques.	21
Tableau 4 : Association entre statut sérologique, type d'exposition à la faune sauvage et caractéristiques sociodémographiques.....	24
Tableau 5 : Tableau des effectifs de la fréquence d'exposition et des types de contacts déclarés pour chaque catégorie.	27
Tableau 6: Tableau d'effectif et de proportion des données sociodémographiques par catégorie.....	29
Tableau 7 : Association entre statut sérologique et catégories exposées, caractéristiques des types de contact et données sociodémographiques.....	30

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Liste des différentes recherches bibliographiques réalisées sur PubMed	43
Annexe 2: Diagramme de flux - PRISMA 2009	45
Annexe 3: Grille de lecture finale du travail bibliographique	46
Annexe 4 : Premier certificat d'éthique délivré par le National Ethics Committee for Health Research (Ministère de la santé du Cambodge) en Juin 2020.....	47
Annexe 5 : Deuxième certificat d'éthique délivré par le National Ethics Committee for Health Research (Ministère de la santé du Cambodge) en Décembre 2020	48
Annexe 6: Feuille d'information donnée aux volontaires avant l'interview (Version anglaise).....	49
Annexe 7 : Feuille d'information donnée aux volontaires avant l'interview (Version khmer)	50
Annexe 8 : Formulaire de consentement signé par les participants volontaires avant le début de l'interview (Version khmer)	53
Annexe 9 : Exemples de questionnaires: Questionnaires des consommateurs (Version anglaise)	54
Annexe 10 : Schéma explicatif des différentes étapes des analyses des prélèvements sanguins	59
Annexe 11 : Histogrammes représentant la distribution de la population totale en fonction des données sociodémographiques.....	60
Annexe 12 : Histogrammes représentant la distribution de la population totale en fonction des données sociodémographiques et par province.....	62
Annexe 13 : Association entre le statut d'exposition à la faune sauvage et les facteurs sociodémographiques par le test de khi-deux	64
Annexe 14 : Résultats de l'analyse univariée (Khi-deux) : Association entre statut sérologique et exposition à la faune sauvage et données sociodémographiques.....	65
Annexe 15 : Résultats de l'analyse univariée (Khi-deux) : Association entre statut sérologique et catégories exposées, caractéristiques des types de contact et données sociodémographiques	66
Annexe 16 : Tableau présentant la construction des modèles et leur classement selon l'AIC et test d'adéquation (Test de Hosmer et Lemeshow).	67

LISTE DES ABREVIATIONS

ACM = Analyses des Correspondances Multiples

AIC = Critère d'Information d'Akaike

ANR = Agence Nationale pour la Recherche

CDC = Center for Disease Control and Prevention

CIRAD = Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

ELIE = Elephant Livelihood Initiative Environment

ELISA = Enzyme-Linked Immunosorbent Assay

FFI = Flora and Fauna International

LCMV = Lymphocytic Choriomeningitis Virus

MERS-CoV = Coronavirus du Syndrome Respiratoire du Moyen-Orient

GLM = Modèle Linéaire Généralisé

MK = Mondulkiri

NT = Test de neutralisation

OMS = Organisation Mondiale de la Santé

ONG = Organisation Non Gouvernementale

QUOROM Statement = QUality Of Reporting Of Meta-analyses

SARS-CoV-1 = Coronavirus du Syndrome Respiratoire Aigu Sévère 1

SARS-CoV-2 = Coronavirus du Syndrome Respiratoire Aigu Sévère 2

SRAS = Syndrome Respiratoire Aigu Sévère

ST = Stung Treng

UNODC = United Nations Office on Drugs and Crime

USAID = United States Agency for International Development

VHE = Virus de l'Hépatite E

WCS = Wildlife Conservation Society

WWF = World Wildlife Fund

PARTIE 1 : Travail bibliographique

Pratiques à risque et zoonoses virales en Asie du Sud-Est et en Chine du Sud

1. Introduction

En Asie du Sud-Est et en Chine, la faune sauvage occupe une place importante dans les us et coutumes des habitants. Les pratiques socioculturelles amènent en effet régulièrement l'Homme à son contact : la viande et les produits dérivés de la chasse et de l'élevage d'espèces exotiques sont par exemple consommés et utilisés dans la médecine traditionnelle ou l'agriculture (Cantlay et al., 2017; Chomel et al., 2007; Murray et al., 2016). Le commerce de faune sauvage est difficile à quantifier car il s'effectue de manière plus ou moins illégale et à différentes échelles : du petit chasseur rural aux trafics illégaux internationaux (Karesh et al., 2005). Néanmoins d'après l'UNODC (United Nations Office on Drugs and Crime), le trafic de faune sauvage engendre chaque année entre 8 et 10 milliards de dollars américains (UNODC, 2014). L'USAID (United States Agency for International Development) rapporte qu'en 2019, près de 155 tonnes de produits dérivés de pangolins, 48 000 kg d'ivoire et 519 kg de cornes de rhinocéros ont été confisqués au Cambodge, au Laos, en Chine, en Thaïlande et au Vietnam (USAID Wildlife Asia, 2020).

L'Asie du Sud-Est et la Chine sont connues pour être des régions très riches en biodiversité mais de nombreuses menaces viennent bouleverser l'équilibre fragile des écosystèmes. Ces dernières années, la forte augmentation des densités de population, la déforestation, l'urbanisation et l'intensification de l'agriculture ont accentué l'envahissement des habitats naturels des espèces sauvages. Le réchauffement climatique et le manque de moyens des infrastructures de santé font de surcroît de ces pays des terrains propices à l'émergence de nouveaux pathogènes zoonotiques (Bordier and Roger, 2013; Halabowski and Rzymiski, 2021; Jones et al., 2008). De plus, l'augmentation des échanges internationaux a pour conséquence une circulation rapide et incontrôlée de ces pathogènes dans le monde entier comme cela a pu être le cas lors de la pandémie de SARS-CoV-2 (Delahay et al., 2021; Findlater and Bogoch, 2018; Wilson, 1995).

Déjà en 2005, suite à plusieurs épidémies en Asie du Sud-Est et en Chine comme celles de SARS-CoV et de la grippe aviaire, l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) publiait un rapport invitant à une collaboration entre pays pour la surveillance et la lutte des maladies émergentes zoonotiques (Bell et al., 2004; WHO, 2005). L'organisation alertait sur l'augmentation des interactions entre l'Homme et la faune sauvage en Asie qui aggravait la vulnérabilité des populations face à l'émergence de maladies infectieuses zoonotiques. En effet, 60% des infections émergentes sont des zoonoses et 72% d'entre elles sont originaires de la faune sauvage (Jones et al., 2008; Karesh et al., 2005).

Des synthèses bibliographiques ont précédemment été réalisées concernant les risques zoonotiques lors d'expositions avec la faune sauvage mais aucune publication se focalisant uniquement sur les risques viraux dans l'ensemble de la région d'Asie du Sud-Est et de Chine du Sud n'a été trouvée (Cantlay et al., 2017; Kilonzo et al., 2013). L'objectif de ce travail bibliographique est donc de décrire ces activités exposant l'Homme à la faune sauvage (mammifères et reptiles) et de présenter la diversité des risques zoonotiques viraux encourus au cours de celles-ci en Asie du Sud-Est et en Chine du Sud. Pour cela, une synthèse des publications scientifiques a été réalisée : chacune reporte la détection de virus ou d'anticorps contre un ou plusieurs virus zoonotiques chez des espèces sauvages capturées ou prélevées lors de pratiques à risque (marché d'animaux vivants, fermes d'animaux sauvages...) ou chez des Hommes exposés à ces activités.

2. Méthodes

Cette synthèse bibliographique se base sur la méthode PRISMA 2009. Les 10 lignes directrices de la méthode se fondent sur une première méthode créée en 1996, appelée QUOROM Statement (Quality Of Reporting Of Meta-analyses) et guident les auteurs dans la construction de revues systématiques et méta-analyses (Moher et al., 2009).

Entre janvier et février 2021, des recherches ont été réalisées sur la base de données en ligne PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>). La recherche initiale comprenait les mots clés suivants : "Southeast asia", "China", "Viral zoonoses", "Bush/Wild meat", "Farm", "Traditional medicine", "Wildlife trade", "Hunting",

“Restaurant”, “Market”. D’autres recherches plus spécifiques ont ensuite été effectuées avec chaque pays d’Asie du Sud-Est (Birmanie, Cambodge, Indonésie, Laos, Malaisie, Philippines, Singapour, Thaïlande, Vietnam) puis en combinant différents virus (Virus Nipah, Coronavirus, Hantavirus, Virus de l’hépatite E, Arenavirus, Poxvirus) avec les mots clés en lien avec les pratiques à risque et la zone d’étude. Les provinces de Chine du Sud incluses dans l’étude sont les suivantes : Guangdong, Guangxi, Fujian et Hainan (Annexe 1).

Ont été exclus de l’enquête les publications ne correspondant pas aux critères d’inclusions suivants : étude virologique publiée en anglais entre 2000 et 2021 dont l’étude porte sur la présence d’un ou plusieurs virus chez un mammifère ou reptile sauvage piégé et prélevé lors de pratiques à risque (restaurant, chasse, trafic illégal…) ou chez l’Homme ayant eu un contact avec la faune sauvage lors d’activités à risque en Asie du Sud-Est et en Chine du Sud. Dans un souci de clarté et de synthèse et afin de pouvoir développer certaines idées de manière plus approfondie, il a été choisi d’exclure les oiseaux sauvages et les virus associés de la synthèse et de se limiter uniquement aux mammifères et reptiles sauvages.

Au cours des 8 recherches effectuées, une lecture du titre, de l’abstract et rapidement de l’article si besoin a permis l’enregistrement de 157 publications dans la bibliothèque Zotero (version 5.0.96.2). Malgré la recherche ciblée par mot clé, certains articles étaient tout à fait hors sujet et ont été écartés. Une première lecture rapide a permis leur classement dans une grille de lecture. D’autres études ont pu être ajoutées au fil des lectures. Cette grille de lecture était constituée de plusieurs colonnes dont les intitulés étaient les concepts clés du sujet : pays d’Asie du Sud Est, virus zoonotique, types de pratiques à risque, espèces de faune sauvage, type de publication, dates de publication. Seules les publications dont le contenu remplissait toutes ces colonnes ont été conservées (Annexe 2 et Annexe 3)

3. Résultats

Au total, 23 publications respectant les critères d’inclusion ont été intégrées dans notre revue de littérature (Annexe 2). Ces publications scientifiques couvrent six virus décrits en Chine du Sud et dans six pays d’Asie du Sud-Est. Certaines études concernent la présence du virus chez une ou plusieurs espèces de faune sauvage et/ou chez l’Homme tandis que d’autres concernent uniquement la pratique de ces activités à risque (Tableau 1). Les contacts avec la faune sauvage se font au cours d’activités à risque qui concernent principalement le commerce d’animaux exotiques, de viande ou de sous-produits mais également lors de pratiques agricoles.

3.1. Les pratiques agricoles favorisent la proximité entre activités humaines, élevage d’animaux domestiques et colonies d’animaux sauvages

L’intensification de l’agriculture a conduit à une profonde modification des techniques agricoles avec la création de sites artificiels ou l’envahissement d’habitats de la faune sauvage par l’Homme.

3.1.1. Culture d’arbres fruitiers à proximité d’élevages de porcs domestiques ou d’habitations

Par souci de gain de place et d’argent, l’agriculture à double usage a été développée dans les pays d’Asie du Sud-Est, notamment en Malaisie. Une modélisation de l’épidémie du virus Nipah en Malaisie et à Singapour en 1998-1999 a révélé l’implication qu’a eu l’agriculture intensive dans la création d’une voie de transmission du virus entre les chauves-souris frugivores (Flying foxes) et les porcs ainsi que dans les réintroductions répétées qui ont mené à une circulation enzootique du virus dans la population porcine qui ont ensuite conduit aux contaminations humaines (Pulliam et al., 2012). L’élevage de porcs près de vergers a conduit à une proximité entre ces animaux domestiques et les chauves-souris frugivores attirées par les arbres fruitiers. Les mangues contaminées par ces chauves-souris et tombées au sol ont été ingérées par les porcs qui ont ainsi été infectés et ont pu transmettre le virus aux humains. La proximité entre élevages porcins et le commerce ont ensuite participé à une diffusion accélérée du virus Nipah lors de cette épidémie (Looi and Chua, 2007; Pulliam et al., 2012).

Le virus Nipah n’est qu’un exemple des nombreux pathogènes viraux portés par les chauves-souris. En 1998 aux Philippines, des anticorps ont été retrouvés contre l’Australian bat lyssavirus chez 14 espèces de chauves-souris insectivores et frugivores capturées à proximité de vergers (Arguin et al., 2002). Durant l’année 2012 dans la province de Chonburi en Thaïlande, des Alpha- et Betacoronavirus ont été retrouvés chez des chauves-souris frugivores (*Pteropus lylei*), capturées près d’arbres fruitiers localisés près de fermes porcines en plein air (Wacharapluesadee et al., 2018). Les vergers attirent ainsi plusieurs espèces de chauve-souris favorisant le contact et la transmission virale entre espèces et plus particulièrement à l’Homme ou aux espèces domestiques élevées à proximité.

3.1.2. Utilisation et récolte du guano comme fertilisant

Le guano est un engrais naturel à base d'excréments de chauve-souris. En Asie du Sud-Est (Thaïlande, Indonésie, Cambodge...), il est vendu comme fertilisant du sol et permet une réduction de la quantité de pesticides utilisés tout en maximisant la production et donc les revenus des agriculteurs (Wacharapluesadee et al., 2013). Les chauves-souris sont essentiellement à la recherche de nourriture la nuit et nichent dans les grottes ou se perchent dans les arbres la journée. Les Hommes construisent donc des perchoirs qui attirent les chauves-souris et sous lesquels des bâches sont placées afin de faciliter la récolte des fientes (Berto et al., 2018; Huong et al., 2020). Certains ramasseurs de guano ou « guano miners » le récoltent également dans les grottes où nichent une grande quantité de chauve-souris souvent issues d'espèces différentes.

Les chauves-souris sont connues pour être des espèces réservoirs d'un grand nombre de virus (Coronavirus, Lyssavirus, Hantavirus, Henipavirus dont le virus Nipah, Filovirus) et la récolte du guano expose les ramasseurs à ces pathogènes (Calisher et al., 2006; Cantlay et al., 2017). En 2006, des chercheurs ont trouvé des Betacoronavirus du groupe C dans des déjections sèches ramassées au sol dans une grotte dans la province de Ratchaburi en Thaïlande et ont montré que les ramasseurs de guano ne sont pas seulement exposés aux pathogènes par l'intermédiaire des excréments frais mais également par toutes autres formes de déjections sèches (Wacharapluesadee et al., 2013). De la même manière au Vietnam lors de deux missions différentes, des échantillons de guano positifs aux coronavirus ont été découverts et alertaient sur les risques potentiels pour les ramasseurs et leurs proches (Berto et al., 2018; Huong et al., 2020). La reconstruction phylogénétique a montré qu'un des Alphacoronavirus retrouvé était génétiquement proche d'autres coronavirus auparavant détectés en Chine et aux Philippines. Un grand nombre de paramyxovirus différents ont également été détecté et l'hypothèse de possibles futurs événements de spill-over zoonotiques a été émise comme cela a pu être le cas avec les Nipah- et les Hendravirus transmis respectivement aux porcs et aux chevaux puis à l'Homme en Malaisie et en Australie (Berto et al., 2018).

De surcroît, deux pratiques dans la production et la récolte de guano favorisent l'exposition des ramasseurs et leurs familles aux pathogènes véhiculés par les chauves-souris. Premièrement, peu de mesures de biosécurité (masques, gants, bottes...) sont employées lors de la récolte du guano (Huong et al., 2020; Wacharapluesadee et al., 2013). Deuxièmement, les perchoirs artificiels sont souvent situés à proximité des habitations humaines, parfois même dans les jardins des maisons ou dans l'arrière-cour des fermes sous lesquels les enfants sont susceptibles de jouer, certains animaux domestiques sont élevés ou d'autres types de récoltes sont faites (Huong et al., 2020).

Par ces pratiques agricoles, l'Homme crée donc des interfaces artificielles entre espèces de faune sauvages et espèces domestiques favorisant ainsi la transmission de virus inter-espèces et participant à la réintroduction régulière des pathogènes dans les populations d'animaux domestiques et humaines.

3.2. Approvisionnement de la chaîne du commerce de faune sauvage : chasse et élevage

Le commerce de faune sauvage est très répandu en Asie du Sud-Est et en Chine. Le premier maillon de cette chaîne est l'approvisionnement du marché en animaux par la chasse, le braconnage ou l'élevage d'animaux sauvages.

3.2.1. Chasse d'animaux sauvages

La chasse d'animaux sauvages est répandue en Asie du Sud Est et en Chine du Sud et expose l'Homme à différents risques zoonotiques.

Entre 2012 et 2013 dans le Delta du Mekong au Vietnam, des anticorps contre les hantavirus (virus Dobrava et Séoul) et les arenavirus (Lymphocytic Choriomeningitis Virus, LCMV) ont été retrouvés chez 5 espèces de rats communs et chez des personnes impliquées dans l'élevage et l'abattage de bétail ou de faune sauvage et leurs proches. Ces espèces de rat sont souvent piégées dans les champs de riz et vendues pour leur viande (Van Cuong et al., 2015). Les deux virus détectés se transmettent par l'intermédiaire de contacts avec des rongeurs ou leurs déjections et provoquent des maladies graves chez l'Homme : fièvre hémorragique avec syndrome rénal pour les hantavirus et une chorioméningite lymphocytaire pour l'arenavirus (Charrel and de Lamballerie, 2010; Van Cuong et al., 2015).

Aux Philippines, des anticorps contre l'Australian Bat Lyssavirus ont été retrouvés chez 10% de chauves-souris piégées par des chasseurs montrant ainsi que ces hommes sont exposés à ce virus lors de leurs pratiques (Arguin et al., 2002).

3.2.2. Elevage d'animaux exotiques pour la vente de viande ou comme animaux de compagnie

Certaines espèces de faune sauvage, comme les rongeurs ou les civettes sont quant à elle élevées dans des fermes et revendues pour des utilisations diverses, principalement pour leur consommation mais également parfois comme animaux de compagnies (Huong et al., 2020; Tu et al., 2004; Wiratsudakul et al., 2012).

Dans ces élevages, une ou plusieurs espèces exotiques sont présentes souvent au côté d'autres animaux domestiques et offrent l'opportunité à plusieurs espèces de se côtoyer contribuant ainsi à une transmission intra et inter-espèces des pathogènes. En effet, les espèces exotiques retrouvées dans ces fermes peuvent être porteuses de virus : la présence de coronavirus a par exemple été détectée chez des rats des champs (*Hystrix sp.*), des rats des bambous (*Rhizomys sp.*) et des porcs-épics de Malaisie (*Hystrix brachyura*) dans 28 fermes de rongeurs au Vietnam entre 2013 et 2014 (Huong et al., 2020) dans lesquelles étaient observés des chiens, du bétail, des poulets mais aussi des sangliers, diverses espèces de serpents, des crocodiles, des civettes, des oiseaux sauvages... Entre 2003 et 2004, des anticorps contre le SARS-CoV-1 ont également été retrouvés chez 4 civettes masquées (*Paguma larvata*) dans une ferme d'élevage à Shanwei dans la province du Guangdong en Chine du Sud (Tu et al., 2004).

Les conditions dans lesquelles les animaux sont élevés favorisent le contact entre individus de la même espèce ou d'espèces différentes et donc la transmission de pathogènes : les chercheurs rapportaient la présence de plusieurs porcs-épics de Malaisie (*Hystrix brachyura*) par cages avec un contact possible entre enclos dans deux fermes exotiques (Huong et al., 2020). Les mesures de biosécurité dans ces fermes étaient également inexistantes ou sommaires. Aucune autorisation et aucun examen vétérinaire n'étaient nécessaires pour se lancer dans l'élevage et le commerce de civette masquée (Tu et al., 2004).

Il est à noter que certaines études n'ont pas détecté la présence de virus dans ces élevages d'animaux suggérant que la contamination se réalise plus en aval sur la chaîne du commerce (transport...) (Kan et al., 2005; Wiratsudakul et al., 2012).

3.3. Activités de ventes de faune sauvage

Dans les publications ciblées, la faune sauvage était principalement vendue dans des marchés ou dans des restaurants.

3.3.1. Marchés d'animaux vivants

Les marchés d'animaux vivants ou wet-market sont des marchés urbains dans lesquels les animaux sont vendus vivants ou fraîchement abattus pour leur viande mais parfois aussi comme animaux de compagnies ou d'élevage dans des fermes (Tu et al., 2004). Ces marchés ont régulièrement été pointés du doigt en terme de risque pour la santé publique notamment lors de la dernière pandémie de SARS-CoV-2 (Petrikova et al., 2020).

Les marchés constituent donc des points de regroupement pour des animaux originaires de différents pays et qui ont voyagé sur de longues distances : par exemple dans le marché de Guangdong mis en cause lors de l'épidémie de SARS-CoV-1 entre 2002 et 2004, et malgré l'interdiction du commerce de faune sauvage en Chine, plusieurs espèces d'oiseaux, de reptiles et de mammifères exotiques trouvés sur ce marché venaient de l'extérieur de la province, principalement de l'ouest de la Chine et du Vietnam mais aussi d'autres pays de l'Asie du Sud-Est (Xu et al., 2004).

La densité et l'accumulation d'un grand nombre d'espèces d'animaux exotiques au même endroit donnent l'opportunité à certaines espèces animales de se rencontrer sans que cela n'ait pu être possible dans leur milieu naturel (Greatorex et al., 2016; Kan et al., 2005; Tu et al., 2004). Lors d'une étude sur les risques zoonotiques dans des marchés au Laos, les chercheurs ont inspecté 7 marchés durant 21 enquêtes et ont compté plus de 6600 animaux sauvages dont 53% étaient vivants et 42% fraîchement morts (Greatorex et al., 2016).

Les espèces exotiques sur ces marchés sont porteuses d'un grand nombre de virus ou du moins ont été en contact avec de nombreuses espèces virales : l'ensemble des publications retrouvées rapportent en effet la présence d'anticorps ou de virus (coronavirus, hantavirus, arénavirus, virus Nipah...) chez une vingtaine d'espèces différentes prélevées dans des marchés situés au Vietnam, en Indonésie et en Chine du Sud (Berto et al., 2018; Greatorex et al., 2016; Guan et al., 2003; Huong et al., 2020; Kan et al., 2005; Tu et al., 2004; Xu et al., 2004) (Tableau 1). Par exemple, au Vietnam dans un marché, plus de 5 virus zoonotiques dont les arena-, les hanta- et les cowpoxvirus ont été retrouvés chez 5 espèces de rats communs (Van Cuong et al., 2015). Des chauves-souris prélevées sur un marché d'animaux vivants en Indonésie en 2002 possédaient des anticorps contre le virus Nipah (Sendow et al., 2006).

Néanmoins, les marchés ne sont pas seulement des points de rencontre dans lesquels les espèces exotiques s'échangent leurs pathogènes mais ils constituent également des sources d'infection pour la majorité des espèces (Guan et al., 2003). Par exemple, plusieurs études ont montré que la séroprévalence pour le SARS-CoV-1 dans les élevages de civettes masquées (*Paguma larvata*) était moindre voire nulle que celle pour les civettes trouvées sur les marchés (Tableau 1) (Kan et al., 2005; Tu et al., 2004). Les coronavirus sont endémiques chez les chauves-souris et ces dernières ont constitué un réservoir naturel du virus dans la nature et ont pu contaminer une civette qui a ensuite été vendue sur un marché. Cette dernière a donc constitué la source d'infection et d'amplification pour la plupart des civettes et d'autres espèces intermédiaires : en effet, le virus excrété de manière respiratoire et intestinale a été amplifié et a circulé parmi les espèces. L'émergence du SRAS (Syndrome Respiratoire Aigu Sévère), causé par le virus SARS-CoV-1, résulte donc de l'écologie créée par ces marchés d'animaux vivants en Chine du sud qui regroupent un grand nombre d'espèces ensemble et facilitent les contacts avec l'Homme (Dong et al., 2007; Kan et al., 2005).

Les conditions dans lesquelles sont stockées les espèces animales sur ces marchés favorisent le rapprochement inter-espèces et les soumettent à un stress constant. Les publications rapportent fréquemment la pauvreté des soins dispensés aux animaux : ces derniers sont en effet gardés dans des petites cages empilées les unes sur les autres avec peu de nourriture et sont très stressés et déshydratés entraînant ainsi une dépression de leur système immunitaire et favorisant l'excrétion et la transmission des pathogènes entre individus et espèces (Greatorex et al., 2016). Plusieurs espèces d'animaux sauvages ou domestiques d'origines diverses se côtoient parfois pendant des semaines offrant des opportunités d'échanges, de recombinaisons et d'amplifications aux virus (Guan et al., 2003; Huong et al., 2020; Kan et al., 2005; Tu et al., 2004). Lors de prélèvements sur des rats retrouvés dans des marchés au Vietnam entre 2013 et 2014, la relation phylogénétique a montré que les Betacoronavirus retrouvés chez les rats étaient reliés à certains Betacoronavirus circulant parmi les populations de rongeurs en Chine (Berto et al., 2018).

Dans ces marchés, les interactions répétées de l'Homme avec la faune sauvage exposent davantage certaines personnes (marchands...) qui présentent ainsi un risque accru de se faire contaminer par ces animaux. En janvier 2003, les premiers cas de l'épidémie de SARS-CoV-1 dans la province de Guangdong en Chine étaient des personnes habitant près d'un marché d'animaux vivants dans lequel les animaux étaient vendus puis abattus et dans lequel la viande était transformée. La séroprévalence contre le SARS-CoV-1 a par la suite démontré que les marchands d'animaux vivants étaient les plus contaminés et plus précisément les vendeurs de civettes (72,7%) (Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2003; Xu et al., 2004). De la même manière sur un marché en Chine du Sud en 2003, 40% des marchands d'animaux sauvages et 20% des personnes qui abattaient des animaux présentaient des anticorps contre le SARS-CoV-1 contre seulement 1% des marchands de légumes (Guan et al., 2003).

Le peu de précaution utilisée par les Hommes pendant leurs activités avec la faune sauvage les expose davantage aux risques zoonotiques viraux : en effet, les publications rapportent que certains abattages de rongeurs sont faits à la main sans équipements de protection ou mesures spécifiques de biosécurité (pas de gants, de masques, directement sur le sol...). Aucune certification n'est nécessaire pour vendre des animaux sauvages, et aucun examen vétérinaire n'est réalisé (Huong et al., 2020; Tu et al., 2004). Beaucoup d'animaux sont en effet issus du trafic de faune sauvage et vendus de manière illégale sur ces marchés (Dong et al., 2007; Xu et al., 2004).

En conclusion, ces lieux dans lesquels se concentre une forte densité d'espèces exotiques ou domestiques constituent une interface entre l'Homme, les animaux et les agents pathogènes, augmentant ainsi la probabilité d'émergence d'un nouveau pathogène. Les conditions qui prévalent dans ces marchés donnent en effet l'opportunité aux pathogènes viraux de circuler, se rencontrer, se recombinaisonner et ainsi être amplifiés et transmis à de nouveaux hôtes dont l'Homme.

3.3.2. Restaurants

En Asie du Sud-Est, certains restaurants proposent de la viande de brousse dans leur menu. Les animaux sauvages sont parfois stockés vivants et abattus sur place (Reynes et al., 2004). Au même titre que les marchés, les restaurants ont été incriminés dans l'épidémie de SARS-CoV-1. Pendant la première vague à la fin de l'année 2002 en Chine du Sud, les restaurateurs qui cuisinaient également la viande de brousse (abattage, manipulation, vente de produits animaux) faisaient partie des personnes contaminées. En effet, les 9 premiers manipulateurs d'aliments contaminés comprenaient 7 chefs de restaurants avec de la viande de brousse à la carte et dans lesquels des animaux exotiques étaient abattus, un restaurateur se fournissant sur le marché et enfin un vendeur de serpent habitué à manipuler plusieurs autres espèces exotiques (Xu et al., 2004).

Cependant, les personnes se contaminant dans les restaurants ne sont pas seulement les personnes cuisinant la viande. Durant la résurgence du SARS-CoV-1 pendant l'hiver 2003-2004 à Guangzhou en Chine du Sud, un restaurant a servi des civettes masquées positives au coronavirus à ses clients et a ainsi contaminé deux des quatre personnes malades : un client dont la table se trouvait à cinq mètres des cages et une serveuse qui n'avait ni consommé, ni touché de civettes mais passait à proximité des cages sont tombés malades. L'analyse phylogénétique a ensuite montré que le virus des civettes palmées prélevées dans le restaurant était étroitement lié aux virus d'animaux déjà décrits sur les marchés et aux virus isolés des patients. (Wang et al., 2005).

Le mode de consommation de la viande peut également représenter un danger zoonotique pour le consommateur. C'est le cas par exemple avec le virus de l'hépatite E qui peut se transmettre à l'homme lors de consommation de viande peu cuite de gibier sauvage. Cependant, aucune étude n'a encore rapporté d'infection suite à la consommation de viande de brousse en Asie du Sud Est ou en Chine du Sud (Wiratsudakul et al., 2012).

Les conditions dans lesquelles sont stockées les animaux sont aussi précaires dans les restaurants que dans les marchés et favorisent la proximité entre les espèces animales et les Hommes. Dans un restaurant de Guangzhou, les chercheurs rapportaient par exemple la présence de 8 cages empilées et posées directement sur le sol contenant 6 civettes près de la porte d'entrée du restaurant, à deux mètres seulement des premières tables et un mètre du couloir de circulation (Wang et al., 2005). Les études montrent que les espèces exotiques stockées dans ces restaurants ont été en contact ou sont porteuses d'un grand nombre de virus comme le virus Nipah, des lyssavirus ou divers coronavirus (Huong et al., 2020; Olson et al., 2002; Reynes et al., 2004; Wang et al., 2005).

En conclusion, le commerce de faune sauvage et la filière de viande de brousse impliquent un grand nombre d'acteurs et d'espèces animales. Le long de ces chaînes, les interactions répétées entre l'homme et les espèces animales augmentent la probabilité de contamination virale (Xu et al., 2004). Les étapes de vente en bout de la chaîne sont celles pendant lesquelles les risques de contamination sont les plus hauts : en effet, une augmentation du nombre de résultats positifs aux coronavirus le long de la chaîne d'approvisionnement de rats des champs a été observée au Vietnam: 20,7% de résultats positifs chez les rats vendus par les marchands, 32% chez les rats vendus dans les gros marchés, et 55.6% chez les rats servis dans les restaurants (Huong et al., 2020).

3.4. Autres

3.4.1. Surveillance du trafic d'animaux sauvages

Le trafic illégal d'animaux vivants concerne un grand nombre d'espèces animales qui sont capturées dans leur habitat naturel et voyagent sur de longues distances dans des conditions très stressantes. Lors de saisies par les douanes en Chine du Sud, plusieurs pangolins suspectés d'être l'hôte intermédiaire durant la pandémie de SARS-CoV-2 ont été contrôlés positifs au coronavirus ou du moins possédaient des anticorps contre (Lam et al., 2020; Wacharapluesadee et al., 2021; Xiao et al., 2020). Les douaniers sont donc exposés à ces virus mais aucun cas de transmission n'a été rapporté dans nos études.

3.4.2. Zoo, centre de reproduction pour la recherche

D'autres activités à risque et certaines activités professionnelles exposent l'Homme à la faune sauvage comme les personnes travaillant dans les zoos ou les centres de reproduction mais les cas de transmission de pathogènes zoonotiques dans ces conditions restent anecdotiques et ne constituent pas un mode de contamination majeur (Wiratsudakul et al., 2012).

4. Discussion

Cette revue bibliographique n'a pas vocation à être exhaustive sur les pratiques à risque ou la diversité des risques zoonotiques viraux encourus en Asie du Sud-Est et en Chine du Sud mais offre un aperçu de ces risques encourus au cours de divers contacts avec la faune sauvage. Elle permet de compléter certaines synthèses bibliographiques qui ont déjà été faites sur des sujets similaires ou dans certains pays d'Asie du Sud-Est (Cantlay et al., 2017; Clement et al., 2019; Kilonzo et al., 2013).

Cette synthèse bibliographique permet tout d'abord d'illustrer la diversité des pathogènes viraux zoonotiques portés par la faune sauvage. Les chauves-souris sont des espèces réservoirs d'un grand nombre d'espèces virales dont les coronavirus (Huong et al., 2020; Wacharapluesadee et al., 2013). Beaucoup d'autres espèces

exotiques ont été en contact avec de nombreux pathogènes viraux ou sont des hôtes porteurs et amplificateurs de virus zoonotiques comme cela a été le cas pour les civettes lors de l'épidémie de SARS-CoV-1 (Guan et al., 2003).

La présence de certains virus est uniquement reportée dans la faune sauvage mais aucun lien n'est fait entre pratiques à risques en Asie du Sud-Est et contamination humaine. C'est le cas par exemple des arénavirus retrouvés chez des rongeurs dans plusieurs pays d'Asie du Sud-Est et se transmettant à l'Homme lors d'activités au cours desquelles des contacts avec leurs excréments ont lieu (chasse, consommation de rongeurs...). Ces virus ont également des impacts importants sur la santé publique en Afrique de l'Ouest et en Amérique du Sud provoquant respectivement la fièvre de Lassa et des fièvres hémorragiques (Blasdell et al., 2016; Charrel and de Lamballerie, 2010; Douno et al., 2021; Li et al., 2015; Nitatpattana et al., 2000).

Des études concernant des rongeurs infectés par des hantavirus sont également publiées en Asie du Sud-Est et en Chine du Sud mais peu de publications investiguent les voies de transmission bien que de nombreux cas humains soient recensés chaque année dans le monde entier (Johansson et al., 2010; Mitchell, 2019; Wang et al., 2017).

Les poxvirus sont également présents chez un grand nombre d'espèces animales domestiques et sauvages et sont régulièrement mentionnés comme risques zoonotiques viraux encourus lors de pratiques à risque (commerce de viande de brousse...). Néanmoins, la contamination de l'Homme par les espèces de faune sauvage lors de ces activités en Asie du Sud-Est et en Chine du Sud est très peu documentée (Bohelay and Duong, 2019; Cantlay et al., 2017; Greatorex et al., 2016).

Des études plus poussées sur le risque de transmission du virus de l'hépatite E (VHE) par la consommation de viande sauvage devraient également être réalisées en Asie du Sud-Est. En effet, des cas de zoonoses sont rapportés chez l'Homme suite à la consommation de viande de sanglier peu cuite au Japon et le virus a été retrouvé chez plusieurs espèces exotiques comme des lapins en Chine du Nord, des biches et mangoustes au Japon... (Li et al., 2005; Masuda et al., 2005; Nakamura et al., 2006; Takahashi et al., 2004; Toyoda et al., 2008). Il a été confirmé récemment à Hong Kong que le VHE-C, dont le réservoir naturel est les rongeurs, peut également être pathogène pour l'homme (Sridhar et al., 2021).

Malgré l'interdiction de certaines activités à risque (marchés, trafics...), les Hommes continuent néanmoins de les pratiquer en Asie du Sud-Est pour diverses raisons : économie, tradition... (Luskin et al., 2014; Suwannarong et al., 2020; Xu et al., 2004). Des points communs entre ces activités favorisent l'émergence de nouveaux pathogènes zoonotiques : la création par l'Homme d'interfaces entre les animaux sauvages, les virus et lui-même sans lesquelles les trois ne seraient pas amenés à se rencontrer et le manque de mesures de biosécurité et de réglementations (accréditations, inspection par les services vétérinaires) pour encadrer ces activités sont souvent pointés du doigt par les auteurs. La pratique de ces activités offre l'opportunité aux virus de se transmettre entre espèces, de s'amplifier, se recombiner et circuler parmi les populations exposant donc l'Homme aux risques zoonotiques viraux portés par la faune sauvage. Cependant, pour la majorité des virus, les mécanismes de transmission viraux restent à ce jour inconnus et des investigations plus poussées dans ces activités sont nécessaires sur le sujet.

Des activités professionnelles autres que les activités commerciales comme les rangers, les forestiers amènent également l'Homme au contact de la faune sauvage et mériteraient d'être investiguées. Les risques zoonotiques viraux encourus lors de l'utilisation de certaines espèces de faune sauvage dans la médecine traditionnelle en Asie du Sud-Est font également l'objet d'un nombre restreint de publications.

Les oiseaux sauvages n'ont pas été abordés dans cette revue bibliographique : les épidémies d'influenza aviaries sont cependant un bel exemple de risque zoonotique viral encouru lors d'activités à risque en relation avec la faune sauvage en Asie du Sud-Est et en Chine du Sud. Les conditions dans lesquelles sont élevées les volailles favorisent leur contact avec les oiseaux sauvages et la transmission de pathogènes. De surcroît, les habitants de cette région ont comme coutume la chasse, la vente et la consommation d'un grand nombre d'espèces d'oiseaux sauvages les exposant également aux pathogènes portés par celles-ci. Très répandus dans ces pays, les marchés d'oiseaux vivants (live bird market) sont propices aux contacts entre espèces et aux multiples circulations et recombinaisons viraux (Nga et al., 2019).

En conclusion, la faune sauvage est le réservoir d'un grand nombre de virus en Asie du Sud-Est et en Chine du Sud. Ce travail bibliographique montre que les interactions multiples et répétées au cours des activités au contact de faune sauvage donnent ainsi l'opportunité à certains pathogènes viraux de se transmettre à l'Homme. L'émergence de pathogènes viraux et les événements de recombinaison pourraient être en partie évités si la transmission de ces virus étaient mieux comprises et les activités à risque plus réglementées. Il est donc

nécessaire d'avoir une meilleure connaissance des interactions possibles entre les trois compartiments (Homme, faune sauvage, pathogène) afin de quantifier les risques à l'interface Homme-faune sauvage ce qui permettrait à terme de prévenir de futures pandémies.

Tableau 1 : Tableau de synthèse des risques zoonotiques viraux encourus par l'Homme lors de diverses activités au contact avec la faune sauvage en Asie du Sud-Est et en Chine du Sud

Virus		Pays et date de prélèvements	Lieux de prélèvements	Espèces animales	Résultats des tests/Prévalence	Techniques de détection et d'identification	Résultats des tests et techniques de détection utilisées chez l'Homme	Références et date de publication	
SARS-CoV-2		Chine du Sud (Août 2017-Janvier 2018)	Douane (Trafic d'animaux sauvages)	Pangolin Javanais (<i>Manis javanica</i>)	6/43 échantillons congelés de tissus (poumons, intestins, sang) positifs	Séquençage de l'ADN (Next Generation Sequencing NGS)		(Lam et al., 2020)	
		Chine du Sud (Février-Juillet 2020)		Pangolin Javanais (<i>Manis javanica</i>)	1/10 échantillon de sérum positif	Test de neutralisation virale de substitution (sVNT)		(Wacharapluesadee et al., 2021)	
	SARS-Cov2-like	Chine du Sud (Mars-Décembre 2019)		Pangolin Javanais (<i>Manis javanica</i>)	17/25 tissus pulmonaires positifs et 1/8 sera positifs	ELISA, RT-PCR		(Xiao et al., 2020)	
SARS-CoV-1		Chine du Sud	Marché d'animaux vivants	Civette masquée (<i>Paguma larvata</i>)	6/6 écouvillons rectaux et nasaux positifs et 3/6 sera positifs	Séronéutralisation, RT-PCR	Séronéutralisation positive chez 40% des marchands d'animaux sauvages, 20% des personnes qui tuaient les animaux contre 0% dans le groupe contrôle et 1% chez les marchands de légumes	(Guan et al., 2003)	
				Chiens viverrins (<i>Nyctereutes procyonoides</i>)	1/1 écouvillon rectal positif et 1/1 sérum positif				
				Mélogale de Chine (<i>Melogale moschata</i>)	1/2 sérum positif				
		Chine du Sud (en janvier 2004)	Marché d'animaux vivants	Elevage de civettes masquées	Civette masquée (<i>Paguma larvata</i>)	91/91 écouvillons rectaux et/ou oraux positifs	RT-PCR et Nested RT-PCR		(Kan et al., 2005)
					Chien viverrin (<i>Nyctereutes procyonoides</i>)	15/15 écouvillons rectaux et/ou oraux positifs			
					Civette masquée (<i>Paguma larvata</i>)	0/1107 écouvillons rectaux et/ou oraux positifs			
		Chine du Sud (en Novembre 2003)	Marchés d'animaux vivants	Elevage de civettes masquées	Civette masquée (<i>Paguma larvata</i>)	14/18 sera positifs	Test d'immunofluorescence indirecte (IFA) puis test de neutralisation virale		(Tu et al., 2004)
					Civette masquée (<i>Paguma larvata</i>)	4/38 sera positifs			
		Chine du Sud (hiver 2003-2004)	Restaurant		Civette masquée (<i>Paguma larvata</i>)	6/6 échantillons positifs (prélèvements rectaux et oraux, sera)	ELISA et nested-PCR	Anticorps IgG trouvés chez 2/39 employés du restaurant	(Wang et al., 2005)
		Chine du Sud (2003)	Marché d'animaux sauvages vivants Restaurants					Séroprévalence des IgG chez les marchands d'animaux vivants : 13% contre 1.2% chez le groupe contrôle et on trouve la plus grande prévalence (72,7%) parmi les vendeurs de civettes	(Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2003; Xu et al., 2004)
Coronaviridae (potentiellement zoonotique) autre que SARS-CoV1 et SARS-CoV2	Alpha et beta Coronavirus	Vietnam (entre 2012 et 2014)	Ferme de chauves-souris (bat guano farm)	Chauves-souris insectivores (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)	0/222 prélèvements urinaires et 55/248 prélèvements fécaux positifs (alphacoronavirus)	PCR		(Berto et al., 2018)	
			Marchés d'animaux vivants (wet market)	Rats (<i>Bandicota indica</i> , <i>Rattus argentiventer</i> , <i>Rattus losea</i> , <i>Rattus tanezum</i>)	12/270 prélèvements fécaux positifs (betacoronavirus)				
		Chine du Sud (2005)	Marché d'animaux vivants Commerce illégal d'animaux sauvages	Asian leopard cats (<i>Prionailurus bengalensis</i>):	35/1453 d'échantillons rectaux positifs (espèce positive à de multiples occasions)	RT-PCR		(Dong et al., 2007)	
		Chinese ferret badgers (<i>Melogale moschata</i>)	11/934 d'échantillons rectaux positifs (espèce positive à de multiples occasions)						
		Belette à ventre jaune, Belette Sibérienne, Civette masquée, Rat bambou chinois, Civette indienne, Ecreuil volant	Espèces positives seulement à une occasion (échantillons rectaux)						

6 coronavirus appartenant aux alpha, beta et gamma coronavirus	Vietnam (entre 2013 et 2014)	Marchés d'animaux vivants, Commerce de rongeurs	Rat des champs (<i>Rattus & Bandicota</i>) destinés à la consommation humaine	Respectivement 129/373 et 110/329 échantillons positifs (écouvillons oraux) avec une augmentation du taux le long de la chaîne d'approvisionnement	PCR		(Huong et al., 2020)	
		Elevage de rongeurs	Rats des champs (<i>Hystrix sp.</i>), Porc-épic de Malaisie (<i>Hystrix brachyura</i>) et Rat des bambous (<i>Rhizomys sp</i>)	Respectivement 11/23, 20/331 et 6/96 d'échantillons fécaux ou urinaires positifs				
		Ferme de chauves-souris (bat guano farm)	Chauves-souris insectivores (<i>Microchiroptera</i>)	234/313 échantillons d'excréments positifs				
Alphacoronavirus et deltacoronavirus	Thaïlande (en 2012)	Piégeage des chauves-souris près d'élevages porcins, de nichoirs à proximité d'habitations humaines et de vergers d'arbres fruitiers	Chauves-souris (<i>Pteropus lylei</i>)	68/367 prélèvements rectaux positifs	RT-PCR		(Wacharapuesadee et al., 2018)	
Betacoronavirus	Thaïlande entre 2006 et 2007	Grotte dans laquelle est récolté le guano	Chauves-souris de 14 espèces différentes observées dont <i>Tadarida plicata</i> , <i>Taphozous melanopogon</i> , <i>Taphozous theobaldi</i> , et <i>Hipposideros larvatus</i> .	4/104 échantillons de guano sec positifs	PCR et RT-PCR		(Wacharapuesadee et al., 2013)	
Paramyxovirus	Vietnam (entre 2012 et 2014)	Ferme de chauves-souris (bat guano farm)	Chauves-souris insectivores (<i>Pipistrellus kuhlii</i>)	11/222 prélèvements urinaires et 4/248 prélèvements fécaux positifs	PCR		(Berto et al., 2018)	
Virus Nipah et autres henipavirus	Malaisie et Singapour	Piégeage des chauves-souris dans des vergers près d'élevages porcins	Chauves-souris frugivores (<i>Pteropus vampyrus</i> et <i>hypomelanus</i>)	63/163 et 14/80 sera positifs	Séroneutralisation		(Pulliam et al., 2012)	
	Indonésie (entre Juillet et Août 2002)	Marchés d'animaux vivants (wet market)	Chauves-souris (<i>Pteropus vampyrus</i>)	25/106 infectées par le virus Nipah et 2/106 par un henipavirus	ELISA puis séroneutralisation		(Sendow et al., 2006)	
	Cambodge (entre Septembre 2000 et Mai 2001)	Restaurant	Chauves-souris (<i>Pteropus lylei</i>)	50/458 échantillons positifs avec l'ELISA et 6/43 avec la ST	ELISA puis séroneutralisation (ST)	9 personnes travaillant dans les restaurants : pas de séropositivité (ELISA puis ST)	(Reynes et al., 2005)	
	Nipah Like Virus	Cambodge	Restaurant	Chauves-souris (<i>Pteropus lylei</i>)	11/96 sera positifs	Essai immunoenzymatique (EIA)		(Olson et al., 2002)
Virus de l'hépatite E	Thaïlande (entre février et juin 2009)	Elevage de sangliers Centre de reproduction de sangliers pour la recherche Zoo	Sangliers	1/16 échantillons fécaux positives d'un sanglier originaire du centre de reproduction	RT-PCR		(Wiratsudakul et al., 2012)	
Lyssavirus	Australian Bat Lyssa virus (ABLV)	Philippines (en 1998)	Piégeage des chauves-souris près des vergers ou grâce aux chasseurs	Chauves-souris insectivores et frugivores (14 espèces différentes)	22/231 échantillons de sera positifs	Séroneutralisation	(Arguin et al., 2002)	
		Cambodge	Restaurant	Chauves-souris frugivores et insectivores	144/981 tissus cérébraux positifs avec l'ELISA et 30/187 avec la ST	ELISA puis séroneutralisation (ST)	(Reynes et al., 2004)	
Hantavirus	Dobrava virus (DOBV) Seoul virus (SEOV)	Vietnam (Octobre 2012 et Mars 2013)	Marchés d'animaux vivants et piégeages dans les champs	5 espèces de rats communs (<i>Rattus argentiventer</i> , <i>Bandicota indica</i> , <i>R. tanezumii</i> , <i>R. norvegicus</i> , <i>R. exulans</i>)	19/275 sera positifs	Test d'immunofluorescence indirect (IFAT)	9/245 sera positifs (IFAT) récoltés chez des personnes impliquées dans l'élevage, l'abattage de bétail ou faune sauvage (min 10h/semaine) et leurs proches	(Van Cuong et al., 2015)
Arenavirus	Lymphocytic choriomeningitis virus (LCMV)	Vietnam (Octobre 2012 et Mars 2013)	Marchés d'animaux vivants et piégeages dans les champs	5 espèces de rats communs (<i>Rattus argentiventer</i> , <i>Bandicota indica</i> , <i>R. tanezumii</i> , <i>R. norvegicus</i> , <i>R. exulans</i>)	1/275 sera positifs	Test d'immunofluorescence indirect (IFAT)	2/245 sera positifs (IFAT) récoltés chez des personnes impliquées dans l'élevage, l'abattage de bétail ou faune sauvage (min 10h/semaine) et leurs proches	(Van Cuong et al., 2015)

PARTIE 2 : Travail d'analyse

Caractérisation de la population humaine à l'interface avec la faune sauvage et facteurs associés à l'exposition aux coronavirus dans 2 provinces rurales au Cambodge

1. Introduction

Les coronavirus appartiennent à la famille des Coronaviridae, sous-famille des Coronavirinae et sont divisés en 4 sous-groupes : les Alpha-, Beta-, Gamma-, Deltacoronavirus. Ils sont retrouvés chez l'Homme et un grand nombre d'espèces animales domestiques ou sauvages (Vabret and Meriadeg Ar, 2019). Lors d'interactions répétées entre l'Homme et la faune sauvage, certains coronavirus portés par des espèces exotiques s'adaptent, deviennent pathogènes pour l'Homme et l'infectent provoquant ainsi des épidémies (Jones et al., 2008). Les contacts plus ou moins directs avec des dromadaires infectés de la péninsule arabique ont ainsi favorisé l'apparition du MERS-CoV en 2012 (Omrani et al., 2015). En Asie du Sud-Est et en Chine, les marchés d'animaux vivants sont très répandus et concentrent un grand nombre d'espèces animales domestiques ou sauvages dans des endroits restreints ce qui favorisent les processus d'adaptation virale entre espèces. Cela a été le cas des marchés de la province de Guangdong en Chine dans lesquels ont eu lieu l'émergence du SARS-CoV-1 entraînant l'épidémie de SRAS entre 2002 et 2004 en Asie du Sud-Est et en Chine (Bell et al., 2004; Wang et al., 2005; Xu et al., 2004). Ces marchés sont également mis en cause dans l'épidémie actuelle de COVID-19, due à un autre Betacoronavirus, le SARS-CoV-2 (Ji et al., 2020; Petrikova et al., 2020; Zhu et al., 2020).

Malgré les campagnes de sensibilisations menées régulièrement par le gouvernement et les ONG (Organisation Non Gouvernementale), les traditions sont profondément ancrées et le commerce d'espèces sauvages reste très répandu au Cambodge (Chakrya, 2018; PREDICT Consortium, 2014). La chasse et la consommation de viande de faune sauvage fournissent un apport de protéines à certaines communautés rurales cambodgiennes isolées (PREDICT Consortium, 2014).

Les projets PREDICT (<https://p2.predict.global/>) et PREVENT ont précédemment décrit ces activités de consommation de viande de brousse dans trois provinces rurales au Cambodge afin d'évaluer les risques d'émergence de virus zoonotiques dont les coronavirus. Une étude de l'ONG FFI (Flora and Fauna International) conduite en 2018, a également détaillé les habitudes de consommation de viande de brousse des habitants de Phnom Penh, capitale du Cambodge. Lors de ces travaux, la perception des dangers que peut représenter la faune sauvage et l'identification de facteurs de motivations pour ces activités ont également été inspectées en vue d'être utilisées pour de prochaines campagnes de sensibilisation. Cependant l'étude des composantes du commerce de viande de brousse est restée préliminaire. Les relations entre l'écologie des espèces animales concernées et les activités humaines méritent d'être explorées et permettraient une meilleure compréhension des mécanismes de transmissions d'agents pathogènes à l'interface Homme-faune sauvage et par conséquent une identification facilitée des personnes à risque.

Il est donc nécessaire aujourd'hui d'améliorer nos connaissances concernant les interactions possibles entre les trois compartiments (Homme, faune sauvage, pathogène) afin de qualifier et surtout quantifier les risques à l'interface Homme-faune sauvage. Le projet ZooCov « Vers la mise en place d'un système de surveillance intégré des coronavirus dans la filière de viande de brousse au Cambodge » est un projet financé conjointement par l'ANR, la Région Occitanie et la Pasteur Asia Foundation. Il est coordonné par V. Chevalier (CIRAD) et a pour objectif une analyse approfondie de la filière de viande de brousse au Cambodge et une description de la diversité des Betacoronavirus y circulant afin de développer à terme un système de surveillance et de détection précoce d'épidémies ou d'événements de spill-over viraux. Le projet repose sur 4 volets : 1) l'analyse du réseau du trafic de faune sauvage et des marchés d'animaux vivants et la description des pratiques à l'interface Homme/faune sauvage, 2) la compréhension des perceptions et pratiques liées à la consommation de viande de brousse et autres activités potentiellement à risque, et leur évolution au cours des différentes épidémies ou pandémies (grippe aviaire, SRAS, COVID-19) , 3) la quantification du risque au niveau de cette interface et 4) la surveillance One Health de la circulation des Betacoronavirus et les risques d'émergence (Chevalier, 2020).

Le projet, toujours en cours, est réalisé en collaboration avec les Ministères cambodgiens de la santé, de l'agriculture et de l'environnement ainsi que diverses ONG de conservation (WCS (Wildlife Conservation

Society), WWF (World Wildlife Fund), FFI (Flora and Fauna International), Elephant Livelihood Initiative Environment (ELIE), Jahoo et Birdlife International), et instituts de recherche. Le projet a reçu l'accord du comité national d'éthique pour la recherche en santé humaine en Juin 2020 (N°143 NECHR, June 29, 2020) (Annexe 4).

Ce travail s'inscrit donc dans le cadre du projet ZooCov (volet 1) et a pour objectif une première caractérisation de la population humaine à l'interface avec la faune sauvage et l'identification des facteurs associés à l'exposition aux coronavirus dans 2 provinces au Cambodge : le Mondulkiri et Stung Treng (Figure 1). Pour cela, entre Août 2020 et Mars 2021, quatre enquêtes quantitatives avec prélèvements sanguins ont été menées auprès de personnes potentiellement exposées à la faune sauvage et/ou à la viande de brousse au cours de leurs pratiques personnelles ou de leurs activités professionnelles (consommateurs, vendeurs, chasseurs, forestiers, rangers).

2. Matériel et méthodes

2.1. Schéma de l'étude

Cette étude est une étude descriptive transversale.

2.2. Sites d'étude

Le Cambodge est un pays d'Asie du Sud-Est composé de 25 provinces et frontalier avec la Thaïlande, le Laos et le Vietnam : la population totale est de 15 552 211 habitants pour une superficie de 181 035 km² dont la moitié est encore recouverte de forêt malgré la déforestation massive. Le climat est tropical avec deux saisons : la saison des pluies de mai à novembre et la saison sèche de décembre à avril. L'agriculture est le secteur économique dominant et le revenu annuel moyen par habitant est de \$1530 (Banque mondiale, 2019; Cambodia: Ministry of Environment, 2018; National Institute of Statistics Ministry of Planning, 2020).

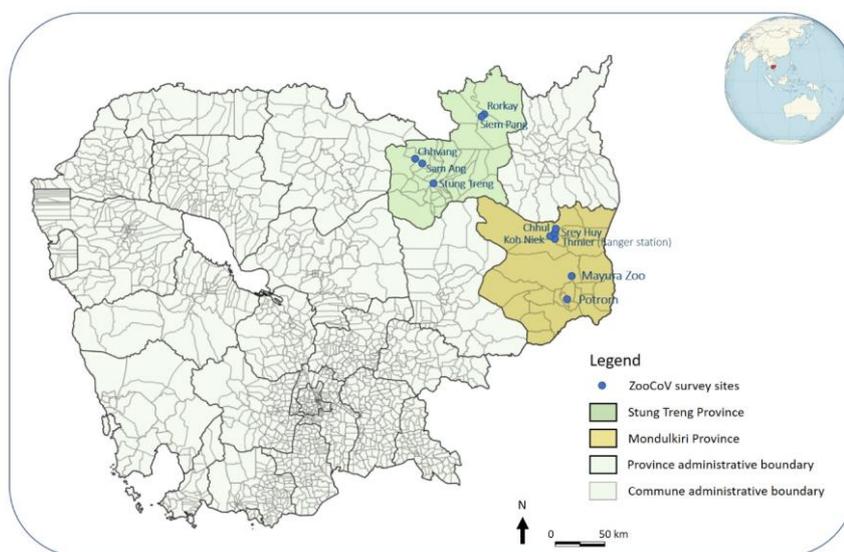


Figure 1: Carte du Cambodge avec les différents sites d'interviews dans les deux provinces pilotes : Mondulkiri et Stung Treng. Les sites mentionnés sont les sites d'interviews et non pas les lieux de résidence des personnes interrogées. Carte réalisée par J. Guillebaud à l'aide du logiciel QGIS.

L'étude s'est déroulée dans deux provinces cambodgiennes : la province de Mondulkiri (MK) et la province de Stung Treng (ST) (Figure 1). La province du Mondulkiri à l'Est du Cambodge à la frontière avec le Vietnam est l'une des provinces dont la superficie est la plus grande du pays (14 288 km²) mais aussi l'une des moins densément peuplées (6 hab/km²) du pays. La province abrite de nombreux sanctuaires et zones protégées comme celui de Keo Seima Wildlife Sanctuary, Phnom Prich Wildlife Sanctuary et Srepok Wildlife Sanctuary. La province de Stung Treng, quant à elle est située au Nord-Est du pays à la frontière avec le Laos. C'est une grande province (11 092 km²) dont la densité de population est également faible (15 hab/km²) (National Institute of Statistics Ministry of Planning, 2020). Elle héberge également de nombreux sanctuaires de faune sauvage (Siem Pang Wildlife Sanctuary). Ce sont donc deux provinces rurales du Cambodge dans lesquelles la surface forestière est encore importante malgré la déforestation. La consommation, le commerce de faune sauvage ainsi que la présence de colonies de chauves-souris ont été rapportés (Cambodia: Ministry of Environment,

2018; Chevalier, 2020). De plus, les projets PREDICT et LACANET ont permis la détection de Betacoronavirus au sein d'espèces d'animaux sauvages dans ces 2 provinces (Lacroix et al., 2017).

Lors de meetings participatifs avec des membres du gouvernement cambodgiens et diverses ONG, les acteurs susceptibles d'être impliqués dans les filières de viande de brousse et les villages et sites de prélèvements les plus intéressants ont été identifiés : villages entourés de forêts connus pour être des lieux de chasse, sanctuaires, zones protégées...

2.3. Population ciblée et création des questionnaires

La population cible était les adultes (âgés de 18 ans ou plus) vivant dans les villages sélectionnés des provinces du Monduliri et de Stung Treng et ayant eu des contacts directs avec la faune sauvage ou la viande de brousse ou pas depuis janvier 2020.

Afin de décrire les activités à risque et d'investiguer le lien entre celles-ci et le risque de contamination par les coronavirus, six questionnaires différents ont été créés selon 5 pratiques personnelles ou professionnelles qui amènent potentiellement l'Homme au contact de la faune sauvage : consommation, chasse et vente de faune sauvage, activités de ranger et de forestier. Les forestiers sont des personnes vivant dans la forêt ou à sa lisière, principalement des agriculteurs ou des chasseurs qui partent souvent chasser ou réaliser d'autres activités (récolte de fruits...) dans la forêt pour des périodes de quelques jours à plusieurs semaines et se trouvent donc en possible contact avec la faune sauvage. Le dernier questionnaire était destiné aux personnes qui déclarent n'avoir pratiqué aucune activité à risque. Ces questionnaires ont été créés en ligne à l'aide de l'application KoboToolbox (<https://www.kobotoolbox.org/>) (Annexe 9).

2.4. Collecte de données

Au total, deux sessions sur le terrain ont été organisées dans les deux provinces : la première en saison humide, en août 2020 dans la province de Stung Treng et en octobre 2020 dans la province du Monduliri et la deuxième en saison sèche en février 2021 dans le Monduliri et mars 2021 dans la province de Stung Treng.

En accord avec les chefs des villages sélectionnés lors de réunions participatives préliminaires, les entretiens individuels ont été réalisés de deux manières différentes : certains ont préféré convoquer les personnes et des rassemblements collectifs ont été organisés tandis que d'autres estimaient qu'un porte-à-porte ou des visites de lieux où sont pratiquées ces activités (marché, restaurant...) seraient plus efficace.

Les entretiens ont été réalisés sur base volontaire et un consentement éclairé a été signé après explication du projet et de ses objectifs par un des interviewers. Chaque personne était interviewée en face à face en khmer par une personne de l'équipe qui a eu une journée de formation en amont. Les réponses aux questions étaient notées sur un questionnaire papier ou enregistrées directement sur l'application Kobotoolbox sur une tablette numérique. Chaque entretien était également enregistré pour une éventuelle réécoute au besoin.

En plus de la collecte de données sociodémographiques, il a été demandé à chaque participant s'il avait eu des contacts avec la faune sauvage depuis Janvier 2020 et de quelle manière. Selon la réponse (chasse, consommation, vente, ranger, forestier, aucune activité), il était interrogé avec l'un des 6 questionnaires. Certaines personnes pouvaient déclarer plusieurs activités. Il y a donc eu une hiérarchisation dans le choix des questionnaires posés en fonction de l'activité déclarée : une personne déclarant chasser et consommer de la faune sauvage était interrogée avec le questionnaire « Chasseur ». Certaines questions du questionnaires « chasseur » étaient cependant relatives à la consommation. Les activités des rangers et des forestiers primaient sur les trois types d'activités de commerce de viande de brousse selon le temps passé à réaliser l'activité.

2.5. Prélèvements sanguins et analyses de laboratoire

Une prise de sang a été réalisée pour chaque participant. Les prélèvements sanguins humains ont été conservés dans une glacière au maximum 48h avant d'être envoyé à l'Institut Pasteur du Cambodge à Phnom Penh. Une fois réceptionnés, ils ont été aliquotés : les sera et les culots sanguins ont été placés immédiatement à -80°C.

Pour des raisons techniques, les deux protocoles de tests utilisés durant la crise sanitaire sont des tests développés en interne. Un premier dépistage par le test ELISA indirect (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) a été réalisé afin de détecter les anticorps au SARS-CoV-2. L'ELISA a été effectué ici comme un premier test

de screening et une moyenne des deux lectures de la densité optique par spectrophotométrie à 405nm (OD 405) a permis de trouver un premier résultat négatif, positif ou équivoque aux SARS-CoV-2. Une confirmation ou une exclusion des résultats positifs et équivoques ont ensuite été effectuées par un test de neutralisation (NT) compte tenu des possibles réactions croisées entre l'antigène du SARS-CoV-2 de l'ELISA et des anticorps dirigés contre d'autres coronavirus. Ce dernier test utilise des virus vivants et est considéré comme un des tests les plus spécifiques car ils ne mesurent pas seulement la liaison des anticorps à l'antigène viral mais détecte aussi les anticorps « fonctionnels » c'est-à-dire capables de neutraliser le virus. Un test ELISA a été réalisé en amont car, excepté l'élaboration de l'antigène SARS-CoV-2, le test est plus rapide et peut s'effectuer dans un laboratoire de biosécurité de niveau 1 contrairement au test de neutralisation (NT) plus chronophage et nécessitant des manipulations dans un laboratoire de biosécurité niveau 3. Ce protocole était donc le plus optimal en terme de coût-bénéfice et au vu du nombre d'échantillon total et des technologies disponibles (Annexe 10).

2.6. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (R version 4.0.5 Patched (2021-03-31 r80164)) et de Microsoft Office Professional Excel 2016.

2.6.1. Nettoyage de données

Les données sur Kobotoolbox ont été exportées dans un tableur dans Microsoft Office Excel et ont été traduites du khmer à l'anglais par l'enquêteur principal de l'équipe du projet. Les personnes non prélevées ont été exclues de notre étude. Un nettoyage de la base de données a été réalisé dans un premier temps sur Excel puis sur R (R version 4.0.5 Patched (2021-03-31 r80164)) à l'aide notamment des packages dplyr et stringR.

2.6.2. Présentation des variables étudiées

2.6.2.1. Variables d'intérêt

Le **statut d'exposition** est une variable créée et constituée de deux modalités : une personne est dite « exposée » quand elle déclare avoir eu au moins un contact direct avec la faune sauvage depuis Janvier 2020 (chasse, vente, consommation de faune sauvage, activité forestière ou de ranger) et a donc répondu à l'un des 5 questionnaires réservés aux personnes exposées selon leur activité. Une personne est dite « non-exposée » quand elle n'a déclaré n'avoir eu aucun contact avec la faune sauvage et a répondu au questionnaire des personnes « non-exposées ». Ainsi, il existe également une variable « **catégorie** » pour chaque type de questionnaire : consommateur, chasseur, vendeur, forestier, ranger, non exposé.

Le **statut sérologique** rend compte des résultats sérologiques préliminaires et de l'exposition au SARS-CoV-2 ou à d'autres coronavirus. Elle est constituée de 2 modalités : « Négatif » lorsque l'ELISA a donné un résultat négatif et « Positif », sous-entendu « positif au coronavirus autre que le SARS-CoV-2 » lorsque l'ELISA a donné un résultat positif et que la séroneutralisation a donné un résultat négatif.

2.6.2.2. Variables explicatives

Différentes questions sociodémographiques ont été posées et ont donc naturellement donné lieu aux **variables sociodémographiques** suivantes : âge, genre, province, ethnie, religion, niveau d'éducation, salaire mensuel du foyer (en \$ américain), métier (ou métier principal), nombre de membres dans le foyer, nombre d'enfants dans le foyer (<18 ans).

Les variables quantitatives suivantes ont été nivelées à l'aide des quartiles : l'âge (18-25ans, 26-32ans, 33-44ans,45ans+), le nombre de membres dans le foyer (1-4p,5-7p,8p+) et le nombre d'enfants âgés de moins de 18 ans vivant dans le foyer (0-1,2,3+).

Les activités professionnelles ont été classées à l'aide de l'Occupational Classification for Cambodia General Population Census (2008) : Travailleurs agricoles, forestiers et de la pêche, Rangers, Managers, Travailleurs des services et de la vente, Artisans et ouvriers qualifiés, Sans-emploi. Les Rangers étant le seul métier dans la catégorie « Professionals » du groupe 2, il a été décidé de renommer cette catégorie « Ranger ». Les travailleurs des services et de la vente ainsi que les artisans et ouvriers qualifiés ont été classés comme « Chef d'entreprise et employés ».

Au vu de l'effectif faible de certaines modalités et afin d'optimiser les analyses, un regroupement a été effectué. Les Krols et les Thmons, originaires du Mondulkiri ont été rassemblés dans une catégorie « Krol,Thmon ». Les ethnies « Kouy, Laotien » majoritairement retrouvées dans la province de Stung Treng ont été regroupées dans

une modalité « Autre ». Les effectifs des ethnies se répartissent donc entre les Khmers, les Phnongs, les Krols/Thmons et les Autres. Les religions chrétiennes et musulmanes ont également été regroupées dans une variable « Autre ». Les différentes religions sont donc les Bouddhistes, les Animistes et les Autres. Enfin, les personnes étant allées à l'école secondaire, au lycée ou à l'université ont été classées dans un même groupe « Ecole secondaire, Lycée, Université ». Le niveau d'éducation se répartit entre les personnes qui n'ont pas d'éducation formelle, qui sont allés à l'école primaire ou à l'école secondaire/lycée/université. Les personnes n'ayant reçu aucune éducation formelle sont les personnes qui n'ont pas reçu d'enseignement organisé et dispensé à l'école.

Parmi la population exposée, des questions concernant **six types de contact** avec la faune sauvage ont été posées : ont-ils touché un animal sauvage vivant ? Mort ? Ont-ils tué un animal sauvage ? Ont-ils manipulé de la viande de brousse crue ? Ont-ils mangé de la viande de brousse crue ? Cuite ? Six variables avec 2 modalités différentes (« oui », « non ») permettent donc de décrire ces types de contacts.

La **fréquence des contacts** a également été renseignée : annuelle, mensuelle, hebdomadaire ou quotidienne. Pour chaque type de contact, un coefficient a été attribué à la fréquence déclarée : un facteur 0 s'il n'y avait pas de contact ou pas de réponse, un facteur 1 pour un contact annuel, un facteur 12 pour un contact mensuel, un facteur 52 pour un contact hebdomadaire et un facteur 365 pour un contact quotidien. Pour chaque personne exposée, les coefficients des fréquences de chaque type de contact ont été additionnés afin de donner une **fréquence d'exposition à la faune sauvage** qui a été classée en 5 catégories selon la valeur du coefficient de fréquence finale : « pas de réponse » (valeur=0), « très faible » (valeur=1-6), « faible » (valeur=7-72), « élevée » (valeur=73-312), « très élevée » (valeur >312).

2.6.3. Analyses descriptives

Dans un premier temps, la population a été décrite en terme d'effectif, de proportion et des ACM ont été réalisés.

Tableau d'effectif, de proportion et histogramme : La description de la population interrogée, de l'exposition, de la fréquence d'exposition, des types de contacts déclarés avec la faune sauvage et les résultats sérologiques préliminaires ont été effectuées à l'aide de tableaux d'effectifs grâce aux packages R suivants : tidyverse, labelled, finalfit (fonction summary_factorlist) et gt. Des histogrammes sont également disponibles en annexe afin de compléter la description de la population interrogée et ont été réalisées sur Excel (Annexe 11 et Annexe 12).

Analyses des Correspondances Multiples (ACM) : Au vu du grand nombre de données de variables qualitatives, des Analyses des Correspondances Multiples (ACM) ont été effectuées. L'ACM est une technique d'analyse descriptive permettant l'identification d'association entre modalités de variables qualitatives. Un tableau, appelé tableau disjonctif est créé pour chaque variable dans lequel chaque colonne représente une modalité et chaque ligne les individus. Un facteur 1 est assigné à chaque fois qu'une modalité correspond à un individu. L'ensemble des tableaux sont ensuite fusionnées en un seul tableau disjonctif complet à partir duquel sont calculées les coordonnées des modalités de chaque variable et des individus dans un espace de représentation optimal. Les individus et les variables sont donc projetés sur un nouveau système d'axes ; les deux ou trois premiers axes permettant d'expliquer la majorité des différences observées dans l'échantillon. Elle aboutit à des représentations graphiques (« nuages de points ») dans lesquelles la proximité entre modalités de variables ou/et individus permet de dégager des premières associations entre modalités. Le principe d'interprétation d'une ACM est le repérage des modalités aux plus fortes contributions et leur place sur le graphique. Ces contributions reflètent dans quelle mesure la direction d'un axe est déterminée par un individu ou une variable : plus elle est élevée, plus la modalité a une influence élevée sur la construction de l'axe. Il faut ensuite regarder les modalités (et leurs contributions et effectifs) à proximité de cette dernière afin d'interpréter l'association. L'ACM est cependant très sensible aux effectifs faibles (Baccini, 2010; XLSTAT).

Les ACM ont été exécutées à l'aide des fonctions « MCA » et « fviz_mca_ind » du package FactoMineR et factoextra et leur visualisation à l'aide de l'outil explor. Les données manquantes ont quant à elle été gérées avec le package missMDA qui permet d'imputer les valeurs manquantes de façon à ce que celles-ci n'aient aucun poids dans le calcul de l'ACM et que les résultats soient obtenus uniquement avec les valeurs observées.

2.6.4. Analyse univariée

Une analyse univariée a ensuite été réalisée à l'aide d'une régression logistique simple afin d'investiguer les associations entre les variables réponses (exposition et statut sérologique) et chacune des variables explicatives. Lorsqu'une variable qualitative avait plusieurs modalités, un test de chi-deux a été réalisé

(disponibles en annexe). Seules les variables explicatives présentant une p-value inférieure à 0,2 lors de l'analyse univariée (fonction R glm) ou du test du chi-deux ont ensuite été intégrées dans le modèle multivarié. En fonction des tendances dégagées par les analyses descriptives, les niveaux de variables semblant être associés à un statut de non exposition à la faune sauvage ou à un statut sérologique négatif étaient choisis comme intercept.

2.6.5. Modèle multivarié

Trois associations sont testées :

- Le statut d'exposition à la faune sauvage en fonction des variables sociodémographiques
- Le statut sérologique en fonction des catégories et des variables sociodémographiques.
- Le statut sérologique en fonction des catégories exposées à la faune sauvage uniquement, des fréquences et des types de contact avec la faune sauvage ainsi que les variables sociodémographiques.

Pour cela, trois modèles linéaires généralisés avec réponse binomiale et lien logit ont été réalisés. Les conditions de construction d'un modèle linéaire généralisé ont été vérifiées. Pour les variables quantitatives, la normalité de la distribution des variables quantitatives en fonction de la variable réponse a été étudiée à l'aide d'un test de shapiro (fonction R shapiro.test). Aucune n'avait une distribution normale : elles ont donc été regroupées en différentes classes à l'aide des quartiles comme indiquées précédemment. Une analyse de la distribution des variables qualitatives selon leur différentes modalités a également été effectuée précédemment afin de regrouper certaines modalités. Aucune interaction n'a été testée. L'effectif des valeurs manquantes étant faible (n=7), il a été décidé de laisser ces valeurs manquantes ; les individus concernés sont donc exclus de l'analyse.

La construction des modèles a été réalisée sur base du critère d'information d'Akaike (AIC) avec la méthode pas à pas descendante et la fonction stepAIC du package MASS. L'AIC estime la perte d'information du modèle quand on retire une à une les variables. A chaque étape, la fonction calcule l'AIC du modèle en supprimant tour à tour chaque variable explicative et estime donc la perte d'information du modèle sans ces variables. La variable pour lequel l'AIC est la plus grande est éliminée. Si l'AIC n'est pas plus petit que l'AIC du modèle testé pour aucune des variables, alors la fonction s'arrête et le modèle final est trouvé. Lorsque deux modèles avaient des AIC proches, une ANOVA a été réalisée entre ces deux modèles afin de les comparer et vérifier si une différence était significative (p-value<0.05). Ensuite, le test d'adéquation d'Hosmer & Lemeshow a été effectué afin de vérifier la qualité du modèle retenu. Ce dernier effectue un regroupement des probabilités prédites par le modèle en 10 groupes. La distance entre valeurs prédites et observées est considérée pour chaque groupe. La distance entre ces valeurs est évaluée grâce à un khi-deux à 8 degrés de liberté qui testent les hypothèses suivantes : H0 : « Distance faible donc modèle adéquat » et H1 : « Distance élevée donc modèle non adéquat » (Annexe 16).

Enfin, pour chacune des analyses (univariée et multivariée), les Odds-Ratio (OR) et leurs intervalles de confiance à 95% ont été réalisés avec la fonction « finalfit » du package finalfit et les tableaux à l'aide des packages tidyverse, labelled, et gt. La représentation graphique des Odds-Ratio a été effectuée à l'aide de la fonction ggcoef_model du package GGally.

3. Résultats

3.1. Description de la population interrogée

3.1.1. Description générale

Au total, 901 personnes ont été interviewées au cours des 4 missions. La moyenne d'âge est de 36,7 ans s'étalant de 18 à 89 ans avec une médiane de 33 ans. 61,9% (558/901) des personnes sont des hommes et 38,1% (343/901) sont des femmes (Tableau 2 et Annexe 11).

65,4% (590/901) d'entre eux ont été interrogés dans la province du Mondulhiri et 34,6% (311/901) dans la province de Stung Treng. 65,6% sont bouddhistes (591/901), 33,1% animistes (298/901) et enfin 1,3% (12/901) chrétiens ou musulmans. Les ethnies sont diverses : 48,3% (435/901) des personnes interrogées sont Khmers, 30,0% (270/901) Phnong, 16,0% (144/901) Krol/Thmon et 5,7% (52/901) d'ethnies diverses (Kouy, Laotien, Australien, Charay, Anglais, Hollandais, Cham).

78,8% (710/901) des personnes ont un niveau d'éducation faible : en effet, 29,5% (266/901) ne sont pas allées à l'école et 49,3% (444/901) ont un niveau d'école primaire. Seulement 21,2% (191/901) ont un niveau d'école secondaire/lycée/université. Le revenu mensuel des foyers est très faible : 54,1% (487/901) des personnes interrogées gagnent moins de \$100 par mois, 36,1% (325/901) entre \$100 et \$300 par mois et seulement 9,1% (82/901) gagnent plus de \$350 par mois. Les 7 personnes restantes qui n'ont pas déclaré de salaire sont au chômage. 67,4% (607/901) travaillent dans le milieu agricole ; 11,9% (107/901) sont des rangers, 7,5% (68/901) des chefs d'entreprise et employés, 6,8% (61/901) des managers et 6,4% (58/901) des personnes au chômage.

Le nombre moyen de personne par foyer est de 5,25 et s'étale de 1 à 17 personnes avec une médiane de 5. Le nombre d'enfants (<18 ans) moyen est de 1,99 et s'étale de 0 à 10 enfants avec une médiane de 2.

3.1.2. Description en fonction des provinces

65,4% (590/901) des personnes ont été interviewées dans la province du Mondulhiri et 34,6% (311/901) dans la province de Stung Treng (Tableau 2 et Annexe 12). Les effectifs d'âge sont assez similaires avec une population légèrement plus jeune et plus masculine dans le Mondulhiri.

D'un point de vue religieux, la province de Stung Treng est principalement bouddhiste à 98,4% (306/311) tandis que la province du Mondulhiri est partagée entre la religion animiste (50,0%, 295/590) et bouddhiste (48,3%, 285/590). Dans la province de Stung Treng, 86,8% (270/311) des personnes interrogées sont Khmers, le restant appartient à des ethnies diverses. Dans la province du Mondulhiri, 45,8% (270/590) sont Phnong, 28,0% (165/590) Khmers, 24,4% (144/590) Krols ou Thmons et enfin 1,9% (11/590) d'ethnies diverses (Kouy, Laotiens, Australien, Charay, Anglais, Hollandais, Cham).

Le niveau d'éducation est assez similaire entre les deux provinces même si une proportion un peu plus importante de personnes est allée à l'école primaire dans la province de ST : 57,9% (180/311) contre 44,7% (264/590) en MK. La population de Stung Treng est légèrement plus riche que celle du MK : 52,1% (162/311) vivent dans un foyer avec un salaire mensuel supérieur à \$100 à ST contre 41,5% (245/590) en MK. Les nombres de personnes dans le foyer et le nombre d'enfants sont plus élevés dans le Mondulhiri.

Tableau 2: Tableau d'effectif et de proportion des catégories et des données sociodémographiques par province

Tableau d'effectif (pourcentage) par province

*Répartition des données sociodémographiques par province *

Variabes	Modalités	Mondulkiri	Stung Treng	Total
Catégorie	Consommateur	294 (49.8)	219 (70.4)	513 (56.9)
	Chasseur	21 (3.6)	8 (2.6)	29 (3.2)
	Vendeur	0 (0.0)	5 (1.6)	5 (0.6)
	Forestier	47 (8.0)	0 (0.0)	47 (5.2)
	Ranger	104 (17.6)	15 (4.8)	119 (13.2)
	Non-exposé	124 (21.0)	64 (20.6)	188 (20.9)
Age	18-25ans	171 (29.0)	58 (18.6)	229 (25.4)
	26-32ans	162 (27.5)	66 (21.2)	228 (25.3)
	33-44ans	141 (23.9)	83 (26.7)	224 (24.9)
	45ans+	116 (19.7)	104 (33.4)	220 (24.4)
Sexe	Femme	192 (32.5)	151 (48.6)	343 (38.1)
	Homme	398 (67.5)	160 (51.4)	558 (61.9)
Religion	Bouddhiste	285 (48.3)	306 (98.4)	591 (65.6)
	Animiste	295 (50.0)	3 (1.0)	298 (33.1)
	Autre	10 (1.7)	2 (0.6)	12 (1.3)
Ethnie	Khmer	165 (28.0)	270 (86.8)	435 (48.3)
	Phnong	270 (45.8)	0 (0.0)	270 (30.0)
	Krol/Thmon	144 (24.4)	0 (0.0)	144 (16.0)
	Autre	11 (1.9)	41 (13.2)	52 (5.8)

Variabes	Modalités	Mondulkiri	Stung Treng	Total
Niveau d'éducation	Education non formelle	209 (35.4)	57 (18.3)	266 (29.5)
	Ecole primaire	264 (44.7)	180 (57.9)	444 (49.3)
	Ecole secondaire/ Lycée/Université	117 (19.8)	74 (23.8)	191 (21.2)
Salaire mensuel du foyer	<\$100	338 (57.3)	149 (47.9)	487 (54.1)
	\$100-\$300	205 (34.7)	120 (38.6)	325 (36.1)
	>\$350	40 (6.8)	42 (13.5)	82 (9.1)
	(Missing)	7 (1.2)	0 (0.0)	7 (0.8)
Métiers	Travailleurs agricoles, forestiers et de la pêche	411 (69.7)	196 (63.0)	607 (67.4)
	Rangers	100 (16.9)	7 (2.3)	107 (11.9)
	Chefs d'entreprise et employés	25 (4.2)	43 (13.8)	68 (7.5)
	Managers	22 (3.7)	39 (12.5)	61 (6.8)
	Sans-emploi	32 (5.4)	26 (8.4)	58 (6.4)
Nombre de membre dans le foyer	1-4p	218 (36.9)	158 (50.8)	376 (41.7)
	5-7p	265 (44.9)	139 (44.7)	404 (44.8)
	8p+	107 (18.1)	14 (4.5)	121 (13.4)
Nombre d'enfants (<18 ans)	0-1	210 (35.6)	130 (41.8)	340 (37.7)
	2	181 (30.7)	127 (40.8)	308 (34.2)
	3+	199 (33.7)	54 (17.4)	253 (28.1)

3.2. Association entre le statut d'exposition à la faune sauvage et les facteurs sociodémographiques

3.2.1. Analyses descriptive et univariée de la population en fonction du statut d'exposition à la faune sauvage et des données sociodémographiques

A l'aide du tableau des effectifs, de l'ACM décrivant la répartition des variables sociodémographiques et d'exposition ainsi que celle des individus selon les deux axes principaux et de l'analyse univariée, nous allons décrire le statut d'exposition (Tableau 3, Figure 2).

20,8% (188/901) des personnes déclarent être non exposées à quelque contact qu'il soit avec la faune sauvage et 79,2% (713/901) des personnes sont exposées à la faune sauvage au cours de leurs activités.

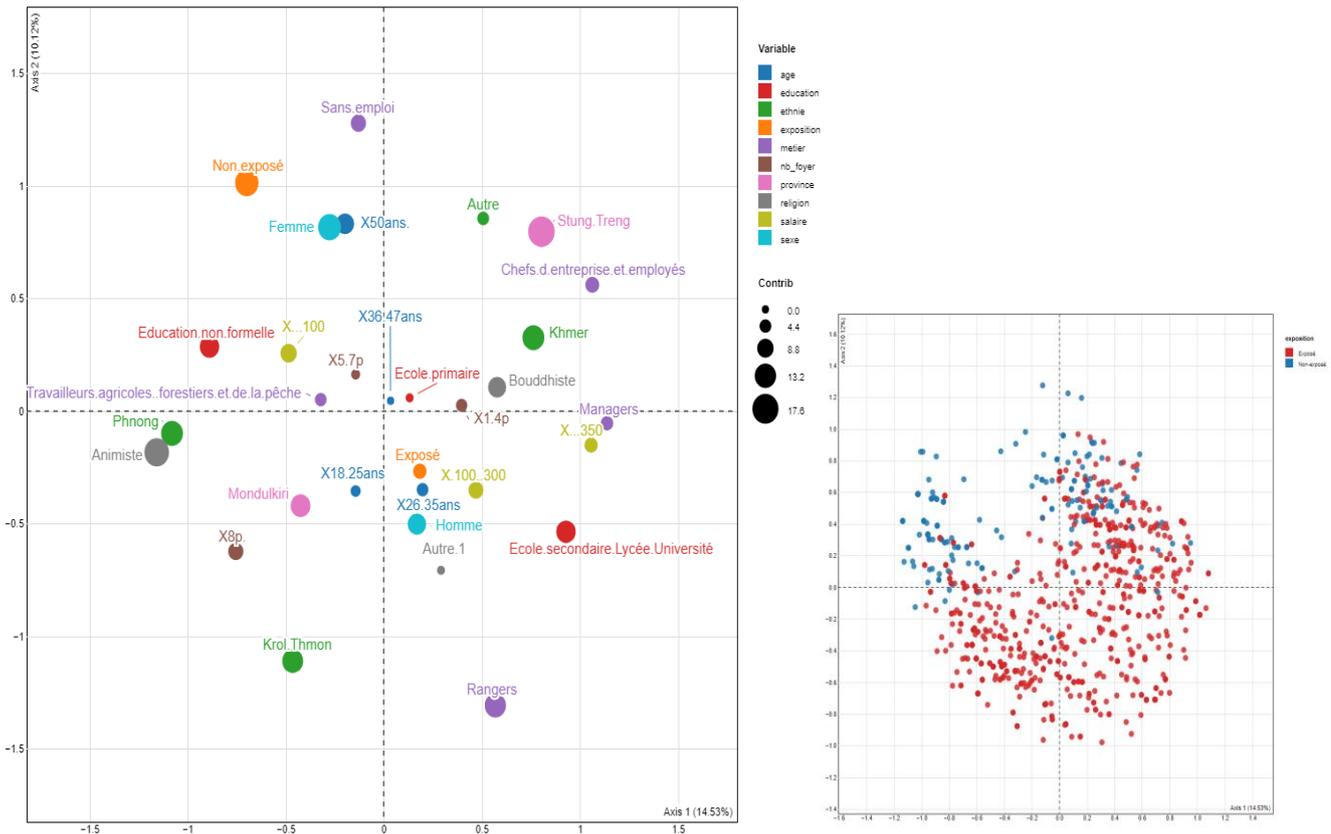


Figure 2: Représentations du statut d'exposition, des variables sociodémographiques et des individus selon le statut d'exposition et en fonction des deux axes principaux de l'analyse des correspondances multiples (ACM). La figure de gauche représente la répartition du statut d'exposition et des variables sociodémographiques en fonction des deux axes principaux de l'ACM. Le nombre d'enfant variant de la même façon que le nombre de personnes dans le foyer ; il a été choisi de ne pas le représenter pour optimiser le calcul de l'ACM. La taille des points est proportionnelle à la somme des deux contributions de chaque modalité de variable à chaque axe principal. Les contributions reflètent dans quelle mesure la direction d'un axe est déterminée par cette modalité de variable. La figure de droite représente la répartition des individus selon les deux axes principaux de l'ACM et colorée en fonction du statut d'exposition.

Les contributions les plus importantes sont celles de la province de Stung Treng (19%), de la religion Animiste (16%) et des non exposés (14%). La modalité non-exposée contribue de manière importante à l'ACM (14%): les modalités proches de cette dernière et ayant une contribution élevée sont le fait d'être sans-emploi, d'être une femme, d'avoir plus de 45 ans, de ne pas être allée à l'école, de vivre dans un foyer avec un salaire mensuel <\$100 (Figure 2). La modalité exposée a une contribution moindre à l'ACM (4%) reflétant la diversité de cette population décrite par les tableaux d'effectifs (Tableau 3).

Il y a autant de personnes exposées à la faune sauvage que de personnes non exposées qui ont été interrogées dans la province de Mondulkiri et de Stung Treng (OR=1,0 ; IC95%=0,7-1,4). Les personnes qui sont non exposées sont majoritairement des femmes (69,6%, 126/188) tandis que 70,5% (503/713) des personnes exposées sont des hommes. Les hommes pratiquent environ 6 fois plus d'activités au contact avec la faune sauvage que les femmes (OR=5,5 ; IC95%=3,9-7,9). La proportion de plus de 45 ans chez les non exposés (40,9%, 74/188) est nettement supérieure à celle de la population totale (24,4%, 220/901). Au contraire, la population exposée est plus jeune : 54,4% (388/713) ont moins de 32 ans et seulement 20,3% (145/713) ont plus

de 45 ans. Les 18-25 ans, les 26-32 ans et les 33-44 ans sont moins exposés que les plus de 45 ans (respectivement OR=2,8 ; IC95%=1,8-4,4 et OR=3,4 ; IC95%=2,1-5,5 et OR=2,2 ; IC95%=1,4-3,4) (Tableau 3).

La population non exposée est à 51,9% (94/188) animiste et à 47,5% (86/188). Au contraire dans la population exposée, 70,5% (503/713) sont bouddhistes et 27,9% (199/713) animistes. Les bouddhistes pratiquent donc plus d'activités au contact de la faune sauvage que les animistes (OR= 2,8 ; IC95%=2,0-3,9). La différence entre les autres religions et les animistes n'est pas significative (OR=5,2 ; IC95%=1,0-95,7). 53,0% (96/188) des personnes non exposées sont Phnong et 42,5% (77/188) sont Khmers. 49,9% (356/713) des personnes exposées sont Khmers et le reste se répartit équitablement entre les Phnongs et d'autres ethnies (Krol, Thmon, Kouy, Laotien). Les Khmers sont plus exposés à la faune sauvage que les Phnongs (OR 2,6 ; IC95%=1,9-3,7). En effet, les animistes sont majoritairement Phnongs et les Khmers sont le plus souvent bouddhistes. Les Krois/Thmons qui sont respectivement bouddhistes et animistes sont très exposés à la faune sauvage par rapport aux Phnongs (OR=81,2 ; IC95% 17,8-1440). La catégorie « Autre » des ethnies pratiquent également plus d'activités à risque que les Phnongs (OR= 3,7 ; IC95% 1,7-9,1) (Tableau 3).

48,6% (88/188) des personnes non exposées ne sont pas allées à l'école et 42,0% (76/188) ont un niveau d'école primaire. Les personnes exposées sont en général plus éduquées : 51,3% (366/713) ont un niveau d'école primaire et 24,4% (74/713) ont un niveau d'école secondaire ou sont allées au lycée ou à l'université. Les personnes qui sont allées à l'école primaire et secondaire (ou plus) sont moins exposées à la faune sauvage que les personnes sans éducation formelle (respectivement OR=2,4 ; IC95%=1,7-3,5 et OR=5,2 ; IC95%=3,0-9,4). 9,4% (17/188) des personnes non exposées sont sans-emploi et 80,1% (145/188) travaillent dans le milieu agricole, forestier ou de la pêche. 4,9% (35/713) des personnes exposées sont sans-emploi et 64,7% (461/713) travaillent dans le milieu agricole, forestier et de la pêche. Les personnes non exposées vivent dans des foyers souvent pauvres : en effet, le salaire mensuel de 75,7% (137/188) d'entre eux est inférieur à \$100. Le revenu mensuel du foyer des personnes exposées est significativement plus élevé dans cette population : « seulement » 49,1% (350/713) vivent dans un foyer qui gagnent moins de \$100, 41,0% (292/713) dans un foyer gagnant entre \$100-\$300 mensuel (OR=3,5 ; IC95%=2,3-5,3) et 10,0% (71/713) dans un foyer gagnant plus de \$350 par mois (OR=2,5 ; IC95%=1,4-5,2).

Le nombre d'enfant (<18 ans) et membres par foyer est similaire entre les deux populations : il n'y a en effet pas de différence significative (Tableau 3).

Exceptés la province, les métiers, le nombre d'enfant et le nombre de membre par foyer, le restant des variables ont été intégrées dans le modèle initial (Annexe 13).

3.2.2. Analyse multivariée de l'association entre statut d'exposition et données sociodémographiques

Toutes les variables intégrées dans le modèle initial ont été retenues dans le modèle multivarié final. Les métiers ont seulement été testés pour l'analyse univariée mais n'ont pas été intégrés au modèle multivarié car il y a une redondance entre le métier des rangers et la catégorie « ranger » de la population exposée. Le modèle a été qualifié d'adéquat par le test d'Hosmer et Lemeshow (Annexe 16). Les valeurs d'Odds-ratios calculées lors de l'analyse multivariée sont disponibles dans le Tableau 3 et la Figure 3.

Les hommes pratiquent donc plus d'activités au contact avec la faune sauvage que les femmes (OR= 3,2 ; IC95%= 2,2-4,8). Les personnes ayant entre 18 et 25 ans et entre 26 et 32 ans pratiquent plus d'activités les exposant à la faune sauvage que les personnes âgées de plus de 45 ans (respectivement OR=1,8 ; IC95%=1,0-3,0 et OR=2,2 ; IC95%=1,3-3,8). Il n'y a pas de différences entre les 33-44 ans et les 45 ans et plus (Tableau 3).

Enfin, il n'y a aucune différence en terme d'exposition à la faune sauvage entre la religion bouddhiste et animiste, ainsi qu'entre les autres religions et les animistes. En revanche, au niveau ethnique, les Krois et les Thmons pratiquent plus d'activité au contact de la faune sauvage que les Phnongs (OR=29 ; IC95%=5,9-524,1). Il n'y a pas de différence entre Phnong et Khmer ainsi qu'avec les autres ethnies.

Les personnes ayant été à l'école secondaire, au lycée ou à l'université sont plus exposées que les personnes n'ayant pas d'éducation formelle (OR=2,1 ; IC95%=1,1-4,2). Il n'y a cependant pas de différences entre école primaire et éducation non formelle. Les personnes vivant dans un foyer avec un revenu mensuel moyen (\$100-\$300) ont également plus d'activités en relation avec la faune sauvage que les personnes vivant dans un foyer avec un salaire mensuel inférieur à \$100 (OR=2,6 ; IC95%=1,7-4,1) mais il n'y a pas de différence entre les personnes issues des foyers les plus riches et les plus pauvres (OR=1,4 ; IC95%=0,7-3) (Tableau 3 et Figure 3).

Tableau 3: Association entre le statut d'exposition à la faune sauvage et les facteurs sociodémographiques

Association entre le statut d'exposition à la faune sauvage et les facteurs socio-démographiques					
<i>Les personnes exposées sont celles appartenant aux catégories consommateur, chasseur et vendeur de viande de brousse ainsi que les rangers et les forestiers</i>					
Variable dépendante:		Non-exposé	Exposé	OR (IC 95%, p-value) (univarié)	OR (IC 95%, p-value) (multivarié)
Province	Mondulkiri	117 (64.6)	466 (65.4)	-	-
	Stung Treng	64 (35.4)	247 (34.6)	1.0 (0.7-1.4, p=0.857)	-
Age	45ans+	74 (40.9)	145 (20.3)	-	-
	18-25ans	35 (19.3)	190 (26.6)	2.8 (1.8-4.4, p<0.001)	1.8 (1.0-3.0, p=0.039)
	26-32ans	30 (16.6)	198 (27.8)	3.4 (2.1-5.5, p<0.001)	2.2 (1.3-3.8, p=0.005)
	33-44ans	42 (23.2)	180 (25.2)	2.2 (1.4-3.4, p<0.001)	1.4 (0.9-2.4, p=0.140)
Sexe	Femme	126 (69.6)	210 (29.5)	-	-
	Homme	55 (30.4)	503 (70.5)	5.5 (3.9-7.9, p<0.001)	3.2 (2.2-4.8, p<0.001)
Religion	Animiste	94 (51.9)	199 (27.9)	-	-
	Bouddhiste	86 (47.5)	503 (70.5)	2.8 (2.0-3.9, p<0.001)	2.2 (0.9-5.4, p=0.075)
	Autre	1 (0.6)	11 (1.5)	5.2 (1.0-95.7, p=0.117)	3.7 (0.6-73.4, p=0.244)
Ethnie	Phnong	96 (53.0)	169 (23.7)	-	-
	Khmer	77 (42.5)	356 (49.9)	2.6 (1.9-3.7, p<0.001)	0.9 (0.4-2.0, p=0.741)
	Krol/Thmon	1 (0.6)	143 (20.1)	81.2 (17.8-1440.2, p<0.001)	29.0 (5.9-524.1, p=0.001)
	Autre	7 (3.9)	45 (6.3)	3.7 (1.7-9.1, p=0.002)	1.8 (0.6-5.9, p=0.288)
Niveau d'éducation	Education non formelle	88 (48.6)	173 (24.3)	-	-
	Ecole primaire	76 (42.0)	366 (51.3)	2.4 (1.7-3.5, p<0.001)	1.4 (0.9-2.2, p=0.149)
	Ecole secondaire/ Lycée/Université	17 (9.4)	174 (24.4)	5.2 (3.0-9.4, p<0.001)	2.1 (1.1-4.2, p=0.034)
Salaire mensuel du foyer	<\$100	137 (75.7)	350 (49.1)	-	-
	\$100-\$300	33 (18.2)	292 (41.0)	3.5 (2.3-5.3, p<0.001)	2.6 (1.7-4.1, p<0.001)
	>\$350	11 (6.1)	71 (10.0)	2.5 (1.4-5.2, p=0.006)	1.4 (0.7-3.0, p=0.385)
Métier	Sans-emploi	17 (9.4)	35 (4.9)	-	-
	Chefs d'entreprise et employés	11 (6.1)	57 (8.0)	2.5 (1.1-6.1, p=0.037)	-
	Managers	8 (4.4)	53 (7.4)	3.2 (1.3-8.6, p=0.015)	-
	Rangers	0 (0.0)	107 (15.0)	56172271.0 (267594701340936771004 _ 646634818872749805484 p=0.977)	-
	Travailleurs agricoles, forestiers et de la pêche	145 (80.1)	461 (64.7)	1.5 (0.8-2.8, p=0.162)	-
Nombre de membre dans le foyer	1-4p	80 (44.2)	294 (41.2)	-	-
	5-7p	80 (44.2)	319 (44.7)	1.1 (0.8-1.5, p=0.646)	-
	8p+	21 (11.6)	100 (14.0)	1.3 (0.8-2.2, p=0.339)	-
Nombre d'enfants (<18ans)	0-1	67 (37.0)	269 (37.7)	-	-
	2	65 (35.9)	242 (33.9)	0.9 (0.6-1.4, p=0.699)	-
	3+	49 (27.1)	202 (28.3)	1.0 (0.7-1.6, p=0.900)	-

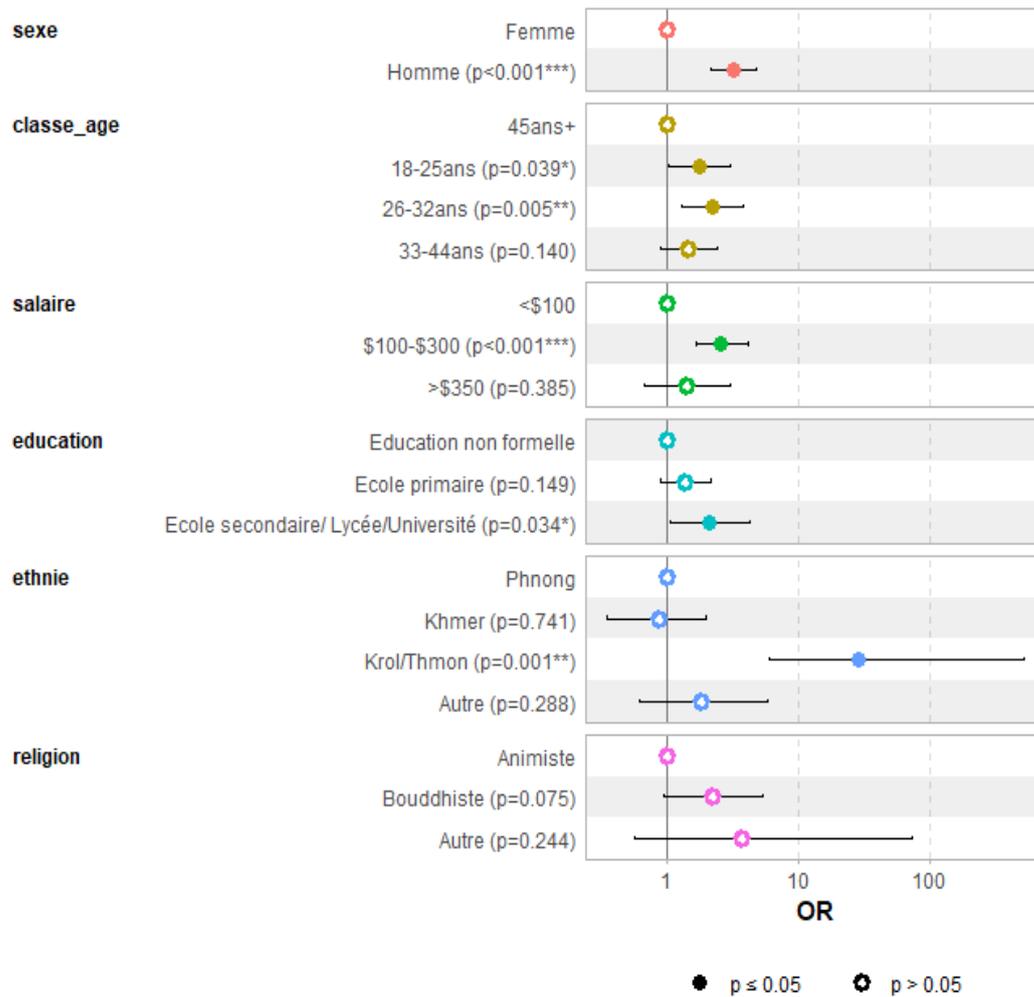


Figure 3 : Figure représentant les Odds-ratio et les intervalles de confiance (95%) issus du modèle linéaire généralisé testant l'association entre le statut d'exposition à la faune sauvage et les données sociodémographiques

3.3. Association entre statut sérologique et exposition à la faune sauvage et données sociodémographiques

En raison de la situation sanitaire au Cambodge, les analyses sérologiques ont été retardées et n'ont pas pu être entièrement réalisées. Les analyses des premiers résultats sérologiques issus de l'ELISA et de la NT ont néanmoins été réalisées.

3.3.1. Analyses descriptive et univariée du statut sérologique en fonction des données sociodémographiques et de l'exposition

Il n'y a pas de résultats positifs pour les anticorps dirigés contre le SARS-CoV-2 : la séroneutralisation n'a en effet confirmé aucun des 131 résultats positifs de l'ELISA pour le SARS-CoV-2. Il y a donc 14,5% (131/901) de personnes positives (i.e. positive à l'ELISA et négatives à la séroneutralisation et donc positives à des coronavirus autres que le SARS-CoV-2) et 85,5% (110/901 négatives).

Seulement 3,7% (7/188) des personnes non exposées sont positives tandis que 17,4% (124/713) des personnes exposées le sont et cette différence est statistiquement significative (OR= 5,4 ; IC95%=2,7-13,1). Parmi les personnes exposées, tous les vendeurs sont négatifs (0/5) et les rangers semblent moins exposés que le reste des catégories exposées.

18,8% (43/229) des personnes entre 18 et 25 ans contre seulement 10,0% (22/220) des personnes âgées de 45 ans ou plus sont séropositifs (OR=2,1 ; IC95%=1,2-3,7). Il en va de même pour les hommes (19,0%, 106/558) qui sont plus séropositifs que les femmes (7,3%, 25/343) (OR=3,0 ; IC95%=1,9-4,8). 35,4% (51/144) des Krols/Thmons sont davantage séropositifs par rapport aux Phnongs qui sont seulement 9,3% (49/270) (OR=5,4 ; IC95%=3,2-9,3) (Tableau 4).

18,2% (81/444) des personnes ayant un niveau d'école primaire sont également plus exposées au coronavirus par rapport aux 8,9% (17/191) personnes ayant un niveau d'école secondaire (OR=2,3 ; IC95%=1,3-4,1). Les rangers et les travailleurs agricoles, forestiers et de la pêche sont également plus exposées aux coronavirus que les sans-emplois (respectivement OR=4,2 ; IC95%=1,1-27,5 et OR=5,9 ; IC95%=1,8-36,1) (Tableau 4).

D'après l'analyse univariée, la province, la religion, le nombre de personnes vivant dans le foyer ou le nombre d'enfants ne sont pas statistiquement associés à un plus fort taux de séropositivité ($p < 0,05$) (Tableau 4).

3.3.2. Analyse multivariée de l'association entre statut sérologique, type d'exposition et caractéristiques sociodémographiques

Les variables incluses dans la construction du modèle initial sont les variables significatives lors de l'analyse univariée avec une p-value inférieure à 0,2 : catégorie, province, salaire, sexe, classe d'âge, niveau d'éducation et ethnie (Tableau 4 et Annexe 14). Parmi les variables intégrées dans le modèle initial, l'âge, le sexe, l'ethnie et le niveau d'éducation ont été retenues dans le modèle final. Le modèle a été qualifié d'adéquat par le test d'Hosmer et Lemeshow (Annexe 16). Les valeurs d'Odds-ratios calculés lors de l'analyse univariée et multivariée sont disponibles dans le Tableau 4.

Parmi les catégories, le fait d'être un ranger (OR=3,3 ; IC95%=1,2-9,4), un consommateur de viande de brousse (OR=3,5 ; IC95%=1,6-8,6) ou un forestier (OR=4,2 ; IC95%=1,5-12,6) par rapport aux personnes non exposées est associé à un fort taux de séropositivité. Le groupe des Krols et Thmons sont également associés à un plus fort taux de séropositivité par rapport aux Phnongs (OR=2,8 ; IC95%=1,5-5,3). En revanche, il n'y a pas de différence statistique de séropositivité entre les hommes et les femmes (OR=1,7 ; IC95%=1,0-3,0). Enfin, les personnes ayant un niveau d'éducation d'école primaire ont davantage rencontré des coronavirus au cours de leur vie que les personnes ayant un niveau d'école secondaire (OR=2,1 ; IC95%=1,2-3,9).

Tableau 4 : Association entre statut sérologique, type d'exposition à la faune sauvage et caractéristiques sociodémographiques

** Association entre le statut sérologique et l'exposition à la faune sauvage et les données sociodémographiques**					
<i>Les personnes exposées sont celles appartenant aux catégories consommateur, chasseur et vendeur de viande de brousse ainsi que les rangers et les forestiers</i>					
Variable dépendante: Résultat sérologique		Négatif	Positif	OR (IC 95%, p-value) (univarié)	OR (IC 95%, p-value) (multivarié)
Catégorie	Non-exposé	181 (96.3)	7 (3.7)	-	-
	Ranger	104 (87.4)	15 (12.6)	3.7 (1.5-10.0, p=0.005)	3.3 (1.2-9.4, p=0.021)
	Chasseur	24 (82.8)	5 (17.2)	5.4 (1.5-18.3, p=0.007)	2.7 (0.7-9.8, p=0.126)
	Consommateur	423 (82.5)	90 (17.5)	5.5 (2.7-13.3, p<0.001)	3.5 (1.6-8.6, p=0.003)
	Forestier	33 (70.2)	14 (29.8)	11.0 (4.2-30.9, p<0.001)	4.2 (1.5-12.6, p=0.008)
	Vendeur	5 (100.0)	0 (0.0)	0.0 (NA-560244176145170133162; p=0.985)	0.0 (NA-180977738190359671872; p=0.985)
Province	Mondulkiri	497 (84.2)	93 (15.8)	-	-
	Stung Treng	273 (87.8)	38 (12.2)	0.7 (0.5-1.1, p=0.152)	-
Age	45ans+	198 (90.0)	22 (10.0)	-	-
	18-25ans	186 (81.2)	43 (18.8)	2.1 (1.2-3.7, p=0.009)	-
	26-32ans	193 (84.6)	35 (15.4)	1.6 (0.9-2.9, p=0.091)	-
	33-44ans	193 (86.2)	31 (13.8)	1.4 (0.8-2.6, p=0.214)	-
Sexe	Femme	318 (92.7)	25 (7.3)	-	-
	Homme	452 (81.0)	106 (19.0)	3.0 (1.9-4.8, p<0.001)	1.7 (1.0-3.0, p=0.059)
Religion	Animiste	249 (83.6)	49 (16.4)	-	-
	Bouddhiste	510 (86.3)	81 (13.7)	0.8 (0.6-1.2, p=0.276)	-
	Autre	11 (91.7)	1 (8.3)	0.5 (0.0-2.5, p=0.464)	-
Ethnie	Phnong	245 (90.7)	25 (9.3)	-	-
	Khmer	386 (88.7)	49 (11.3)	1.2 (0.8-2.1, p=0.399)	1.0 (0.6-1.8, p=0.943)
	Krol/Thmon	93 (64.6)	51 (35.4)	5.4 (3.2-9.3, p<0.001)	2.8 (1.5-5.3, p=0.001)
	Autre	46 (88.5)	6 (11.5)	1.3 (0.5-3.1, p=0.611)	1.1 (0.4-2.7, p=0.867)
Niveau d'éducation	Ecole secondaire/ Lycée/Université	174 (91.1)	17 (8.9)	-	-
	Education non formelle	233 (87.6)	33 (12.4)	1.4 (0.8-2.7, p=0.238)	1.5 (0.8-3.1, p=0.253)
	Ecole primaire	363 (81.8)	81 (18.2)	2.3 (1.3-4.1, p=0.003)	2.1 (1.2-3.9, p=0.013)
Salaire mensuel du foyer	> \$350	75 (91.5)	7 (8.5)	-	-
	< \$100	408 (83.8)	79 (16.2)	2.1 (1.0-5.1, p=0.078)	-
	\$100-\$300	280 (86.2)	45 (13.8)	1.7 (0.8-4.3, p=0.203)	-
Métier	Sans-emploi	56 (96.6)	2 (3.4)	-	-
	Chefs d'entreprise et employés	64 (94.1)	4 (5.9)	1.7 (0.3-13.0, p=0.527)	-
	Managers	55 (90.2)	6 (9.8)	3.1 (0.7-21.5, p=0.183)	-
	Rangers	93 (86.9)	14 (13.1)	4.2 (1.1-27.5, p=0.063)	-
	Travailleurs agricoles, forestiers et de la pêche	502 (82.7)	105 (17.3)	5.9 (1.8-36.1, p=0.015)	-
Nombre de membre dans le foyer	1-4p	326 (86.7)	50 (13.3)	-	-
	5-7p	339 (83.9)	65 (16.1)	1.3 (0.8-1.9, p=0.273)	-
	8p+	105 (86.8)	16 (13.2)	1.0 (0.5-1.8, p=0.983)	-
Nombre d'enfants (< 18ans)	0-1	295 (86.8)	45 (13.2)	-	-
	2	260 (84.4)	48 (15.6)	1.2 (0.8-1.9, p=0.395)	-
	3+	215 (85.0)	38 (15.0)	1.2 (0.7-1.8, p=0.536)	-

3.4. Description des catégories exposées et association entre le statut sérologique et les catégories exposées, les caractéristiques des types de contact, la fréquence d'exposition et les données sociodémographiques

3.4.1. Description de chaque catégorie exposée

3.4.1.1. Par les données sociodémographiques

Parmi les 713 personnes exposées à la faune sauvage, 71,9% (513/713) sont des consommateurs, 16,7% sont des rangers (119/713), 6,5% des forestiers (47/713), 4,1% des chasseurs (29/713) et 0,7% des vendeurs (5/713).

On distingue 3 grandes catégories sur l'ACM suivante (Figure 4).

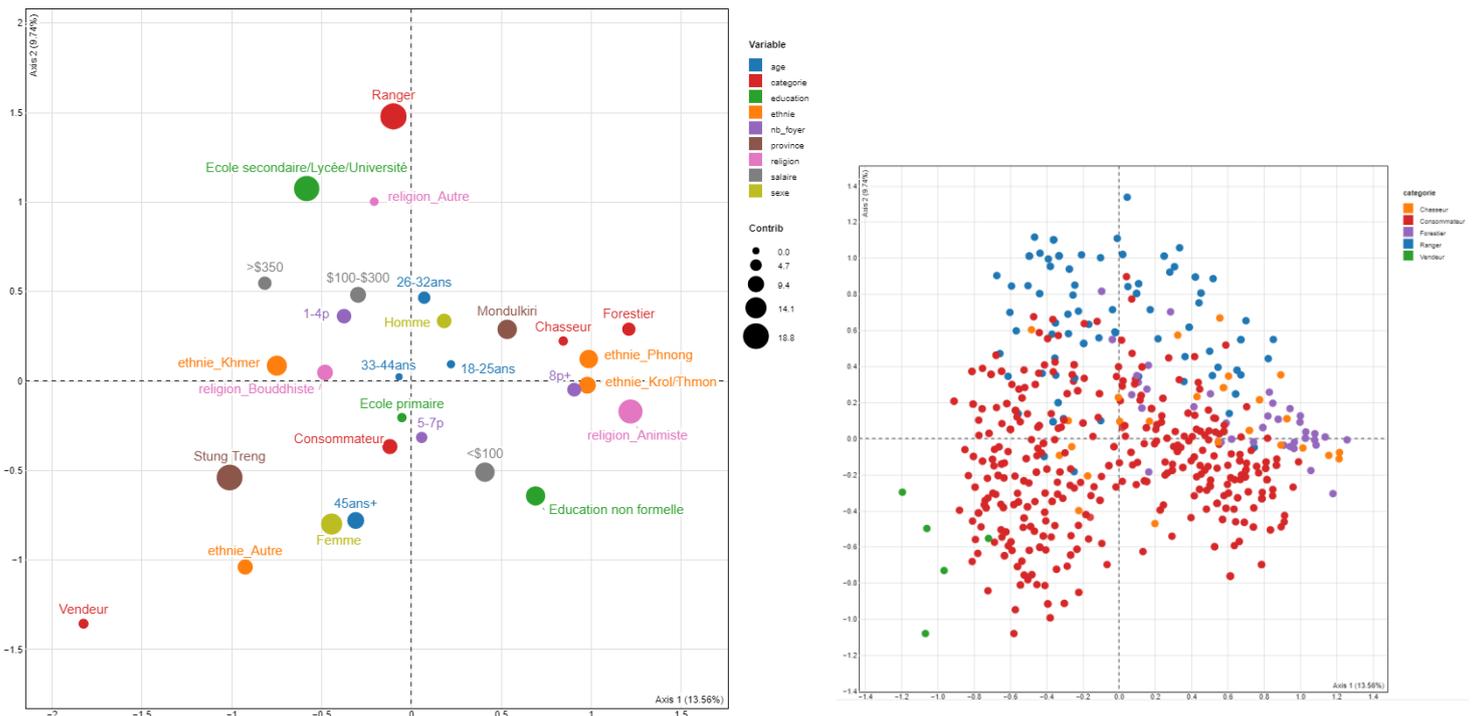


Figure 4: Représentations des catégories de la population exposée et des données sociodémographiques selon les deux axes principaux de l'ACM

La figure de gauche représente la répartition des catégories exposées (chasseur, consommateur, vendeur, forestier, ranger en rouge) et les données sociodémographiques selon les deux axes principaux de l'ACM. La taille des points est proportionnelle à la somme des contributions des deux axes. La figure de droite représente la répartition des individus colorée selon les catégories d'exposition selon les deux axes principaux de l'ACM.

Premièrement, les rangers ont un niveau d'éducation assez élevé par rapport aux autres catégories et vivent dans des foyers où le salaire mensuel est haut (Figure 4). En effet, 54,6% (65/119) d'entre eux sont allés à l'école secondaire voire au lycée ou à l'université et 83,2% (99/119) vivent dans un foyer où le salaire mensuel dépasse les \$100. Ce sont majoritairement des hommes (94,1%, 112/119), plutôt jeunes (58,0% soit 69/119 ont moins de 32 ans) et qui ont été interrogés dans la province du Mondulakiri pour 87,4% (104/119) d'entre eux. 73,1% (87/119) des rangers sont bouddhistes et 24,4% (29/119) sont animistes. 53,8% (64/119) sont khmers puis les ethnies restantes sont assez diversifiées. Le nombre de membres et d'enfants par foyer est relativement faible par rapport aux autres catégories (Tableau 6).

Le deuxième groupe comprend les chasseurs et les forestiers qui ont un profil similaire : ce sont uniquement des hommes jeunes : en effet, 69,0% (20/29) des chasseurs et 68,1% (32/47) des forestiers ont moins de 32 ans (Figure 4 et Tableau 6). Les forestiers et les chasseurs ont des profils similaires : les forestiers ont tous été interrogés dans la province du Mondulakiri ainsi que 72,4% (21/29) des chasseurs. Ils sont à part presque égale animiste ou bouddhiste. Les ethnies sont très diverses pour les deux groupes mais comprend une majorité de Phnong (41,4% soit 12/29) et de de Khmer (31,0% soit 9/29) pour les chasseurs et respectivement 55,3% (26/47) et 27,7% (13/47) de Krol/Thmon et Khmer pour les forestiers (puis 17,0% soit 8/47 de Phnong). Les chasseurs et forestiers sont les catégories qui ont le niveau d'éducation le plus faible : 27,6% (8/29) des chasseurs et 34,0%

(16/47) des forestiers ne sont pas allés à l'école et respectivement 55,2% (16/29) et 53,2 (25/29) ont arrêté à l'école en primaire. 75,9% (22/29) des chasseurs et 78,7% (37/47) des forestiers vivent dans des foyers dont le salaire est de moins de 100\$ par mois. Ils travaillent principalement comme travailleurs agricoles et forestiers. Les forestiers et les chasseurs sont les catégories où le nombre de personnes et d'enfants par foyer sont les plus hauts (Tableau 6).

Le troisième groupe comprend les femmes et les personnes un peu plus âgées (>45ans) avec une proportion plus grande de consommateurs et de vendeurs interrogés dans la province de Stung Treng par rapport aux autres catégories (Figure 4). En effet, 38,8% (199/513) sont des femmes et 23,8% (122/513) ont plus de 45 ans. Les consommateurs ont un niveau d'éducation faible : seulement 53,8% (276/513) d'entre eux sont allés à l'école primaire et 27,3% (140/513) n'ont pas d'éducation. La distribution du salaire est la même que pour la population totale : 52,8% (271/513) des consommateurs vivent dans des foyers dont le salaire mensuel est inférieur à \$100. Les métiers sont très diversifiés : 75,2% (386/513) d'entre eux travaillent dans le milieu agricole. Il y a une proportion élevée de personnes sans emploi par rapport aux autres catégories (6,6% soit 34/513). Les consommateurs sont d'un point de vue religieux et ethnique assez similaires aux rangers : environ 72,3% (371/513) sont bouddhistes et 26,3% (135/513) animistes. 52,0% (267/513) sont khmers puis les ethnies sont diversifiées. Ils ont été autant interrogés dans la province du Mondulkiri que de Stung Treng (Tableau 6).

Au vu de leur effectif faible, les vendeurs sont en marge de l'ACM. 80% (4/5) des vendeurs sont des femmes et 80% (4/5) ont plus de 33 ans. Les vendeurs ont tous été interrogés à Stung Treng, sont Laotiens ou Khmers et de religion bouddhiste. La répartition des vendeurs selon le salaire des foyers est diversifiée : de \$100 à plus de \$750 par mois. Comme pour la majorité de la population, 4 des 5 vendeurs sont allés à l'école primaire, une seulement est allée à l'école secondaire. Ce sont principalement des managers ou des chefs d'entreprises ou leurs employés.

3.4.1.2. Par les types de contacts, la fréquence d'exposition à la faune sauvage

Parmi la population exposée, il est intéressant de s'attarder sur l'association entre les résultats sérologiques et les 6 types de contacts avec la faune sauvage déclarés par la population exposée afin de voir si certains types de contacts ou fréquence d'exposition sont associés avec une probabilité plus marquée d'être contaminé par les coronavirus.

Premièrement, certains types de contact sont davantage réalisés que d'autres : 83,9% (598/713) des personnes exposées déclarent consommer de la viande de brousse cuite, 42,5% (303/713) manipuler de la viande de brousse crue, 33,4% (238/713) toucher des animaux sauvages vivants, 23,7% (169/713) manger de la viande de brousse crue, 23,3% (166/713) toucher des animaux sauvages morts et enfin respectivement 21,3% (152/713), 23,3%(166/713) tuer des animaux sauvages et les toucher mort (Tableau 5).

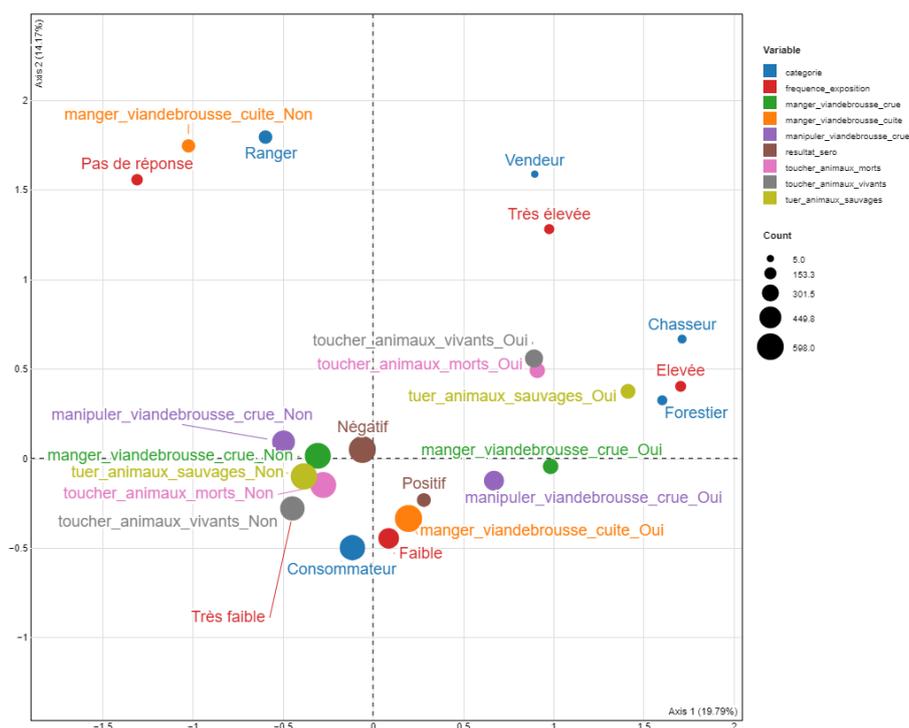


Figure 5: Représentation du statut sérologique, des catégories exposées, des 6 types de contact et de la fréquence d'exposition avec la faune sauvage selon les 2 axes principaux de l'ACM. La taille des points est proportionnelle à l'effectif.

Deuxièmement, il existe des différences en fréquence d'exposition et en nombre total de contact déclaré selon les catégories. La catégorie des rangers a déclaré le moins de type de contact (environ 1,34 par personne), vient ensuite celle des consommateurs (2,15 par personne) et des vendeurs (3 par personne). Les forestiers et les chasseurs sont ceux qui ont déclaré le plus de contact avec respectivement 4,08 et 4,24 types de contacts déclarés par personne.

Tableau 5 : Tableau des effectifs de la fréquence d'exposition et des types de contacts déclarés pour chaque catégorie.

Tableau d'effectif (pourcentage) de la fréquence d'exposition et des types de contact déclarés avec la faune sauvage par catégorie							
Type de contact par Catégorie		Consommateur	Chasseur	Vendeur	Forestier	Ranger	Total
Fréquence d'exposition	Très faible	164 (32.0)	5 (17.2)	0 (0.0)	1 (2.1)	30 (25.2)	200 (28.1)
	Faible	269 (52.4)	9 (31.0)	0 (0.0)	26 (55.3)	23 (19.3)	327 (45.9)
	Elevée	36 (7.0)	9 (31.0)	0 (0.0)	13 (27.7)	6 (5.0)	64 (9.0)
	Très élevée	13 (2.5)	5 (17.2)	5 (100.0)	7 (14.9)	18 (15.1)	48 (6.7)
	Pas de réponse	31 (6.0)	1 (3.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	42 (35.3)	74 (10.4)
Toucher des animaux sauvages vivants	Non	393 (76.6)	5 (17.2)	3 (60.0)	14 (29.8)	60 (50.4)	475 (66.6)
	Oui	120 (23.4)	24 (82.8)	2 (40.0)	33 (70.2)	59 (49.6)	238 (33.4)
Tuer des animaux sauvages	Non	433 (84.4)	6 (20.7)	4 (80.0)	20 (42.6)	98 (82.4)	561 (78.7)
	Oui	80 (15.6)	23 (79.3)	1 (20.0)	27 (57.4)	21 (17.6)	152 (21.3)
Toucher des animaux sauvages morts	Non	430 (83.8)	16 (55.2)	1 (20.0)	17 (36.2)	83 (69.7)	547 (76.7)
	Oui	83 (16.2)	13 (44.8)	4 (80.0)	30 (63.8)	36 (30.3)	166 (23.3)
Manipuler de la viande de brousse crue	Non	291 (56.7)	5 (17.2)	2 (40.0)	20 (42.6)	92 (77.3)	410 (57.5)
	Oui	222 (43.3)	24 (82.8)	3 (60.0)	27 (57.4)	27 (22.7)	303 (42.5)
Manger de la viande de brousse crue	Non	400 (78.0)	17 (58.6)	4 (80.0)	19 (40.4)	104 (87.4)	544 (76.3)
	Oui	113 (22.0)	12 (41.4)	1 (20.0)	28 (59.6)	15 (12.6)	169 (23.7)
Manger de la viande de brousse cuite	Non	25 (4.9)	2 (6.9)	1 (20.0)	0 (0.0)	87 (73.1)	115 (16.1)
	Oui	488 (95.1)	27 (93.1)	4 (80.0)	47 (100.0)	32 (26.9)	598 (83.9)

Enfin, il existe des différences entre les types de contact selon les catégories et certaines catégories sont plus fréquemment exposées à la faune sauvage (Tableau 5 et Figure 5) :

- 44,5% (53/119) des rangers semblent très peu ou peu fréquemment exposés à la faune sauvage. 35,3% (42/119) d'entre eux n'ont pas donné de réponse ou n'ont pas déclaré d'activités en terme de fréquence. Le principal contact avec la faune sauvage que déclarent les rangers est de toucher des animaux sauvages vivants : 49,6% (59/119) d'entre eux. Ils restent néanmoins très peu à consommer ou manipuler de la viande.
- 84,4% (433/573) des consommateurs ont une fréquence d'exposition à la faune sauvage très faible ou faible. 95,1% (488/573) des consommateurs mangent de la viande de brousse cuite mais seulement 22,0% (113/573) la mangent crue. Par contre, 43,3% (22/573) d'entre eux la manipulent crue. Les autres types de contacts sont peu réalisés.
- Les forestiers et les chasseurs ont une fréquence d'exposition élevée avec la faune sauvage
 - o Respectivement 70,2% (33/47) et 63,8% (20/47) des forestiers touchent des animaux vivants ou morts. 57,4% (27/47) d'entre eux tuent les animaux sauvages et manipulent ou mangent de la viande de brousse crue. Par contre, 100% d'entre eux la consomment cuite.
 - o Environ 82,8% (24/29) des chasseurs touchent les animaux sauvages vivants et les tuent mais seulement 44,8% (13/29) les touchent morts. 82,8% (24/29) manipulent la viande de brousse crue et 93,1% (27/29) la consomment cuite. Seulement 41,4% (12/29) déclarent la manger crue.
- Tous les vendeurs ont en effet une fréquence de contact très élevée avec la faune sauvage. 80% (4/5) des vendeurs déclarent toucher des animaux morts et manger de la viande de brousse crue et cuite. 60% (3/5) manipulent la viande crue.

3.4.1. Analyses descriptives et univariées en fonction du statut sérologique et chaque catégorie exposée, les types de contacts, la fréquence d'exposition à la faune sauvage et les données sociodémographiques

Parmi la population exposée, 29,8% (14/47) des forestiers, 17,5% (90/573), 17,2% (5/29) des chasseurs et 12,6% (15/119) des rangers sont séropositifs (Tableau 7). Tous les vendeurs sont négatifs. L'analyse univariée montre que la différence est statistiquement significative uniquement chez les forestiers par rapport aux rangers (OR=2,9 ; IC95%=1,3-6,8). D'après l'analyse univariée toujours, les hommes sont plus séropositifs que les femmes (OR=2,0 ; IC95% 1,3-3,4). Les personnes jeunes (18-25 ans) ont également un plus fort taux de séropositivité que les plus de 45 ans (OR=1,9 ; IC95%=1,1-3,6). Les Krols/Thmons sont plus séropositifs que les Phnongs (OR=3,6 ; IC95%=2,1-6,4). Les personnes n'ayant pas reçu d'éducation ou étant allée juste à l'école primaire sont plus positives que les personnes étant allées à l'école secondaire, au lycée ou à l'université (respectivement OR=2,0 ; IC95%=1,1-3,9 et OR=2,4 ; IC95%=1,4-4,4). Enfin, les personnes vivant dans un foyer dont le revenu mensuel est inférieur à \$100 sont plus séropositifs que celles vivant dans un foyer avec un salaire mensuel supérieur à \$500 (OR=3,7 ; IC=1,6-10,7).

14,5% (29/200) des personnes très peu fréquemment en contact avec la faune sauvage, 20,2% (66/327) des personnes peu fréquemment exposées à la faune sauvage, 25,0% (16/64) des personnes exposées à la faune sauvage avec une fréquence élevée et 10,4% (5/48) des personnes exposées à la faune sauvage avec une fréquence très élevée sont positives. 10,8% (8/74) des personnes qui n'ont pas donné de réponse à la fréquence d'exposition à la faune sauvage sont séropositifs.

Enfin, d'après l'analyse univariée, seule la consommation de viande de brousse crue est significativement associée à une sérologie positive (respectivement OR= 1,9 ; IC95%=1,2-2,8) (Tableau 7).

3.4.2. Analyse multivariée de l'association entre le statut sérologique et chaque catégorie exposée, les types de contacts, la fréquence d'exposition à la faune sauvage et les données sociodémographiques

Les variables incluses dans la construction du modèle initial sont donc les variables sociodémographiques statistiquement significatives ($p < 0,2$) à l'analyse univariée : fréquence d'exposition, manger de la viande de brousse crue, manger de la viande de brousse cuite, toucher des animaux vivants ($p < 0,2$) : catégorie, salaire, sexe, classe d'âge, niveau d'éducation, ethnie, religion et province (Tableau 7 et Annexe 13). D'après l'Annexe 16, le modèle final est celui-ci : $\text{resultat_sero} \sim \text{manger_viandebrousse_cru} + \text{salaire} + \text{ethnie}$. Le modèle a été qualifié d'adéquat par le test d'Hosmer&Lemeshow (Annexe 16). Les Odds-ratios et les intervalles de confiance (95%) sont regroupés dans le Tableau 7 et la Figure 6.

Les personnes Krols et Thmons sont plus exposées au coronavirus que les Phnongs (OR=3,3 ; IC95%=1,9-5,9). Vivre dans un foyer avec un salaire mensuel inférieur à \$100 est également un facteur d'exposition aux coronavirus par rapport à un salaire supérieur à \$350 (OR=3,0 ; IC95%=1,3-9,0). Il n'y a cependant pas de différence pour un salaire de \$100-\$300 (OR=2,3 ; IC95%=1,0-7,0). La consommation de viande de brousse crue n'est en revanche pas associée à un statut sérologique positif (OR=1,5 ; IC95%=1,0-2,4).

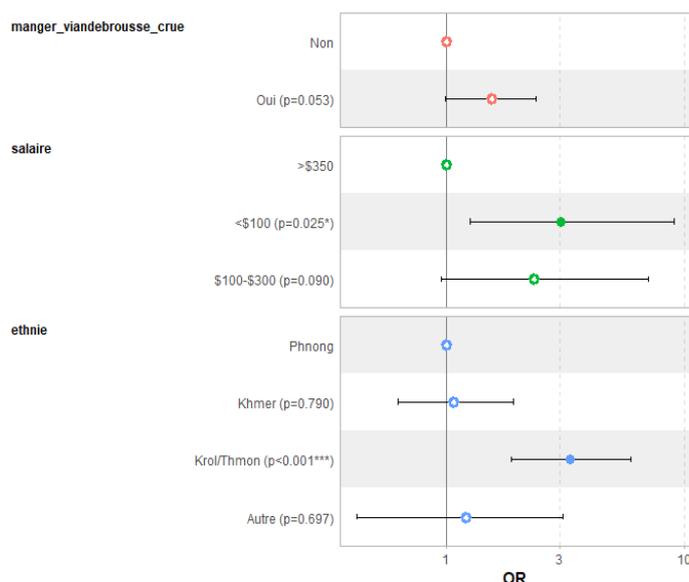


Figure 6: Figure représentant les Odds-ratio et les intervalles de confiance (95%) issus du modèle statistique testant l'association entre le statut sérologique, les catégories exposées, la fréquence d'exposition, les types de contacts et les données sociodémographiques

Tableau 6: Tableau d'effectif et de proportion des données sociodémographiques par catégorie

Tableau d'effectif (pourcentage) par catégorie								
*Répartition des données sociodémographiques par catégorie *								
Variables	Modalités	Consommateur	Chasseur	Vendeur	Forestier	Ranger	Non-exposé	Total
province	Mondulkiri	294 (57.3)	21 (72.4)	0 (0.0)	47 (100.0)	104 (87.4)	124 (66.0)	590 (65.5)
	Stung Treng	219 (42.7)	8 (27.6)	5 (100.0)	0 (0.0)	15 (12.6)	64 (34.0)	311 (34.5)
Age	18-25ans	138 (26.9)	10 (34.5)	0 (0.0)	15 (31.9)	27 (22.7)	39 (20.7)	229 (25.4)
	26-32ans	128 (25.0)	10 (34.5)	1 (20.0)	17 (36.2)	42 (35.3)	30 (16.0)	228 (25.3)
	33-44ans	125 (24.4)	7 (24.1)	2 (40.0)	13 (27.7)	33 (27.7)	44 (23.4)	224 (24.9)
	45ans+	122 (23.8)	2 (6.9)	2 (40.0)	2 (4.3)	17 (14.3)	75 (39.9)	220 (24.4)
Sexe	Femme	199 (38.8)	0 (0.0)	4 (80.0)	0 (0.0)	7 (5.9)	133 (70.7)	343 (38.1)
	Homme	314 (61.2)	29 (100.0)	1 (20.0)	47 (100.0)	112 (94.1)	55 (29.3)	558 (61.9)
Religion	Bouddhiste	371 (72.3)	15 (51.7)	5 (100.0)	25 (53.2)	87 (73.1)	88 (46.8)	591 (65.6)
	Animiste	135 (26.3)	13 (44.8)	0 (0.0)	22 (46.8)	29 (24.4)	99 (52.7)	298 (33.1)
	Autre	7 (1.4)	1 (3.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (2.5)	1 (0.5)	12 (1.3)
Ethnie	Khmer	267 (52.0)	9 (31.0)	3 (60.0)	13 (27.7)	64 (53.8)	79 (42.0)	435 (48.3)
	Phnong	100 (19.5)	12 (41.4)	0 (0.0)	8 (17.0)	49 (41.2)	101 (53.7)	270 (30.0)
	Krol/Thmon	110 (21.4)	7 (24.1)	0 (0.0)	26 (55.3)	0 (0.0)	1 (0.5)	144 (16.0)
	Autre	36 (7.0)	1 (3.4)	2 (40.0)	0 (0.0)	6 (5.0)	7 (3.7)	52 (5.8)
Niveau d'éducation	Education non formelle	140 (27.3)	8 (27.6)	0 (0.0)	16 (34.0)	9 (7.6)	93 (49.5)	266 (29.5)
	Ecole primaire	276 (53.8)	16 (55.2)	4 (80.0)	25 (53.2)	45 (37.8)	78 (41.5)	444 (49.3)
	Ecole secondaire/ Lycée/Université	97 (18.9)	5 (17.2)	1 (20.0)	6 (12.8)	65 (54.6)	17 (9.0)	191 (21.2)
Salaire mensuel du foyer	<\$100	271 (52.8)	22 (75.9)	0 (0.0)	37 (78.7)	20 (16.8)	137 (72.9)	487 (54.1)
	\$100-\$300	194 (37.8)	7 (24.1)	2 (40.0)	10 (21.3)	79 (66.4)	33 (17.6)	325 (36.1)
	>\$350	48 (9.4)	0 (0.0)	3 (60.0)	0 (0.0)	20 (16.8)	11 (5.9)	82 (9.1)
	(Missing)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	7 (3.7)	7 (0.8)
Métiers	Travailleurs agricoles, forestiers et de la pêche	386 (75.2)	27 (93.1)	0 (0.0)	39 (83.0)	9 (7.6)	146 (77.7)	607 (67.4)
	Rangers	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	107 (89.9)	0 (0.0)	107 (11.9)
	Chefs d'entreprise et employés	46 (9.0)	1 (3.4)	3 (60.0)	6 (12.8)	1 (0.8)	11 (5.9)	68 (7.5)
	Managers	47 (9.2)	1 (3.4)	2 (40.0)	2 (4.3)	1 (0.8)	8 (4.3)	61 (6.8)
	Sans-emploi	34 (6.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.8)	23 (12.2)	58 (6.4)
Nombre de membre dans le foyer	1-4p	210 (40.9)	12 (41.4)	0 (0.0)	18 (38.3)	54 (45.4)	82 (43.6)	376 (41.7)
	5-7p	239 (46.6)	9 (31.0)	3 (60.0)	19 (40.4)	49 (41.2)	85 (45.2)	404 (44.8)
	8p+	64 (12.5)	8 (27.6)	2 (40.0)	10 (21.3)	16 (13.4)	21 (11.2)	121 (13.4)
Nombre d'enfants (<18 ans)	0-1	194 (37.8)	14 (48.3)	1 (20.0)	10 (21.3)	50 (42.0)	71 (37.8)	340 (37.7)
	2	172 (33.5)	9 (31.0)	2 (40.0)	18 (38.3)	41 (34.5)	66 (35.1)	308 (34.2)
	3+	147 (28.7)	6 (20.7)	2 (40.0)	19 (40.4)	28 (23.5)	51 (27.1)	253 (28.1)

Tableau 7 : Association entre statut sérologique et catégories exposées, caractéristiques des types de contact et données sociodémographiques

Association entre le statut sérologique et les catégories exposées, les caractéristiques des types de contact et les données sociodémographiques					
Les personnes exposées sont celles appartenant aux catégories consommateur, chasseur et vendeur de viande de brousse ainsi que les rangers et les forestiers					
Variables	Modalités	Négatif	Positif	OR (IC 95%, p-value) (univarié)	OR (IC 95%, p-value) (multivarié)
Catégorie	Ranger	104 (87.4)	15 (12.6)	-	-
	Chasseur	24 (82.8)	5 (17.2)	1.4 (0.4-4.1, p=0.514)	-
	Forestier	33 (70.2)	14 (29.8)	2.9 (1.3-6.8, p=0.011)	-
	Consommateur	423 (82.5)	90 (17.5)	1.5 (0.8-2.7, p=0.194)	-
	Vendeur	5 (100.0)	0 (0.0)	0.0 (NA-230152613947140709828; -p=0.983)	-
Sexe	Femme	187 (89.0)	23 (11.0)	-	-
	Homme	402 (79.9)	101 (20.1)	2.0 (1.3-3.4, p=0.004)	-
Age	45ans+	127 (87.6)	18 (12.4)	-	-
	18-25ans	149 (78.4)	41 (21.6)	1.9 (1.1-3.6, p=0.031)	-
	26-32ans	163 (82.3)	35 (17.7)	1.5 (0.8-2.9, p=0.185)	-
	33-44ans	150 (83.3)	30 (16.7)	1.4 (0.8-2.7, p=0.284)	-
Ethnie	Phnong	147 (87.0)	22 (13.0)	-	-
	Khmer	310 (87.1)	46 (12.9)	1.0 (0.6-1.7, p=0.975)	1.1 (0.6-1.9, p=0.790)
	Krol/Thmon	93 (65.0)	50 (35.0)	3.6 (2.1-6.4, p<0.001)	3.3 (1.9-5.9, p<0.001)
	Autre	39 (86.7)	6 (13.3)	1.0 (0.4-2.6, p=0.956)	1.2 (0.4-3.1, p=0.697)
Niveau d'éducation	Ecole secondaire/ Lycée/Université	157 (90.2)	17 (9.8)	-	-
	Education non formelle	142 (82.1)	31 (17.9)	2.0 (1.1-3.9, p=0.030)	-
	Ecole primaire	290 (79.2)	76 (20.8)	2.4 (1.4-4.4, p=0.002)	-
Salaires mensuel du foyer	>\$350	66 (93.0)	5 (7.0)	-	-
	<\$100	274 (78.3)	76 (21.7)	3.7 (1.6-10.7, p=0.007)	3.0 (1.3-9.0, p=0.025)
	\$100-\$300	249 (85.3)	43 (14.7)	2.3 (0.9-6.8, p=0.094)	2.3 (1.0-7.0, p=0.090)
Fréquence d'exposition	Très faible	171 (85.5)	29 (14.5)	-	-
	Faible	261 (79.8)	66 (20.2)	1.5 (0.9-2.4, p=0.101)	-
	Elevée	48 (75.0)	16 (25.0)	2.0 (1.0-3.9, p=0.055)	-
	Très élevée	43 (89.6)	5 (10.4)	0.7 (0.2-1.7, p=0.462)	-
	Pas de réponse	66 (89.2)	8 (10.8)	0.7 (0.3-1.6, p=0.429)	-
Toucher des animaux sauvages vivants	Non	399 (84.0)	76 (16.0)	-	-
	Oui	190 (79.8)	48 (20.2)	1.3 (0.9-2.0, p=0.167)	-
Tuer des animaux sauvages	Non	464 (82.7)	97 (17.3)	-	-
	Oui	125 (82.2)	27 (17.8)	1.0 (0.6-1.6, p=0.892)	-
Toucher des animaux sauvages morts	Non	453 (82.8)	94 (17.2)	-	-
	Oui	136 (81.9)	30 (18.1)	1.1 (0.7-1.7, p=0.792)	-
Manipuler de la viande de brousse crue	Non	344 (83.9)	66 (16.1)	-	-
	Oui	245 (80.9)	58 (19.1)	1.2 (0.8-1.8, p=0.290)	-
Manger de la viande de brousse crue	Non	462 (84.9)	82 (15.1)	-	-
	Oui	127 (75.1)	42 (24.9)	1.9 (1.2-2.8, p=0.004)	1.5 (1.0-2.4, p=0.053)
Manger de la viande de brousse cuite	Non	102 (88.7)	13 (11.3)	-	-
	Oui	487 (81.4)	111 (18.6)	1.8 (1.0-3.4, p=0.063)	-

Note : Par gain de place, seules les données sociodémographiques incluses dans le modèle final sont affichées dans le tableau. Les autres sont disponibles en Annexe 15.

4. Discussion

4.1. Association entre le statut d'exposition à la faune sauvage et les facteurs sociodémographiques

Au total, 901 personnes ont été interrogées : 20,8% (188/901) d'entre elles déclarent être non exposées à quelque contact qu'il soit avec la faune sauvage et 79,2% (713/901) étaient exposées à la faune sauvage, c'est-à-dire déclaraient avoir eu des contacts directs avec les animaux ou la viande de brousse depuis Janvier 2020. Nos analyses ont montré que les personnes exposées sont des hommes plutôt que des femmes (OR= 3,2 ; IC95%= 2,2-4,8), des personnes jeunes (18-25 ans et 26-32 ans) plutôt que des personnes de plus de 45 ans (respectivement OR=1,8 ; IC95%=1,0-3,0 et OR=2,2 ; IC95%=1,3-3,8), et des personnes vivant dans un foyer avec un revenu mensuel moyen (\$100-\$300) plutôt que dans un foyer plus pauvre (<\$100) (OR=2,6 ; IC95%=1,7-4,1). Les personnes pratiquant des activités en contact avec la faune sauvage sont celles avec un niveau d'éducation d'école secondaire plutôt que celles n'ayant aucune éducation (OR=2,1 ; IC95%=1,1-4,2) et enfin d'ethnie Krol ou Thmon plutôt que Phnong (OR=29 ; IC95%=5,9-524,1) (Tableau 3). Cette différence dans le niveau d'éducation s'explique par le fait que les rangers ont un niveau d'éducation plus élevé et vivent dans des foyers plus aisés.

Peu d'études sont disponibles concernant la pratique d'activités au contact de la faune sauvage au Cambodge ; le rapport du projet PREDICT ne contenant pour l'instant qu'un résumé des projets réalisés au Cambodge. Cependant, d'autres publications issues du projet PREDICT et décrivant ces pratiques dans d'autres pays d'Asie du Sud-Est et notamment des pays limitrophes au Cambodge tels que la Thaïlande et le Laos confirment une proportion plus importante d'hommes que de femmes pratiquant des activités à risque avec la faune sauvage. Les personnes exposées à la faune sauvage sont également des personnes avec un revenu moyen (Garland-Lewis et al., 2017; Pruvot et al., 2019; Suwannarong et al., 2020).

4.1.1. Description des catégories exposées et leurs activités

Parmi les 713 personnes exposées à la faune sauvage au cours de leurs activités, 71,9% (513/713) sont des consommateurs, 16,7% sont des rangers (119/713), 6,5% des forestiers (47/713), 4,1% des chasseurs (29/713) et 0,7% des vendeurs (5/713). L'ACM montrait 3 groupes de personnes parmi les catégories exposées (Figure 4). Les activités commerciales concernant la filière de viande de brousse font l'objet de quelques publications en Asie du Sud-Est qui concernent principalement la consommation et la vente de viande de brousse (Pruvot et al., 2019; Suwannarong et al., 2020).

Les études précédentes publiées sur le sujet mettaient en avant le fait que les consommateurs et les vendeurs étaient majoritairement des femmes. L'effectif des vendeurs étant faible, il est ainsi difficile d'interpréter les résultats. Il a en effet été difficile d'interviewer les vendeurs qui savent que leur activité n'est pas légale et ont peur d'éventuelles représailles. Néanmoins, une étude sur la quantification des risques sur un marché de viande de brousse au Laos a montré que les vendeurs sont uniquement des femmes et que 66% ont rapporté que la vente est leur principale activité (Pruvot et al., 2019). Dans notre travail, 4/5 vendeurs étaient également des femmes.

Dans cette même publication, 40% des consommateurs sont des femmes et le nombre moyen d'études est de 9 ans ce qui équivaut à un niveau de primaire et ressemble à nos résultats. La moyenne d'âge est de 43 ans contre 36 ans dans notre catégorie. Dans l'étude laotienne, les consommateurs sont des personnes avec des revenus moyens tandis que dans notre travail, ces derniers vivent dans des foyers dont le salaire mensuel est faible (<\$100) ; le salaire mensuel moyen au Cambodge étant de \$127 (Banque mondiale, 2019b; Pruvot et al., 2019). L'analyse de la filière de viande de brousse du projet ZooCov a néanmoins montré une augmentation de la consommation de viande de brousse parmi les personnes les plus pauvres dans les provinces rurales au Cambodge depuis la crise du COVID-19 : en effet, en raison de la situation sanitaire, certaines personnes ne peuvent plus travailler et ainsi n'ont plus assez de revenus pour s'acheter de la viande ce qui les pousse à consommer de la viande de brousse de différentes façons (chasse, cadeau, partage entre villageois...) (Résultats du volet n°2 du projet ZooCov non publiés pour l'instant). La proportion de personnes sans emploi est d'ailleurs plus élevée chez les consommateurs que dans la plupart des autres catégories (sauf chez les non-exposés). L'étude sur la consommation de viande de chauves-souris en Thaïlande a quant à elle montré une consommation plus importante chez les hommes (70%) jeunes (< 36 ans) avec un niveau scolaire peu poussé (Suwannarong et al., 2020). Cette différence peut s'expliquer par la différence de pays ou par le fait que les personnes incluses dans leur étude sont des personnes rencontrées sur des marchés d'animaux vivants alors que notre population est plus rurale rencontrées dans des villages : en effet, seulement 14,3% (82/573) de nos

consommateurs déclarent acheter sur les marchés ; les vendeurs principaux étant les chasseurs (46,8% ; 268/573) (Résultats ZooCov non publiés).

Le profil des chasseurs est similaire à celui des forestiers : ce sont deux catégories pauvres, avec des hommes relativement jeunes et un niveau d'éducation faible, travaillant principalement dans les milieux agricoles, forestiers ou de la pêche et vivant dans des familles nombreuses. Les forestiers sont des personnes vivant à la lisière ou au milieu de la forêt et passant beaucoup de temps en forêt. Ils sont donc potentiellement davantage amenés à être en contact avec la faune sauvage que par exemple, des personnes vivant dans des villages. Il serait donc intéressant d'investiguer leurs habitudes.

D'autres activités professionnelles amènent également l'Homme au contact de la faune sauvage : c'est le cas notamment des rangers décrits dans cette étude. Ce sont majoritairement des hommes jeunes (moins de 32 ans) avec un niveau d'éducation assez élevé et vivant dans des foyers dont les revenus mensuels dépassent les \$100 (83,2% soit 99/119) (alors que seulement 45,2% de la population totale étudiée vit dans un foyer avec un revenu mensuel supérieur à \$100) (Tableau 2). A notre connaissance, aucune étude n'a étudié de manière approfondie le rapport des rangers à la faune sauvage au Cambodge. Plus généralement, les activités professionnelles amenant l'Homme au contact de la faune sauvage sont encore peu documentées. Une étude s'est penchée plus particulièrement sur un ensemble d'activités des professionnels de la santé travaillant dans 14 pays différents répartis sur l'Asie dont certains pays d'Asie du Sud-Est comme le Cambodge, le Laos, le Vietnam, la Thaïlande... mais aussi des pays d'Afrique et d'Amérique. 71 volontaires travaillant sur le projet PREDICT et ayant des métiers au contact de la faune sauvage ou d'échantillons de faune sauvage ont été recrutés : 41% étaient des agents de terrains ou de surveillance et 25% des vétérinaires. Même si les profils diffèrent légèrement de nos rangers, des critères sociodémographiques présentaient des tendances similaires : en effet, une grande proportion de personnes ont un niveau d'éducation élevé ce qui était le cas également de nos rangers même si la proportion était moindre. La moyenne d'âge était de 35 ans (contre 32 ans pour nos rangers), et 66% étaient des hommes (94,1% soit 112/119 hommes chez nos rangers). La plupart travaillait cependant en Afrique (Garland-Lewis et al., 2017).

4.1.2. Types et fréquences de contact avec la faune sauvage chez les personnes exposées

Le principal contact avec la faune sauvage déclaré par l'ensemble des personnes exposées est la consommation de viande de brousse cuite pour 83,9% (598/713) d'entre eux. La consommation est le dernier maillon de la filière de viande de brousse et est majoritairement pratiquée par tous les acteurs. Seulement 23,7% (169/713) déclarent néanmoins manger de la viande crue. Manger de la viande crue expose les consommateurs à des risques zoonotiques importants autant viraux (virus de l'hépatite E...) que bactériens et parasitaires (E. coli...) (Cantlay et al., 2017; Li et al., 2005). Notre population est donc moins exposée à ces risques par ce type de contact peu déclaré.

Les autres types de contact (toucher des animaux sauvages vivants ou morts, tuer des animaux sauvages, manipuler de la viande de brousse crue et manger de la viande de brousse crue) sont plus spécifiques de chaque activité ce qui explique la différence en terme de nombre de contact déclaré par la population totale et par catégorie. Les rangers ont en effet déclaré le moins de types de contacts (1,34 par personne), viennent ensuite les consommateurs (2,15 par personne) puis les vendeurs (3 par personne). Les forestiers et les chasseurs sont ceux qui ont déclaré le plus de type de contact (environ 4 par personne).

Certaines activités impliquent en effet plusieurs types de contact : par exemple, la vente nécessite de toucher les animaux morts, et parfois de les dépecer et donc manipuler donc la viande crue. La chasse suppose également plusieurs types de contact : en effet, 86,2% des forestiers et des chasseurs réunis chassent avec des pièges ce qui impliquent parfois de toucher les animaux morts ou vivants, 78,4% des forestiers et des chasseurs (réunis) déclarent chasser pour leur propre consommation et vont donc également manipuler la viande crue et la consommer (résultats ZooCov non publiés). 90,6% des consommateurs quant à eux déclarent acheter des animaux déjà morts et n'ont donc pas l'occasion de toucher des animaux vivants (résultats ZooCov non publiés). 67,2% des rangers déclarent patrouiller dans la forêt, dans les zones protégées ou les sanctuaires et 18,5% y font de la recherche (collecte des données, prélèvements...) (résultats ZooCov non publiés). Au cours de leurs activités, les rangers déclarent principalement toucher des animaux vivants (49,6% soit 59/119) et morts (30,3% soit 36/119). L'étude sur l'exposition à la faune sauvage des professionnels de la santé a montré qu'un des contacts principaux qu'ont ces personnes avec la faune sauvage est la capture d'animaux (81%) et donc le contact avec les animaux vivants. 41% rapportaient avoir eu des contacts avec la faune sauvage principalement sur le terrain et 38% sur le terrain et en laboratoire. (Garland-Lewis et al., 2017).

Enfin, la fréquence de contact avec la faune sauvage est très élevée chez les vendeurs, élevée chez les chasseurs et les forestiers, faible à très faible chez les consommateurs et les rangers : les vendeurs ont donc des contacts quasi quotidiennement avec les animaux sauvages ou la viande de brousse. Les chasseurs et les forestiers sont également très fréquemment en contact avec la faune sauvage.

La description du statut d'exposition et des différentes catégories exposées et de leurs contacts (fréquence, type) offre donc une première approche dans l'identification des activités et des profils de personne.

4.2. Résultats sérologiques

4.2.1. Association entre statut sérologique et exposition à la faune sauvage et données sociodémographiques

Malgré la situation sanitaire au Cambodge et le retard pris dans les analyses d'identification des coronavirus, il a néanmoins été choisi de présenter les résultats sérologiques préliminaires. Aucun résultat positif n'a été trouvé pour les anticorps dirigés contre le SARS-CoV-2 lors du test de neutralisation. Il reste à caractériser les anticorps détectés contre les coronavirus autres que le SARS-CoV-2. Des analyses Multiplex (test de microsphère MIA) vont être réalisées dans un premier temps sur tous les échantillons positifs à l'ELISA mais négatifs à la séroneutralisation puis sur tous les échantillons possibles négatifs à l'ELISA et permettront la recherche simultanée d'anticorps dirigés contre plusieurs coronavirus connus pour infecter l'Homme : principalement des betacoronavirus (SARS-CoV-1, SARS-CoV-2, MERS-CoV et 2 betacoronavirus saisonniers hCoV-HKU1, hCoV-OC43 causant des rhumes bénins) mais aussi 2 alphacoronavirus saisonniers (hCoV-NL63 et hCoV-229E provoquant également des rhumes sans grande gravité) (Vabret and Meriadeg Ar, 2019). Il est fortement probable que les sera ayant eu une réaction croisée avec les SARS-CoV-2 lors de l'ELISA soient des anticorps dirigés contre d'autres coronavirus humains voire zoonotiques. L'analyse n'est pas complète tant que la réponse en anticorps n'a pas été caractérisée mais a permis cependant une première analyse des facteurs d'expositions au coronavirus.

Aucun anticorps contre le SARS-CoV-2 n'a été détecté à ce jour mais 14,5% (131/901) étaient positifs à un autre coronavirus. Selon nos analyses testant l'association entre statut sérologique et les catégories ainsi que les variables sociodémographiques, le fait d'être un ranger (OR=3,3 ; IC95%=1,2-9,4), un consommateur de viande de brousse (OR=3,5 ; IC95%=1,6-8,6) ou un forestier (OR=4,2 ; IC95%=1,5-12,6) est associé à un fort taux de séropositivité par rapport aux personnes non exposées. Les autres facteurs significatifs sont les suivants : le fait d'être Krols/Thmons plutôt que Phnongs (OR=2,8 ; IC95%=1,5-5,3) ainsi que les personnes ayant un niveau d'éducation d'école primaire plutôt que d'école secondaire ou plus (OR=2,1 ; IC95%=1,2-3,9). Les futurs résultats sérologiques humains nous permettront d'approfondir ces associations ; de même que les résultats des prélèvements animaux conduiront à l'analyse des facteurs d'exposition.

C'est à notre connaissance le seul projet récent investiguant la séroprévalence des coronavirus dans des populations exposées ou non à la faune sauvage au Cambodge. Une étude très récente a cependant décrit la séroprévalence des coronavirus humains parmi des villageois exposés à des chauves-souris en Thaïlande : celle-ci a été testée à l'aide d'un kit ELISA (ABBEXA) dirigé contre les anticorps (IgG) des coronavirus humains. 10% de séropositivité ont été trouvés contre les coronavirus humains (38/364). Dans leur modèle de régression logistique, seul un salaire mensuel faible de la famille (<\$450) était statistiquement significatif pour la séropositivité aux coronavirus. Aucune différence significative entre la population totale exposée et celle non exposée aux chauves-souris n'a été trouvée, ni entre sexe, métier, groupe d'âge ou niveau d'éducation. Néanmoins, des différences significatives de séropositivité entre population exposée et non exposée aux chauves-souris ont été découvertes dans une région centrale de la Thaïlande (Suwannarong et al., 2021).

4.2.2. Association entre le statut sérologique et les catégories exposées, les caractéristiques des types de contact, la fréquence d'exposition et les données sociodémographiques

Nos résultats concernant l'association entre les facteurs associés à l'exposition au coronavirus parmi les catégories, les types et la fréquence de contact avec la faune sauvage ainsi que les données sociodémographiques a montré que les personnes Krols et Thmons ont plus de chance d'avoir rencontré le coronavirus que les phnongs (OR=3,3 ; IC95%=1,9-5,9). Les personnes vivant dans un foyer avec un salaire mensuel <\$100 sont également plus exposées au coronavirus que celles avec un salaire >\$350 (OR=3,0 ; IC95%=1,3-9,0). La consommation de viande de brousse crue participe au modèle final mais n'est pas significative (OR=1,5 ; IC95%=1,0-2,4). Il en est de même pour un salaire de \$100-\$300 (OR=2,3 ; IC95%=1,0-7,0). 76,4% (110/143) des Krols et des Thmons sont des consommateurs, 18,1% (23/143) des forestiers et 5,5% (7/143) des chasseurs. Ces trois catégories exposées sont également les plus pauvres : environ 78,7%

(37/47) des forestiers, 75,9% (22/29 des chasseurs et 52,8% (271/513) des consommateurs vivent dans un foyer avec un salaire mensuel inférieur à \$100 (Tableau 6). Tous les vendeurs étaient négatifs mais leur effectif étant faible, il est difficile d'interpréter ces résultats. Le sexe qui était significatif dans le premier modèle ne l'est plus quand on compare les différences entre catégories exposées ce qui peut s'expliquer par le fait que les consommateurs contiennent une grande proportion de femmes par rapport aux autres catégories et les chasseurs et forestiers des hommes ce qui finit par s'équilibrer.

4.3. Limites de l'analyse

4.3.1. Biais relatifs au déroulement des interviews et à la collecte des données

Malgré les soins apportés au protocole de récolte et d'analyse de données, il persiste néanmoins quelques biais dont certains sont propres aux études transversales.

La manière dont les personnes ont été interrogées était liée à la volonté des chefs de village et constituent un biais de sélection. Le porte-à-porte est plus pertinent d'un point de vue échantillonnage aléatoire mais ne permet pas d'interroger un grand nombre de personnes à la fois. De plus, ce mode d'entretien est plus compliqué car les personnes sont généralement méfiantes et par peur de représailles, beaucoup refusent de participer à l'étude et encore plus de se laisser prélever du sang. Les interviews sont ainsi plus faciles lorsqu'elles sont organisées sous forme de rassemblements collectifs avec l'accord des chefs de village. Cependant, à ces rassemblements viennent seulement certaines personnes motivées, ayant de bonnes relations et faisant confiance au chef de village ou au contraire certaines personnes qui n'ont pas le choix et sont convoqués par le chef de village et ne veulent pas vraiment répondre aux questions. L'échantillonnage n'est donc pas entièrement aléatoire.

La plupart des gens savent que les pratiques sur lesquelles l'enquête se porte sont illégales. Ils ne veulent donc pas forcément répondre aux questions ou vont dire ce que l'on veut entendre. Les enquêteurs prenaient le temps de leur expliquer que l'équipe ne s'intéressait pas au cadre légal de leurs activités mais aux aspects scientifiques et aux risques sanitaires que leurs activités impliquaient ce qui contribuait le plus souvent à les convaincre. Les gens voulaient donc connaître les conclusions de l'étude et savoir s'ils étaient à risque ou pas.

Par manque de temps et de matériel (tablette numérique), certains entretiens ont été réalisés sur questionnaire papier puis retranscrits sur KoBoToolBox le soir même. Des erreurs ont pu avoir lieu dans la retranscription. Malgré la traduction par une personne de l'équipe bilingue (khmer/anglais), des erreurs de traduction ou de compréhension sont toujours possibles. Il peut donc y avoir des biais de transcription et de traduction. Les interviews étaient néanmoins enregistrées et ont ainsi pu être réécoutées au besoin.

4.3.2. Limites relatives à nos analyses

Une des limites de notre travail est le recoupement de la variable « catégorie » avec la variable métier : en effet, 107 des 119 rangers déclarent qu'être ranger est leur métier principal ; les personnes restantes travaillant majoritairement dans le milieu agricole, forestier ou de la pêche. Le choix de garder les rangers dans ce travail est donc justifié par le fait que certaines activités professionnelles en forêt peuvent exposer les hommes à des contacts avec la faune sauvage. Un des objectifs du projet est également la description et l'identification de nouveaux profils qui au cours de leurs activités professionnelles ou par leur mode de vie peuvent être en contact avec la faune sauvage et de déterminer si ces profils sont plus susceptibles d'être contaminés par les coronavirus.

Cependant, au vu de la redondance du classement des rangers dans les catégories et les métiers, l'association entre les métiers et le statut d'exposition ou le statut sérologique n'a pas pu être testée ce qui constitue une autre limite de nos modèles et de notre étude. L'analyse univariée nous montrait cependant des résultats intéressants pour les deux variables réponses : en effet, les personnes qui occupaient des postes de managers, chefs d'entreprises ou d'employés et naturellement les rangers sont plus exposés à la faune sauvage que les sans-emplois d'après l'analyse univariée (Tableau 3). De même, les travailleurs agricoles, de la forêt et de la pêche sont clairement plus positifs aux coronavirus que les personnes sans emploi (OR=5,2 ; IC95%=1,6-32,4) Des analyses futures uniquement sur les rangers vont être réalisées afin de comparer.

Pour optimiser au maximum les analyses, certaines modalités de variable avec de faibles effectifs ont été regroupées lors des descriptions préliminaires de la population. Il était néanmoins impossible de regrouper les vendeurs dont l'effectif était pourtant vraiment faible (5) et vient donc perturber les analyses (absence de robustesse). Un regroupement entre forestier et chasseur n'a pas été réalisé mais au vu des profils très similaires des deux groupes, il pourrait être envisagé. A l'inverse, le regroupement des ethnies Krols et des

Thmons dans un seul groupe lors des analyses descriptives préliminaires est également discutable. Les Krols sont majoritairement bouddhistes tandis que les Thmons majoritairement animistes mais ils ont tous été interrogés dans la province du Mondulkiri. Ces deux ethnies apparaissaient souvent proches l'une de l'autre sur les ACM mais un regroupement dans la catégorie « Autres » auraient été également totalement justifié.

L'interprétation de différence d'association entre ethnies ou religions peut se révéler difficile : les personnes ont été interrogées dans des provinces sélectionnées au préalable et donc certaines ethnies ou religions ne sont pas forcément retrouvées dans une province ou l'autre ce qui représente un biais de sélection et empêche une réelle comparaison. Il serait néanmoins intéressant d'analyser de manière plus approfondie les pratiques des Krols et des Thmons qui sont significativement associées au statut d'exposition ou au statut sérologique dans les trois modèles et de voir si des coutumes ou des raisons autres qu'un potentiel biais de sélection ont une influence sur leurs contacts avec la faune sauvage. Ces ethnies étant minoritaires au Cambodge, aucune publication concernant les pratiques à risques n'a été trouvée dessus (National Institute of Statistics Ministry of Planning, 2020).

Enfin, une autre limite de l'étude est due à la hiérarchisation des questionnaires et à la composition de la population des consommateurs. Certaines personnes pouvaient déclarer 2 activités : dans ce cas, certaines pratiques étaient « prioritaires » face à d'autres. Les consommateurs étaient en quelque sorte « dernier » dans le choix des questionnaires ce qui implique que les consommateurs sont uniquement consommateurs : en effet, les chasseurs qui consomment sont considérés comme chasseurs, idem pour les autres catégories. Cela peut également expliquer les quelques petites différences obtenues par rapport aux autres études : les consommateurs vivaient principalement dans des foyers où le salaire mensuel ne dépassait pas \$100 alors que dans d'autres études, la consommation est un « luxe » réservé à des personnes ayant des revenus plus élevés (Privot et al., 2019).

CONCLUSION

L'Asie du Sud-Est est une région densément peuplée et riche en biodiversité où l'Homme rencontre fréquemment la faune sauvage lors d'activités diverses (commerce...). Au cours de ces pratiques, les interactions multiples et répétées de l'Homme avec la faune sauvage favorisent l'adaptation, la transmission intra- ou inter espèces, l'amplification et éventuellement la recombinaison de virus conduisant à l'émergence de nouveaux pathogènes zoonotiques qui se diffusent ensuite dans le monde entier, comme cela a été le cas lors de ces 20 dernières années. Il est donc nécessaire d'améliorer nos connaissances sur les interactions possibles entre les trois compartiments (Homme, faune sauvage, pathogène) afin de qualifier et surtout quantifier les risques à l'interface Homme-faune sauvage.

Ainsi, cette partie du projet ZooCov vient approfondir les connaissances sur la filière de viande de brousse et les pratiques avec la faune sauvage au Cambodge mais aussi compléter les lacunes concernant la séroprévalence des coronavirus dans la population humaine. Il vient également enrichir le panel de publications déjà écrites sur les pratiques à risque et la séroprévalence des coronavirus en Asie du Sud-Est. Les descriptions préliminaires du statut d'exposition et des différentes catégories ainsi que leurs contacts (fréquence, type) avec la faune sauvage constituent seulement une première approche dans la description des activités à l'interface Homme/faune sauvage. Les résultats sérologiques présentés ici montrent que l'exposition à la faune sauvage est un facteur d'exposition au coronavirus. Ce sont cependant des résultats préliminaires qui méritent approfondissement.

A présent, une analyse plus détaillée des questionnaires de chaque catégorie va permettre l'analyse des pratiques individuelles qui poussent chaque catégorie à entrer en contact avec la faune sauvage ainsi qu'une identification des espèces animales impliquées dans ces contacts. Une analyse des interviews de suivi et des résultats sérologiques de 198 participants interrogés lors des deux sessions (août-octobre 2020 et février-mars 2021) doit également être réalisée. L'apport de ces nouvelles données cumulé aux futurs résultats des analyse sérologiques Multiplex des prélèvements humains permettront l'identification des facteurs de risques d'exposition pour l'Homme aux coronavirus. Enfin, la mise en commun de ces connaissances avec les futurs résultats des prélèvements animaux aboutira à terme à la quantification du risque à l'interface Homme/faune sauvage. Dans le cadre du deuxième volet articulé autour de l'analyse du réseau de faune sauvage, une étude KAP (Knowledge-Attitude-Practices) sera également être effectuée afin de comprendre les perceptions des risques par les acteurs de la filière de viande de brousse. Les 3 volets s'articulent ainsi autour de la mise en place à terme d'un système d'alerte et de détection précoce des évènements de spill-over viraux en Asie du Sud-Est.

BIBLIOGRAPHIE

La bibliographie a été réalisée à l'aide de Zotero (version 5.0.96.2) qui est un logiciel de gestion des références.

Arguin, P.M., Murray-Lillibridge, K., Miranda, M.E.G., Smith, J.S., Calaor, A.B., Rupprecht, C.E., 2002. Serologic Evidence of Lyssavirus Infections among Bats, the Philippines. *Emerg Infect Dis* 8, 258–262. <https://doi.org/10.3201/eid0803.010330>

Baccini, 2010. Statistique Descriptive Multidimensionnelle (pour les nuls). Institut de Mathématiques de Toulouse — UMR CNRS 5219

Banque mondiale, 2019a. PIB par habitant, (\$ PPA internationaux constants de 2011) - Cambodia | Data [WWW Document]. URL <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/NY.GDP.PCAP.PP.KD?locations=KH> (accessed 5.19.21).

Banque mondiale, 2019b. RNB par habitant, méthode Atlas (\$ US courants) | Data [WWW Document]. URL <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/NY.GNP.PCAP.CD> (accessed 5.19.21).

Bell, D., Robertson, S., Hunter, P.R., 2004. Animal origins of SARS coronavirus: possible links with the international trade in small carnivores. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 359, 1107–1114. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1492>

Berto, A., Anh, P.H., Carrique-Mas, J.J., Simmonds, P., Van Cuong, N., Tue, N.T., Van Dung, N., Woolhouse, M.E., Smith, I., Marsh, G.A., Bryant, J.E., Thwaites, G.E., Baker, S., Rabaa, M.A., VIZIONS consortium, 2018. Detection of potentially novel paramyxovirus and coronavirus viral RNA in bats and rats in the Mekong Delta region of southern Viet Nam. *Zoonoses Public Health* 65, 30–42. <https://doi.org/10.1111/zph.12362>

Blasdell, K.R., Duong, V., Eloit, M., Chretien, F., Ly, S., Hul, V., Deubel, V., Morand, S., Buchy, P., 2016. Evidence of human infection by a new mammarenavirus endemic to Southeastern Asia. *Elife* 5. <https://doi.org/10.7554/eLife.13135>

Bohelay, G., Duong, T.-A., 2019. Infections humaines à poxvirus. *Annales de Dermatologie et de Vénérologie* 146, 387–398. <https://doi.org/10.1016/j.annder.2019.03.001>

Bordier, M., Roger, F., 2013. Zoonoses in South-East Asia: a regional burden, a global threat 29.

Calisher, C.H., Childs, J.E., Field, H.E., Holmes, K.V., Schountz, T., 2006. Bats: Important Reservoir Hosts of Emerging Viruses. *Clin Microbiol Rev* 19, 531–545. <https://doi.org/10.1128/CMR.00017-06>

Cambodia: Ministry of Environment, 2018. Cambodia Forest Cover 2016.

Cantlay, J.C., Ingram, D.J., Meredith, A.L., 2017. A Review of Zoonotic Infection Risks Associated with the Wild Meat Trade in Malaysia. *Ecohealth* 14, 361–388. <https://doi.org/10.1007/s10393-017-1229-x>

Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2003. Prevalence of IgG antibody to SARS-associated coronavirus in animal traders--Guangdong Province, China, 2003. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 52, 986–987.

Chakrya, K.S., 2018. Bush meat trade continues [WWW Document]. URL <https://www.phnompenhpost.com/national/bush-meat-trade-continues> (accessed 4.12.21).

Charrel, R.N., de Lamballerie, X., 2010. Zoonotic aspects of arenavirus infections. *Vet Microbiol* 140, 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2009.08.027>

Chevalier, 2020. Project ZooCov: Toward an integrated surveillance of potential zoonotic Betacoronaviruses in the wild animal value chains of Cambodia. CIRAD, Institut Pasteur du Cambodge.

Chomel, B.B., Belotto, A., Meslin, F.-X., 2007. Wildlife, Exotic Pets, and Emerging Zoonoses. *Emerg Infect Dis* 13, 6–11. <https://doi.org/10.3201/eid1301.060480>

Clement, J., LeDuc, J.W., Lloyd, G., Reynes, J.-M., McElhinney, L., Van Ranst, M., Lee, H.-W., 2019. Wild Rats, Laboratory Rats, Pet Rats: Global Seoul Hantavirus Disease Revisited. *Viruses* 11. <https://doi.org/10.3390/v11070652>

- Delahay, R.J., de la Fuente, J., Smith, G.C., Sharun, K., Snary, E.L., Flores Girón, L., Nziza, J., Fooks, A.R., Brookes, S.M., Lean, F.Z.X., Breed, A.C., Gortazar, C., 2021. Assessing the risks of SARS-CoV-2 in wildlife. *One Health Outlook* 3, 7. <https://doi.org/10.1186/s42522-021-00039-6>
- Dong, B.Q., Liu, W., Fan, X.H., Vijaykrishna, D., Tang, X.C., Gao, F., Li, L.F., Li, G.J., Zhang, J.X., Yang, L.Q., Poon, L.L.M., Zhang, S.Y., Peiris, J.S.M., Smith, G.J.D., Chen, H., Guan, Y., 2007. Detection of a Novel and Highly Divergent Coronavirus from Asian Leopard Cats and Chinese Ferret Badgers in Southern China. *J Virol* 81, 6920–6926. <https://doi.org/10.1128/JVI.00299-07>
- Douno, M., Asampong, E., Magassouba, N., Fichet-Calvet, E., Almudena, M.S., 2021. Hunting and consumption of rodents by children in the Lassa fever endemic area of Faranah, Guinea. *PLOS Neglected Tropical Diseases* 15, e0009212. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009212>
- Findlater, A., Bogoch, I.I., 2018. Human Mobility and the Global Spread of Infectious Diseases: A Focus on Air Travel. *Trends in Parasitology* 34, 772–783. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2018.07.004>
- Garland-Lewis, G., Whittier, C., Murray, S., Trufan, S., Rabinowitz, P.M., 2017. Occupational Risks and Exposures Among Wildlife Health Professionals. *Ecohealth* 14, 20–28. <https://doi.org/10.1007/s10393-017-1208-2>
- Greator, Z.F., Olson, S.H., Singhalath, S., Silihamavong, S., Khamvavong, K., Fine, A.E., Weisman, W., Douangngeun, B., Theppangna, W., Keatts, L., Gilbert, M., Karesh, W.B., Hansel, T., Zimicki, S., O'Rourke, K., Joly, D.O., Mazet, J.A.K., 2016. Wildlife Trade and Human Health in Lao PDR: An Assessment of the Zoonotic Disease Risk in Markets. *PLoS One* 11, e0150666. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150666>
- Guan, Y., Zheng, B.J., He, Y.Q., Liu, X.L., Zhuang, Z.X., Cheung, C.L., Luo, S.W., Li, P.H., Zhang, L.J., Guan, Y.J., Butt, K.M., Wong, K.L., Chan, K.W., Lim, W., Shortridge, K.F., Yuen, K.Y., Peiris, J.S.M., Poon, L.L.M., 2003. Isolation and Characterization of Viruses Related to the SARS Coronavirus from Animals in Southern China. *Science* 302, 276–278. <https://doi.org/10.1126/science.1087139>
- Halabowski, D., Rzymiski, P., 2021. Taking a lesson from the COVID-19 pandemic: Preventing the future outbreaks of viral zoonoses through a multi-faceted approach. *Sci Total Environ* 757, 143723. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143723>
- Hul, V., Delaune, D., Karlsson, E., Hassanin, A., Tey, P., Baidaliuk, A., Gambaro, F., Tu, V., Keatts, L., Mazet, J., Johnson, C., Buchy, P., Dussart, P., Goldstein, T., Simon-Loriere, E., Duong, V., 2021. A novel SARS-CoV-2 related coronavirus in bats from Cambodia. <https://doi.org/10.1101/2021.01.26.428212>
- Huong, N.Q., Nga, N.T.T., Long, N.V., Luu, B.D., Latinne, A., Pruvot, M., Phuong, N.T., Quang, L.T.V., Hung, V.V., Lan, N.T., Hoa, N.T., Minh, P.Q., Diep, N.T., Tung, N., Ky, V.D., Robertson, S.I., Thuy, H.B., Long, N.V., Gilbert, M., Wicker, L., Mazet, J.A.K., Johnson, C.K., Goldstein, T., Tremeau-Bravard, A., Ontiveros, V., Joly, D.O., Walzer, C., Fine, A.E., Olson, S.H., 2020. Coronavirus testing indicates transmission risk increases along wildlife supply chains for human consumption in Viet Nam, 2013-2014. *PLoS ONE* 15, e0237129. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237129>
- Ji, W., Wang, W., Zhao, X., Zai, J., Li, X., 2020. Cross-species transmission of the newly identified coronavirus 2019-nCoV. *J Med Virol* 92, 433–440. <https://doi.org/10.1002/jmv.25682>
- Johansson, P., Yap, G., Low, H.-T., Siew, C.-C., Kek, R., Ng, L.-C., Bucht, G., 2010. Molecular characterization of two hantavirus strains from different rattus species in Singapore. *Virol J* 7, 15. <https://doi.org/10.1186/1743-422X-7-15>
- Jones, K.E., Patel, N.G., Levy, M.A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J.L., Daszak, P., 2008. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* 451, 990–993. <https://doi.org/10.1038/nature06536>
- Kan, B., Wang, M., Jing, H., Xu, H., Jiang, X., Yan, M., Liang, W., Zheng, H., Wan, K., Liu, Q., Cui, B., Xu, Y., Zhang, E., Wang, H., Ye, J., Li, G., Li, M., Cui, Z., Qi, X., Chen, K., Du, L., Gao, K., Zhao, Y., Zou, X., Feng, Y.-J., Gao, Y.-F., Hai, R., Yu, D., Guan, Y., Xu, J., 2005. Molecular Evolution Analysis and Geographic Investigation of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-Like Virus in Palm Civets at an Animal Market and on Farms. *J Virol* 79, 11892–11900. <https://doi.org/10.1128/JVI.79.18.11892-11900.2005>
- Karesh, W.B., Cook, R.A., Bennett, E.L., Newcomb, J., 2005. Wildlife Trade and Global Disease Emergence. *Emerg Infect Dis* 11, 1000–1002. <https://doi.org/10.3201/eid1107.050194>

- Kilonzo, C., Stopka, T., Chomel, B., 2013. Illegal Animal and (Bush) Meat Trade Associated Risk of Spread of Viral Infections, in: *Viral Infections and Global Change*. <https://doi.org/10.1002/9781118297469.ch10>
- Lacroix, A., Duong, V., Hul, V., San, S., Davun, H., Omaliss, K., Chea, S., Hassanin, A., Theppangna, W., Silithammavong, S., Khammavong, K., Singhalath, S., Grestorex, Z., Fine, A.E., Goldstein, T., Olson, S., Joly, D.O., Keatts, L., Dussart, P., Afelt, A., Frutos, R., Buchy, P., 2017. Genetic diversity of coronaviruses in bats in Lao PDR and Cambodia. *Infection, Genetics and Evolution* 48, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2016.11.029>
- Lam, T.T.-Y., Jia, N., Zhang, Y.-W., Shum, M.H.-H., Jiang, J.-F., Zhu, H.-C., Tong, Y.-G., Shi, Y.-X., Ni, X.-B., Liao, Y.-S., Li, W.-J., Jiang, B.-G., Wei, W., Yuan, T.-T., Zheng, K., Cui, X.-M., Li, J., Pei, G.-Q., Qiang, X., Cheung, W.Y.-M., Li, L.-F., Sun, F.-F., Qin, S., Huang, J.-C., Leung, G.M., Holmes, E.C., Hu, Y.-L., Guan, Y., Cao, W.-C., 2020. Identifying SARS-CoV-2-related coronaviruses in Malayan pangolins. *Nature* 583, 282–285. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2169-0>
- Li, K., Lin, X.-D., Wang, W., Shi, M., Guo, W.-P., Zhang, X.-H., Xing, J.-G., He, J.-R., Wang, K., Li, M.-H., Cao, J.-H., Jiang, M.-L., Holmes, E.C., Zhang, Y.-Z., 2015. Isolation and characterization of a novel arenavirus harbored by Rodents and Shrews in Zhejiang province, China. *Virology* 476, 37–42. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2014.11.026>
- Li, T.-C., Chijiwa, K., Sera, N., Ishibashi, T., Etoh, Y., Shinohara, Y., Kurata, Y., Ishida, M., Sakamoto, S., Takeda, N., Miyamura, T., 2005. Hepatitis E Virus Transmission from Wild Boar Meat. *Emerg Infect Dis* 11, 1958–1960. <https://doi.org/10.3201/eid1112.051041>
- Looi, L.-M., Chua, K.-B., 2007. Lessons from the Nipah virus outbreak in Malaysia. *Malays J Pathol* 29, 63–67.
- Luskin, M.S., Christina, E.D., Kelley, L.C., Potts, M.D., 2014. Modern Hunting Practices and Wild Meat Trade in the Oil Palm Plantation-Dominated Landscapes of Sumatra, Indonesia. *Hum Ecol* 42, 35–45. <https://doi.org/10.1007/s10745-013-9606-8>
- Masuda, J.-I., Yano, K., Tamada, Y., Takii, Y., Ito, M., Omagari, K., Kohno, S., 2005. Acute hepatitis E of a man who consumed wild boar meat prior to the onset of illness in Nagasaki, Japan. *Hepatology Research* 31, 178–183. <https://doi.org/10.1016/j.hepres.2005.01.008>
- Mitchell, C., 2019. PAHO/WHO | Hantavirus [WWW Document]. Pan American Health Organization / World Health Organization. URL https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14911:hantavirus&Itemid=40721&lang=en (accessed 5.5.21).
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G., Group, T.P., 2009. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLOS Medicine* 6, e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Murray, K.A., Allen, T., Loh, E., Machalaba, C., Daszak, P., 2016. Emerging Viral Zoonoses from Wildlife Associated with Animal-Based Food Systems: Risks and Opportunities, in: Jay-Russell, M., Doyle, M.P. (Eds.), *Food Safety Risks from Wildlife: Challenges in Agriculture, Conservation, and Public Health*, Food Microbiology and Food Safety. Springer International Publishing, Cham, pp. 31–57. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24442-6_2
- Nakamura, M., Takahashi, K., Taira, K., Taira, M., Ohno, A., Sakugawa, H., Arai, M., Mishiro, S., 2006. Hepatitis E virus infection in wild mongooses of Okinawa, Japan: Demonstration of anti-HEV antibodies and a full-genome nucleotide sequence. *Hepatology Research* 34, 137–140. <https://doi.org/10.1016/j.hepres.2005.10.010>
- National Institute of Statistics Ministry of Planning, 2020. Final General Population Census Cambodia 2019.
- Nga, V.T., Ngoc, T.U., Minh, L.B., Ngoc, V.T.N., Pham, V.-H., Nghia, L.L., Son, N.L.H., Van Pham, T.H., Bac, N.D., Tien, T.V., Tuan, N.N.M., Tao, Y., Show, P.L., Chu, D.-T., 2019. Zoonotic diseases from birds to humans in Vietnam: possible diseases and their associated risk factors. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 38, 1047–1058. <https://doi.org/10.1007/s10096-019-03505-2>
- Nitatpattana, N., Chauvancy, G., Jumrongsawat, K., Poblap, T., Yoksan, S., Gonzalez, J.P., 2000. Preliminary study on potential circulation of arenaviruses in the rodent population of Nakhon Pathom Province, Thailand and their medical importance in an evolving environment. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 31, 62–65.

- Olson, J.G., Rupprecht, C., Rollin, P.E., An, U.S., Niezgodna, M., Clemins, T., Walston, J., Ksiazek, T.G., 2002. Antibodies to Nipah-Like Virus in Bats (*Pteropus lylei*), Cambodia. *Emerg Infect Dis* 8, 987–988. <https://doi.org/10.3201/eid0809.010515>
- Omrani, A.S., Al-Tawfiq, J.A., Memish, Z.A., 2015. Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV): animal to human interaction. *Pathog Glob Health* 109, 354–362. <https://doi.org/10.1080/20477724.2015.1122852>
- Petrikova, I., Cole, J., Farlow, A., 2020. COVID-19, wet markets, and planetary health. *The Lancet Planetary Health* 4, e213–e214. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30122-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30122-4)
- PREDICT Consortium, 2014. Reducing Pandemic Risk, Promoting Global Health. One Health Institute, University of California, Davis,.
- Pruvot, M., Khamvavong, K., Milavong, P., Philavong, C., Reinharz, D., Mayxay, M., Rattanavong, S., Horwood, P., Dussart, P., Douangngeun, B., Theppangna, W., Fine, A.E., Olson, S.H., Robinson, M., Newton, P., 2019. Toward a quantification of risks at the nexus of conservation and health: The case of bushmeat markets in Lao PDR. *Science of The Total Environment* 676, 732–745. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.266>
- Pulliam, J.R.C., Epstein, J.H., Dushoff, J., Rahman, S.A., Bunning, M., Jamaluddin, A.A., Hyatt, A.D., Field, H.E., Dobson, A.P., Daszak, P., Henipavirus Ecology Research Group (HERG), 2012. Agricultural intensification, priming for persistence and the emergence of Nipah virus: a lethal bat-borne zoonosis. *J R Soc Interface* 9, 89–101. <https://doi.org/10.1098/rsif.2011.0223>
- 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. *Emerg Infect Dis* 11, 1042–1047. <https://doi.org/10.3201/eid1107.041350>
- Reynes, J.-M., Molia, S., Audry, L., Hout, S., Ngien, S., Walston, J., Bourhy, H., 2004. Serologic Evidence of Lyssavirus Infection in Bats, Cambodia. *Emerg Infect Dis* 10, 2231–2234. <https://doi.org/10.3201/eid1012.040459>
- Sendow, I., Field, H.E., Curran, J., Morrissy, C., Meehan, G., Buick, T., Daniels, P., 2006. Henipavirus in *Pteropus vampyrus* Bats, Indonesia. *Emerg Infect Dis* 12, 711–712. <https://doi.org/10.3201/eid1204.051181>
- Sridhar, S., Yip, C.C.-Y., Wu, S., Chew, N.F.-S., Leung, K.-H., Chan, J.F.-W., Zhao, P.S., Chan, W.-M., Poon, R.W.-S., Tsoi, H.-W., Cai, J.-P., Chan, H.S.-Y., Leung, A.W.-S., Tse, C.W.-S., Zee, J.S.-T., Tsang, O.T.-Y., Cheng, V.C.-C., Lau, S.K.-P., Woo, P.C.-Y., Tsang, D.N.-C., Yuen, K.-Y., 2021. Transmission of Rat Hepatitis E Virus Infection to Humans in Hong Kong: A Clinical and Epidemiological Analysis. *Hepatology* 73, 10–22. <https://doi.org/10.1002/hep.31138>
- Suwannarong, Kanokwan, Chanabun, S., Kanthawee, P., Khiewkhern, S., Boonyakawee, P., Suwannarong, Kangsadal, Saengkul, C., Bubpa, N., Amonsin, A., 2020. Risk factors for bat contact and consumption behaviors in Thailand; a quantitative study. *BMC Public Health* 20, 841. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-08968-z>
- Suwannarong, Kanokwan, Janetanakit, T., Kanthawee, P., Suwannarong, Kangsadal, Theamboonlers, A., Poovorawan, Y., Tun, H.M., Chanabun, S., Amonsin, A., 2021. Coronavirus seroprevalence among villagers exposed to bats in Thailand. *Zoonoses Public Health* zph.12833. <https://doi.org/10.1111/zph.12833>
- Takahashi, K., Kitajima, N., Abe, N., Mishiro, S., 2004. Complete or near-complete nucleotide sequences of hepatitis E virus genome recovered from a wild boar, a deer, and four patients who ate the deer. *Virology* 330, 501–505. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2004.10.006>
- Toyoda, K., Furusyo, N., Takeoka, H., Murata, M., Sawayama, Y., Hayashi, J., 2008. Epidemiological study of hepatitis E virus infection in the general population of Okinawa, Kyushu, Japan. *Journal of Gastroenterology and Hepatology* 23, 1885–1890. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1746.2008.05568.x>
- Tu, C., Cramer, G., Kong, X., Chen, J., Sun, Y., Yu, M., Xiang, H., Xia, X., Liu, S., Ren, T., Yu, Y., Eaton, B.T., Xuan, H., Wang, L.-F., 2004. Antibodies to SARS coronavirus in civets. *Emerg Infect Dis* 10, 2244–2248. <https://doi.org/10.3201/eid1012.040520>
- UNODC, 2014. Wildlife crime worth USD 8-10 billion annually, ranking it alongside human trafficking, arms and drug dealing in terms of profits [WWW Document]. United Nations: Office on Drugs and Crime. URL

[//www.unodc.org/unodc/en/frontpage/2014/May/wildlife-crime-worth-8-10-billion-annually.html](http://www.unodc.org/unodc/en/frontpage/2014/May/wildlife-crime-worth-8-10-billion-annually.html) (accessed 4.12.21).

USAID Wildlife Asia, 2020. Counter wildlife trafficking digest: Southeast Asia and China 2019.

Vabret, A., Meriadeg Ar, D., 2019. Chapitre 38: Coronavirus, in: *Traité de virologie médicale - 2ème édition*. p. 793.

Van Cuong, N., Carrique-Mas, J., Vo Be, H., An, N.N., Tue, N.T., Anh, N.L., Anh, P.H., Phuc, N.T., Baker, S., Voutilainen, L., Jääskeläinen, A., Huhtamo, E., Utriainen, M., Sironen, T., Vaheri, A., Henttonen, H., Vapalahti, O., Chaval, Y., Morand, S., Bryant, J.E., 2015. Rodents and risk in the Mekong Delta of Vietnam: seroprevalence of selected zoonotic viruses in rodents and humans. *Vector Borne Zoonotic Dis* 15, 65–72. <https://doi.org/10.1089/vbz.2014.1603>

Wacharapluesadee, S., Duengkae, P., Chaiyes, A., Kaewpom, T., Rodpan, A., Yingsakmongkon, S., Petcharat, S., Phengsakul, P., Maneern, P., Hemachudha, T., 2018. Longitudinal study of age-specific pattern of coronavirus infection in Lyle's flying fox (*Pteropus lylei*) in Thailand. *Virology* 15, 38. <https://doi.org/10.1186/s12985-018-0950-6>

Wacharapluesadee, S., Sintunawa, C., Kaewpom, T., Khongnomnan, K., Olival, K.J., Epstein, J.H., Rodpan, A., Sangsri, P., Intarut, N., Chindamporn, A., Suksawa, K., Hemachudha, T., 2013. Group C Betacoronavirus in Bat Guano Fertilizer, Thailand. *Emerg Infect Dis* 19, 1349–1352. <https://doi.org/10.3201/eid1908.130119>

Wacharapluesadee, S., Tan, C.W., Maneern, P., Duengkae, P., Zhu, F., Joyjinda, Y., Kaewpom, T., Chia, W.N., Ampoot, W., Lim, B.L., Worachotsueptrakun, K., Chen, V.C.-W., Sirichan, N., Ruchisrisarod, C., Rodpan, A., Noradechanon, K., Phaichana, T., Jantararat, N., Thongnumchaima, B., Tu, C., Cramer, G., Stokes, M.M., Hemachudha, T., Wang, L.-F., 2021. Evidence for SARS-CoV-2 related coronaviruses circulating in bats and pangolins in Southeast Asia. *Nature Communications* 12, 972. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21240-1>

Wang, B., Cai, C.-L., Li, B., Zhang, W., Zhu, Y., Chen, W.-H., Zhuo, F., Shi, Z.-L., Yang, X.-L., 2017. Detection and characterization of three zoonotic viruses in wild rodents and shrews from Shenzhen city, China. *Virology* 32, 290–297. <https://doi.org/10.1007/s12250-017-3973-z>

Wang, M., Yan, M., Xu, H., Liang, W., Kan, B., Zheng, B., Chen, H., Zheng, H., Xu, Y., Zhang, E., Wang, H., Ye, J., Li, G., Li, M., Cui, Z., Liu, Y.-F., Guo, R.-T., Liu, X.-N., Zhan, L.-H., Zhou, D.-H., Zhao, A., Hai, R., Yu, D., Guan, Y., Xu, J., 2005. SARS-CoV infection in a restaurant from palm civet. *Emerg Infect Dis* 11, 1860–1865. <https://doi.org/10.3201/eid1112.041293>

WHO (World Health Organisation), Regional Office for South-East Asia, 2005. Combating emerging infectious diseases in the South-East Asia Region.

Wilson, M.E., 1995. Travel and the Emergence of Infectious Diseases. *Emerging Infectious Diseases journal* 1. <https://doi.org/10.3201/eid0102.950201>

Wiratsudakul, A., Sariya, L., Prompiram, P., Tantawet, S., Surarungchai, D., Sedwisai, P., Sangkachai, N., Suksai, P., Ratanakorn, P., 2012. Detection and phylogenetic characterization of hepatitis E virus genotype 3 in a captive wild boar in Thailand. *J Zoo Wildl Med* 43, 640–644. <https://doi.org/10.1638/2011-0217R1.1>

Xiao, K., Zhai, J., Feng, Y., Zhou, N., Zhang, X., Zou, J.-J., Li, N., Guo, Y., Li, X., Shen, X., Zhang, Zhipeng, Shu, F., Huang, W., Li, Y., Zhang, Ziding, Chen, R.-A., Wu, Y.-J., Peng, S.-M., Huang, M., Xie, W.-J., Cai, Q.-H., Hou, F.-H., Chen, W., Xiao, L., Shen, Y., 2020. Isolation of SARS-CoV-2-related coronavirus from Malayan pangolins. *Nature* 583, 286–289. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2313-x>

XLSTAT, n.d. Analyse des Correspondances Multiples (ACM ou AFCM) [WWW Document]. XLSTAT. URL <https://www.xlstat.com/fr/solutions/fonctionnalites/analyse-des-correspondances-multiples-acm-ou-afcm> (accessed 5.30.21).

Xu, R.-H., He, J.-F., Evans, M.R., Peng, G.-W., Field, H.E., Yu, D.-W., Lee, C.-K., Luo, H.-M., Lin, W.-S., Lin, P., Li, L.-H., Liang, W.-J., Lin, J.-Y., Schnur, A., 2004. Epidemiologic Clues to SARS Origin in China. *Emerg Infect Dis* 10, 1030–1037. <https://doi.org/10.3201/eid1006.030852>

Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., Zhao, X., Huang, B., Shi, W., Lu, R., Niu, P., Zhan, F., Ma, X., Wang, D., Xu, W., Wu, G., Gao, G., 2020. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *New England Journal of Medicine* 382. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001017>

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Liste des différentes recherches bibliographiques réalisées sur PubMed	43
Annexe 2: Diagramme de flux - PRISMA 2009	45
Annexe 3: Grille de lecture finale du travail bibliographique	46
Annexe 4 : Premier certificat d'éthique délivré par le National Ethics Committee for Health Research (Ministère de la santé du Cambodge) en Juin 2020.....	47
Annexe 5 : Deuxième certificat d'éthique délivré par le National Ethics Committee for Health Research (Ministère de la santé du Cambodge) en Décembre 2020	48
Annexe 6: Feuille d'information donnée aux volontaires avant l'interview (Version anglaise).....	49
Annexe 7 : Feuille d'information donnée aux volontaires avant l'interview (Version khmer)	50
Annexe 8 : Formulaire de consentement signé par les participants volontaires avant le début de l'interview (Version khmer)	53
Annexe 9 : Exemples de questionnaires: Questionnaires des consommateurs (Version anglaise)	54
Annexe 10 : Schéma explicatif des différentes étapes des analyses des prélèvements sanguins	59
Annexe 11 : Histogrammes représentant la distribution de la population totale en fonction des données sociodémographiques.....	60
Annexe 12 : Histogrammes représentant la distribution de la population totale en fonction des données sociodémographiques et par province.....	62
Annexe 13 : Association entre le statut d'exposition à la faune sauvage et les facteurs sociodémographiques par le test de khi-deux	64
Annexe 14 : Résultats de l'analyse univariée (Khi-deux) : Association entre statut sérologique et exposition à la faune sauvage et données sociodémographiques.....	65
Annexe 15 : Résultats de l'analyse univariée (Khi-deux) : Association entre statut sérologique et catégories exposées, caractéristiques des types de contact et données sociodémographiques	66
Annexe 16 : Tableau présentant la construction des modèles et leur classement selon l'AIC et test d'adéquation (Test de Hosmer et Lemeshow).	67

- **Recherche Pubmed :** Le nombre de résultats correspond à une recherche sans filtre mais les articles sont quasi tous publiés après 2000.

Zoonoses :

- ⇒ **Recherche 1 :** ((southeast asia) OR (china)) AND (viral zoonoses) AND ((bush meat) OR (trade) OR (**wildlife**) OR (wildlife trade) OR (hunting) OR (restaurant) OR (market) OR (farm) OR (traditional medicine)) → 165 results
 - Anglais : 162 résultats

Nipah virus:

- **Recherche 2 :** ((southeast asia) OR (china)) AND ((**nipah**) OR (**henipaviruses**)) AND ((bush meat) OR (trade) OR (**wildlife**) OR (wildlife trade) OR (hunting) OR (market) OR (farm) OR (traditional medicine)) → 26 résultats
 - En anglais : 24 résultats

Hantavirus :

- **Recherche 3 :** ((southeast asia) OR (china)) AND ((**hantavirus**) OR (**hantavirus infections**)) AND ((bush meat) OR (trade) OR (wildlife trade) OR (**wildlife**) OR (hunting) OR (market) OR (farm) OR (traditional medicine)) → 43 résultats
 - **Anglais + 2000 :** 26 résultats

Hépatite E :

- **Recherche 4 :** ((southeast asia) OR (china)) AND (("**Hepatitis E virus**"[Mesh]) OR ("**Hepatitis E**"[Mesh])) AND ((bush meat) OR (trade) OR (wildlife trade) OR (**wildlife**) OR (hunting) OR (market) OR (farm) OR (traditional medicine)) → 47 résultats
 - 43 results en anglais

Arenavirus :

- **Recherche 5 :** ((southeast asia) OR (china) OR (thailand) OR (cambodia) OR (laos) OR (myanmar) OR (vietnam) OR (malaysia) OR (indonesia) OR (singapore)) AND (**arenavirus**) → **75 results avec les deux filtres (200 et langue anglaise)**

Poxvirus

- **Recherche 6 :** ((southeast asia) OR (china) OR (thailand) OR (cambodia) OR (laos) OR (myanmar) OR (vietnam) OR (malaysia) OR (indonesia) OR (singapore)) AND ((**poxvirus**) OR (**orf virus**)) AND ((bush meat) OR (trade) OR (wildlife trade) OR (**wildlife**) OR (hunting) OR (market) OR (farm) OR (traditional medicine)) → 74 results avec 2000 et anglais

Coronavirus :

- **Recherche 7 :** ((southeast asia) OR (china)) AND (**coronavirus**) AND ((bush meat) OR (trade) OR (wildlife trade) OR (**wildlife**) OR (hunting) OR (market) OR (farm) OR (traditional medicine)) → 519 résultats

Pays Asie du sud Est :

- **Recherche 8 :** ((thailand) OR (cambodia) OR (lao) OR (myanmar) OR (vietnam) OR (phillipines) OR (malaysia) OR (indonesia) OR (singapore)) AND (**viral zoonoses**) AND ((bush meat) OR (trade) OR (**wildlife**) OR (wildlife trade) OR (hunting) OR (market)) → 49 results en anglais
- **Recherche 8 :** ((southeast asia) OR (thailand) OR (cambodia) OR (laos) OR (myanmar) OR (vietnam) OR (malaysia) OR (indonesia) OR (singapore)) AND (zoonoses) AND ((bush meat) OR (trade) OR (wildlife trade) OR (**wildlife**) OR (hunting) OR (market)) AND ((english[Filter]) AND (2001:2021[pdat])) - > 225 results anglais et 2000

- **Recherche 8** : (south china) AND (zoonoses) AND ((bush meat) OR (trade) OR (wildlife trade) OR (wildlife) OR (hunting) OR (market)) AND ((english[Filter]) AND (2001:2021[pdat])) → 47 results avec 2000 et anglais

Enregistrement sur zotero : Lecture du titre et de l'abstract au besoin à la recherche des mots clés, des critères d'inclusions et enregistrement sur zotero

Recherche 1 : 55 documents

Recherche 2 : sélection de 14 documents

Recherche 3 : 19 documents

Recherche 4 : 21 documents : beaucoup de choses sur la vaccination ou HS

Recherche 5 : 4 documents → rien de nouveau dans la deuxième recherche

Recherche 6 : 10 documents

Recherche 7 : 21 documents

Recherche 8 : 12 documents → Modalités de sélection différentes car il y avait déjà bcp d'articles déjà regardés donc j'ai sélectionné uniquement ceux que je n'avais pas regardé

⇒ 157 documents

Doublons : 132 documents

GRILLE DE LECTURE

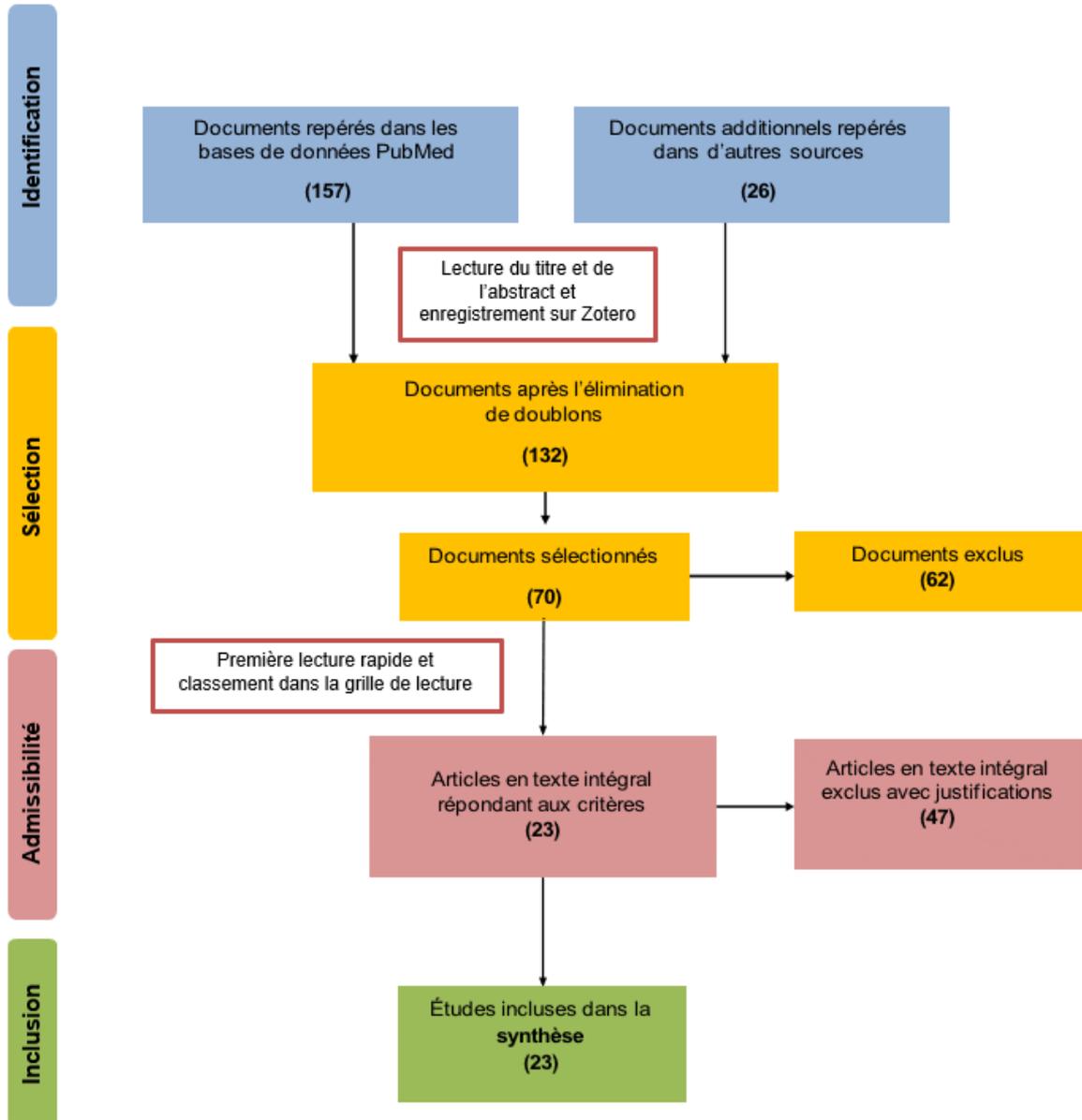
Elimination

- Classification dans la grille de lecture et lecture des review
- 44 nouveaux articles trouvés
 - 10 en double
 - 8 hors sujet

Lecture des 23 articles finaux à la recherche de nouveaux



Diagramme de flux - PRISMA 2009



Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The, P. G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med, 6(7), e1000097. doi: 10.1371/journal.pmed.1000097

Diagramme de flux - Prisma. Traduction française réalisée par la [Bibliothèque du Centre hospitalier de l'Université de Montréal](#) (CHUM) (2014).

Pour plus d'information, visitez: <http://www.prisma-statement.org/>

Note : L'ajout de deux cases à liseré rouges et une modification de la case inclusion du document initial ont été apportés pour plus de précision

Annexe 3: Grille de lecture finale du travail bibliographique

A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Articles	Auteurs	Journal	Type	Zoonoses virales non vectorielles	Asie du Sud Est Pays	Pratiques à risque	Réservoirs/ Faune sauvage
2	v Serologic Evidence of Lyssavirus Infections among Bats, the Philippines	Arguin et al 2002	Emerging infectious diseases	obs	lyssavirus	philippines	orchards coculture	chauve souris
3	v Detection of potentially novel paramyxovirus and coronavirus viral RNA in bats and rats in the Mekong Delta region of southern Viet Nam	Berto et al., 2017	Zoonoses Public Health	obs	coronavirus (paramyxovirus)	Delta du Mekong: vietnam Sud	market, farming	chauve souris: S. kuhlii (insectivores colonies) rongeurs: Bandicota indica, Rattus argentiventer, Rattus losea et R. tanezumi from 3 markets.
4	v Detection of a Novel and Highly Divergent Coronavirus from Asian Leopard Cats and Chinese Ferret Badgers in Southern China	Dong et al 2007	Journal of virology	obs	coronavirus	south china	live animal markets	Leopard Cats and Chinese Ferret Badgers other
5	v Wildlife Trade and Human Health in Lao PDR: An Assessment of the Zoonotic Disease Risk in Markets	Greator et al., 2016	PLOS One	obs	hantavirus, hepatitis E virus, influenza B virus	laos	market, meat trade	bcp of tableau: rongeurs, chauve souris, bird...
6	v Isolation and Characterization of Viruses Related to the SARS Coronavirus from Animals in Southern China	guan et al., 2003	sciencemag	obs	SARS coronavirus	guangdong south china	market, trader	other (Castor fiber); LFB, Chinese ferret-badger (Melogale moschata); LH, Chinese hare (Lepus sinensis); CM, Chinese muntjac (Muntiacus reevesi); DC, domestic cat (Felis catus); HB, hog-badger
7	v Coronavirus testing indicates transmission risk increases along wildlife supply chains for human consumption in Viet Nam, 2013-2014	Huong et al. 2020 june	PLOS one	obs	coronavirus	vietnam	market, meat trade, farm	rongeurs
8	v Molecular Evolution Analysis and Geographic Investigation of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-Like Virus in Palm Civets at an Animal Market and on Farms	Kan et al. 2005	journal of virology	obs	SARS coronavirus	guangdong south china	market, consumption	palm civet, civette, racoon dogs other
9	v Identifying SARS-CoV-2-related coronaviruses in Malayan pangolins	Lam et al., 2020 feb	Nature?	obs	coronavirus (sars cov 2)	south china	illegal trade	pangolin, malayan pangolin
10	v No Evidence of Coronaviruses or Other Potentially Zoonotic Viruses in Sunda pangolins (Manis javanica) Entering the Wildlife Trade via Malaysia	Lee et al., 2020 sep	Eco health	obs	coronavirus, paramyxoviridae	malaysia	wildlife trade, medicine	sunda pangolin (Manis javanica)
11	v Antibodies to Nipah-Like Virus in Bats (Pteropus lylei), Cambodia	Olson et al 2002	Emerging infectious disease	obs	nipah like virus	cambodia	consumption, trade, restaurant, hunt	chauve souris
12	v Nipah Virus in Lyle's Flying Foxes, Cambodia	Reynes et al 2005	Emerging infectious disease	obs	nipah virus	cambodia	restaurant	chauve souris
13	v Serologic Evidence of Lyssavirus Infection in Bats, Cambodia	Reynes et al 2004	Emerging infectious disease	obs	lyssavirus	cambodia	restaurant	chauve souris
14	v Henipavirus in Pteropus vampyrus Bats, Indonesia	Sendow et al 2006	Emerging infectious disease	obs	henipavirus nipah	indonesia	market	chauve souris
15	v Antibodies to SARS Coronavirus in Civets	Tu et al., 2004	Emerging infectious disease	obs	SARS coronavirus	south china guangdong	civet farm market, consumption	civet
16	v Rodents and Risk in the Mekong Delta of Vietnam: Seroprevalence of Selected Zoonotic Viruses in Rodents and Humans	Van curong 2015	VELUTUH-BUWINE AND ZOONOTIC DISEASES	obs	hantavirus, arenavirus	vietnam sud (Mekong delta)	chasse: rat trader	rongeurs: rattus argentiventer, bandicota indica, rattus tanezumi, rattus norvegicus, rattus exulans
17	v Longitudinal study of age-specific pattern of coronavirus infection in Lyle's flying fox (Pteropus lylei) in Thailand	Wacharapitues adee et al., 2018	virology journal	obs	coronavirus	thailand	consumption, coculture, open pig farm	flying fox, chauve souris
18	v Group C Betacoronavirus in Bat Guano Fertilizer, Thailand	Wacharapitues adee et al., 2013	emerging infectious disease	obs	coronavirus beta	thailand	guano fertilizer culture	chauve souris bat guano
19	v Evidence for SARS-CoV-2 related coronaviruses circulating in bats and pangolins in Southeast Asia	Wacharapitues adee et al., 2021	Nature communications	obs	SARS cov 2 covid 19 coronavirus	thailand	illegal trade but unknown origin	chauve souris, pangolin
20	v SARS-CoV Infection in a Restaurant from Palm Civet	Wang et al 2005	emerging infectious disease	obs	SARS coronavirus	south china (guangzhou)	restaurant	palm civet
21	v Detection and phylogenetic characterization of hepatitis E virus genotype 3 in a captive wild boar in Thailand	Wiratsudakul, 2012	journal of zoo and wildlife medicine	obs	hepatitis E virus	thailand	commercial wild boar farm	wild boar
22	v Isolation and Characterization of 2019-nCoV-like Coronavirus from Malayan Pangolins	Xiao et al., 2020 feb		obs	coronavirus (SARS cov 2)	guangdong south china	trade	malayan&chinese pangolin
23	v Epidemiologic Clues to SARS Origin in China	Xu et al 2004	Emerging infectious disease	obs	SARS coronavirus	south china (guangdong province)	market	live animals (flood) other

ROYAUME DU CAMBODGE
NATION RELIGION ROI



Phnom Penh, December 09, 2020

La Directrice

O/Ref.: N°536/IPC/DIR/2020

His Excellency Professor ENG Huot
Secretary of State, Ministry of Health
Chairman of the National Ethics Committee
for Health Research (NECHR)

Object: Amendment and continuation of the research protocol entitled **“Toward an integrated surveillance of potential zoonotic Betacoronaviruses in the wild animal value chains of Cambodia”**

Dear Excellency, Professor ENG Huot,

We would like to request to the NECHR the continuation and amendment of the research project entitled: **“Toward an integrated surveillance of potential zoonotic Betacoronaviruses in the wild animal value chains in Cambodia”**. The version number of the protocol is changed from Version 1, dated 10th of June, 2020, to Version 2, dated 7th of December, 2020.

A report of activities and a list of changes is attached with the revised protocol for submission. Edited parts in the protocol are highlighted. In order to better assess the risk of exposure of individuals to Betacoronaviruses through potential wildlife contact, we would like to interview and sample enrolled participants within a 6-month time interval. Additionally, we wish to conduct a qualitative and semi-quantitative survey to describe and understand practices and perception of bushmeat trade and consumption at the human/wildlife interface. This will help us assessing risks of exposure and help prevent potential pathogens spillover from wildlife to humans.

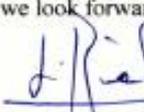
The Institut Pasteur du Cambodge (IPC) and the CIRAD are coordinating this project, in close collaboration with the Ministry of Health, the Ministry of Environment, and the Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries. The main objective of this project is to better understand, thus, prevent, the risk of emergence of new viruses from wildlife in human population in Cambodia. These new inputs will help us to decipher local drivers and predictors of exposure to Betacoronaviruses in human. The study duration is one year.

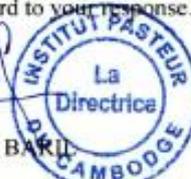
The IPC is fully committed to contribute to the public health response against COVID-19 in Cambodia. The activities proposed in this submission will not jeopardize the ability or availability of IPC to continue molecular diagnostic testing for SARS-CoV-2 in Cambodia and in the fight against the ongoing global pandemic.

Thank you for taking time to review this submission and we look forward to your response.

Yours Sincerely,

Dr. Laurence BARIL
5, Boulevard Monivong
BP 983 - Phnom Penh
Royaume du Cambodge
Téléphone : (855) 12 802 979
Télécopie : (855) 23 426 013
E-mail : lbaril@pasteur-kh.org


Dr. Laurence BARIL
Director





ក្រសួងសុខាភិបាល
MINISTRY OF HEALTH
គណៈកម្មាធិការជាតិក្រុមស្រាវជ្រាវ
សំណប់ការស្រាវជ្រាវសុខភាពដែលពាក់ព័ន្ធនឹងមនុស្ស
National Ethics Committee for Health Research

ព្រះរាជាណាចក្រកម្ពុជា
KINGDOM OF CAMBODIA
ជាតិ សាសនា ព្រះមហាក្សត្រ
NATION RELIGION KING

Phnom Penh, December 29, 2020

N° 318.....NECHR

Dr. Véronique CHEVALIER

Project: Request for amendment and continuation of the study protocol entitled "Toward an integrated surveillance of potential zoonotic Betacoronaviruses in the wild animal value chains of Cambodia. Version N° 1, dated 10th June 2020" to "Toward an integrated surveillance of potential zoonotic Betacoronaviruses in the wild animal value chains of Cambodia. Version N° 2, dated 7th December 2020"

Reference: 25th December 2020 NECHR meeting minutes

Dear Dr. Véronique CHEVALIER,

I am pleased to notify you that your request for amendment and continuation of the study protocol entitled "Toward an integrated surveillance of potential zoonotic Betacoronaviruses in the wild animal value chains of Cambodia. Version N° 1, dated 10th June 2020" to "Toward an integrated surveillance of potential zoonotic Betacoronaviruses in the wild animal value chains of Cambodia. Version N° 2, dated 7th December 2020" has been approved by National Ethics Committee for Health Research (NECHR) in the meeting 25th December 2020. This approval is valid for twelve months after the approval date.

The Principal Investigator of the project shall submit following document to the committee's secretariat at the National Institute of Public Health at #80 Samdach Penn Nouth Blvd, Sangkat Boeungkok2, Khan Tuol Kork, Phnom Penh. (Tel: 012 842 442, 012 528 789, 012 203 382. Email: sarayvannat@gmail.com, nouthsarida@gmail.com):

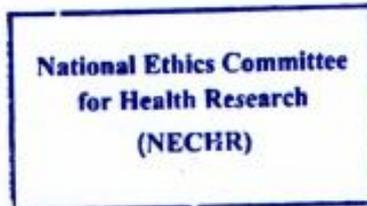
- Annual progress report
- Final scientific report
- Patient/participant feedback (if any)
- Analyzing serious adverse events report (if applicable)

The Principal Investigator should be aware that there might be site monitoring visits at any time from NECHR team during the project implementation and should provide full cooperation to the team.

Regards,

Chairman

Prof. ENG HUOT



9. Annexes

PARTICIPANT INFORMATION SHEET (English version)

For all volunteers

You are invited to participate in this study because you are in contact with wildlife in Cambodia. Before you decide to participate in this research project, please read this document carefully so that you will know the objectives and details of this study. If you have any questions, please ask the researcher who will be able to answer and clarify your questions. You can get advices on how to participate in this research project from your family or your friends. You have enough time to decide freely. If you decided to participate in this research project, please sign the letter of intent to participate in this research project.

Research Objectives

Naturally hosted in wild animals such as bats, betacoronaviruses (beta-CoVs) are responsible for severe and fatal human respiratory infections. Data and knowledge on animal reservoir, but also knowledge on cultural, sociological and ecological factors driving beta-CoVs spread to humans and emergence are limited. In Cambodia, live animal markets represents a major supply of wild animal products, and wild meat consumption is prevalent. The objective of this study is to understand the wild meat trade chains in Cambodia, to document the diversity of virus associated with wildlife and improve system of detection of virus transmission from animal to human. The results of your participation in this study will greatly assist in the establishment of stakeholder analysis to evaluate the relative importance of the market type and its relation to the risk of virus emergence.

Methods related to research

After you give your consent to participate in this research project, researchers will ask for preliminary information on wildlife consumption or trade and you will be interviewed. The duration of your participation in the research project is about 30-45 minutes. As part of the virus surveillance, you are also asked to provide one blood sample (two tubes) to test for the presence of antibodies anti_beta-CoVs to find out how many of those who are exposed to wild animals and/or wildlife meat like you have been infected with the virus. There are no risks to joining this study. Taking a blood sample from your forearm using a disposable needle will not inflict any health problem. Well trained nurses will conduct blood sampling with strict aseptic conditions.

Participation and Termination of the Research Program

Participation in this project is voluntary. There is no cost to you for participating in the study. You will not be paid for joining the study. Refusal from the research project will have no impact on you. If you choose to join the study, you are free to drop out later.

Protecting confidential information of volunteers, researchers

Your personal information and laboratory test results will be protected and will not be disclosed to the public. A number will be assigned to your name so you will stay anonymous and all information will be kept in a secure place. Only the permitted members of the investigation team will have access to your information. In case the research results are published, we will only use the questionnaire project ID. If you have any questions throughout the study, you can ask the study team when they visit you or you can contact the study field coordinators by phone at any time at Tel. 012 990 723 or 017 379 518.

ព័ត៌មានសំរាប់អ្នកចូលរួមការសិក្សាស្តីអំពីជំងឺហានរោគ សមាហរណកម្មនៃប្រព័ន្ធអង្កេតតាមដានមេរោគ Beta-corona ក្នុងទីផ្សារសត្វព្រៃនៅប្រទេសកម្ពុជា។

អ្នកត្រូវបានអញ្ជើញឱ្យចូលរួមក្នុងការសិក្សានេះពីព្រោះ អ្នកបានប៉ះពាល់ឬមានចំណេះដឹងស្តីពីសត្វព្រៃនៅក្នុងប្រទេសកម្ពុជា។ មុនពេលចូលរួមសូមអានព័ត៌មានដែលបានផ្តល់ជូនដោយយកចិត្តទុកដាក់ដើម្បីយល់ពីគោលបំណងនៃការសិក្សានេះ។ ប្រសិនបើអ្នកមានចម្ងល់សូមពិគ្រោះជាមួយក្រុមស្រាវជ្រាវ។ អ្នកមានសិទ្ធិពិភាក្សាជាមួយមិត្តភក្តិ និងក្រុមគ្រួសាររបស់អ្នក អ្នកនឹងទទួលបានពេលវេលាគ្រប់គ្រាន់ដើម្បីសំរេចចិត្តដោយគ្មានការបង្ខិតបង្ខំ។ បើអ្នកសំរេចចូលរួមក្នុងការសិក្សានេះ សូមចុះហត្ថលេខាយល់យល់ព្រមនៅផ្នែកខាងក្រោយ។

គោលបំណងនៃការសិក្សា

មេរោគប្រភេទ Beta-corona អាចមាននូវលើសត្វព្រៃមួយចំនួន ដូចជាប្រដាវជាដើម។ មេរោគ (Beta-CoV) អាចបង្កអោយមានជំងឺរលាកផ្លូវដង្ហើមធ្ងន់ធ្ងរដែលអាចបង្កអោយស្លាប់បាន។ បច្ចុប្បន្ននេះចំណេះដឹងនិងការយល់ដឹងអំពីសត្វព្រៃដែលផ្ទុកមេរោគក៏ដូចជាកត្តាដទៃទៀតដូចជាកត្តារប្បដាប់ កត្តាសង្គម និងកត្តាបរិស្ថានទៅលើការធ្វើចម្លងមេរោគ (Beta-CoV) ទៅមនុស្សនៅមានកំរិត។ ប្រភពនៃការផ្តុំផ្គងសាច់សត្វព្រៃសំរាប់បរិភោគក៏ដូចជាផលិតផលសត្វព្រៃផ្សេងៗនៅប្រទេសកម្ពុជាមានលក្ខណៈទូលំទូលាយ។ ការសិក្សានេះមានគោលបំណងដូចជា៖ ១. ដើម្បីស្វែងយល់អំពីបណ្តាញនៃការទិញលក់សត្វព្រៃនៅប្រទេសកម្ពុជា។ ២. ដើម្បីកំណត់ នូវភាពចម្រុះនៃមេរោគនិងទំនាក់ទំនងជាមួយសត្វព្រៃ។ ៣. ដើម្បីពង្រឹងប្រព័ន្ធអង្កេតតាមដានដើម្បីស្វែងរកការចម្លងមេរោគពីសត្វទៅមនុស្ស។ ការចូលរួមរបស់អ្នកក្នុងការសិក្សានេះគឺជាការចូលរួមចំណែកដ៏ធំមួយក្នុងការកំណត់អ្នកពាក់ព័ន្ធ ក៏ដូចជាការយកចិត្តទុកដាក់លើប្រភេទទីផ្សារសត្វព្រៃផ្សេងៗនិងទំនាក់ទំនងរបស់វាហានិភ័យនៃការផ្ទុះជំងឺ។

វិធីសាស្ត្រនៃការសិក្សា

ផ្នែកទី១៖ បន្ទាប់ពីយល់ព្រមចូលរួមក្នុងការសិក្សានេះ អ្នកស្រាវជ្រាវនឹងធ្វើបទសម្ភាសន៍អំពីព័ត៌មានបឋមដូចជាការទិញនិងការបរិភោគសត្វព្រៃ។ បទសម្ភាសន៍នេះនឹងមានរយៈពេលពី ៣៥ ទៅ ៤៥ នាទី។

ផ្នែកទី២៖ ផ្នែកមួយទៀតនៃការសិក្សានេះគឺការអង្កេតតាមដាន។ ខ្ញុំសូមការអនុញ្ញាតសុំសំណាកឈាមរបស់អ្នក (២ទីប) ដើម្បីយកទៅវិភាគមើល អង្គបដិប្រាណ (antibodies) សម្រាប់មេរោគ (Beta-CoV) ដើម្បីស្វែងរកចំនួនមនុស្សដែលប៉ះពាល់ហើយធ្លាប់បានឆ្លងមេរោគនេះពីការប៉ះពាល់សត្វព្រៃឬបរិភោគសាច់សត្វសត្វព្រៃ។ ខ្ញុំសូមបញ្ជាក់ថាការចូលរួមក្នុងការសិក្សានេះនឹងមិនបង្កគ្រោះថ្នាក់អ្វីដល់អ្នកឡើយ។ ការប្តេជ្ញាឈាមនឹងត្រូវធ្វើ

ឡើងដោយប្រើមូលដែលស្អាតនឹងដោយដោយគិលានុបដ្ឋាយិកាដែលបានបណ្តុះបណ្តាលត្រឹមត្រូវនឹងមិនបង្ក
អោយមានផលប៉ះពាល់ដល់សុខភាពរបស់អ្នកឡើយ។

ការចូលរួមនិងការបញ្ចប់ការចូលរួមក្នុងការស្រាវជ្រាវ

ការចូលរួមក្នុងការសិក្សាគឺជាការស្ម័គ្រចិត្ត។ ការចូលរួមនឹងមិនមានការបង់ថ្លៃនោះទេ។ ការបដិសេធក្នុងការ
ចូលរួមនឹងមិនបង្កផលប៉ះពាល់ដល់អ្នកឡើយ។ ប្រសិនបើអ្នកចូលរួមអ្នកមានសិទ្ធិបញ្ចប់ការចូលរួមនៅពេល
ក្រោយបាន។

ការរក្សាភាសម្ងាត់

រាល់ព័ត៌មានផ្ទាល់ខ្លួននិងលទ្ធផលតេស្តរបស់អ្នកនឹងត្រូវរក្សាជាការសម្ងាត់។ ឈ្មោះរបស់អ្នកនឹងត្រូវបាន
ជំនួសដោយលេខ។ រាល់ព័ត៌មានដែលប្រមូលនឹងត្រូវរក្សានៅកន្លែងដែលមានសុវត្ថិភាព។ មានតែបុគ្គលិក
ស្រាវជ្រាវប៉ុណ្ណោះដែលអាចប្រើប្រាស់ឯកសារនោះបាន។ ប្រសិនបើឯកសារនឹងត្រូវបានបោះពុម្ពផ្សាយអត្ត
សញ្ញាណនឹងសំគាល់ផ្នែកទៅលើលេខសម្គាល់កម្រងសំណួរតែប៉ុណ្ណោះ។ ប្រសិនបើអ្នកមានសំណួរសូម
ពិគ្រោះជាមួយក្រុមស្រាវជ្រាវឬទូរស័ព្ទទៅអ្នកសម្របសម្រួលតាមរយៈទូរស័ព្ទលេខ ០១២ ៩៩០ ៧២៣ ឬ
០១៧៣៧៩ ៥១៨។

CONSENT FORM

Research Project: Toward an integrated surveillance of potential zoonotic Beta coronaviruses in the wild animal value chains of Cambodia: Wildlife trade and live animal market network analysis.

ID Code _____

I have fully understood the objective of this study from reading the information sheet for participant and from explanation by investigation team.

I have fully understood what I am asked to do as a participant of this study.

I am fully aware of the risk and benefits by participating in this study.

I agree to participate in this study and allow testing on biological specimens collected from me to detect antibodies betaCoV.

I do not agree to participate in this study.

I agree that my voice will be recorded during the interview.

I do not agree on recording my voice during the interview.

I agree that biological specimen collected from me can be stored for further laboratory analysis in the future. blood samples left over after completion of this project and microorganisms isolated from these specimens will be stored to constitute a biobank. These samples will be stored at the Institut Pasteur du Cambodge. During this time, researchers may use these samples and micro-organisms to conduct additional research, including genetic testing. Clinical samples and microorganisms might be sent abroad to highly specialized and world-class laboratories to undergo testing that cannot be performed in country

I do not agree on storage of biological specimens collected from me for further testing.

Date: __/__/____

.....Name of respondent.

.....Signature of respondent.

.....Name of researcher.

.....Signature of researcher.

ទម្រង់យល់ព្រម

គម្រោងស្រាវជ្រាវស្តីអំពី៖ ជំហានទៅរកសមាហរណកម្មនៃប្រព័ន្ធអង្កេតតាមដានមេរោគ Beta-corona ក្នុងទីផ្សារសត្វព្រៃនៅ ប្រទេសកម្ពុជា។

លេខកូតិ

ឈ្មោះអ្នកចូលរួម

- ខ្ញុំបានយល់ច្បាស់ពីគោលបំណងនៃការសិក្សានេះ តាមរយៈសន្លឹកព័ត៌មានដែលបានផ្តល់ជូន។
- ខ្ញុំបានយល់ច្បាស់នូវនីតិវិធី ដែលបានស្នើឯកយុំធ្វើដើម្បីចូលរួមក្នុងការសិក្សានេះ។
- ខ្ញុំដឹងច្បាស់ពី អត្ថប្រយោជន៍និងហានិភ័យនៃការចូលរួមក្នុងការសិក្សានេះ។
- ខ្ញុំយល់ព្រមចូលរួមក្នុងការសិក្សានេះនិងអនុញ្ញាតិឯកយក្រុមស្រាវជ្រាវយកសំណាកនិងធ្វើតេស្តដើម្បីរកមើលអង្គបដិប្រាណ Beta-corona ។
- ខ្ញុំមិនយល់ព្រមចូលរួមក្នុងការសិក្សានេះទេ។
- ខ្ញុំយល់ព្រមឯកយថតសំលេងរបស់ខ្ញុំក្នុងពេលធ្វើបទសម្ភាសន៍។
- ខ្ញុំមិនយល់ព្រមលើការថតសំលេងរបស់ខ្ញុំក្នុងពេលសម្ភាសន៍ទេ។
- ខ្ញុំយល់ព្រមឯកយក្រុមស្រាវជ្រាវរក្សាទុកសំណាកជីវសាស្ត្ររបស់ខ្ញុំ សម្រាប់ការវិភាគមន្ទីរពិសោធន៍ខាងលើក្រោយ។ សំណាកឈាមដែលនៅសល់បន្ទាប់ពីការបញ្ចប់គម្រោងនេះនិងអតិសុខុមប្រាណដែលបាន isolated នឹងត្រូវរក្សាទុកជាផ្នែកមួយនៃ Bionbank នៅវិទ្យាស្ថានប្រឹក្សាជាតិកម្ពុជា។ ក្នុងអំឡុងពេលនៃការសិក្សា ក្រុមស្រាវជ្រាវអាចប្រើសំណាកឬអតិសុខុមប្រាណដើម្បីធ្វើការសិក្សាបន្ថែមដូចជា ការធ្វើតេស្តហ្វេនទេតដើម។ សំណាកជីវសាស្ត្រនិងអតិសុខុមប្រាណអាចនឹងត្រូវបញ្ជូនទៅមន្ទីរពិសោធន៍ ឯកទេសលំដាប់ពិភពលោកនៅក្រៅប្រទេស។
- ខ្ញុំមិនយល់ព្រមឯកយរក្សា សំណាកឈាមរបស់ខ្ញុំដើម្បីធ្វើតេស្តនៅក្នុងការសិក្សានៅថ្ងៃមុខទេ។

កាលបរិច្ឆេទ៖ __ / __ / ____

.....ឈ្មោះអ្នកចូលរួម
 ហត្ថលេខាអ្នកចូលរួម
ឈ្មោះអ្នកស្រាវជ្រាវ
 ហត្ថលេខាអ្នកស្រាវជ្រាវ

Questionnaire for Wildlife Consumers

I. General information

N°	Questions	Responds
1.	Consumer' ID:	_____
2.	Date	___/___/___
3.	GPS Coordinate	_____
4.	Province	1 <input type="checkbox"/> Mondulkiri 2 <input type="checkbox"/> Steoung Treng
5.	District	1 <input type="checkbox"/> Siem Pang (Stung Treng) 2 <input type="checkbox"/> Stung Treng City Center (Stung Treng) 3 <input type="checkbox"/> Thalaborivat (Stung Treng) 4 <input type="checkbox"/> Keoseima (Mondulkiri) 5 <input type="checkbox"/> Koh Nhek (Mondulkiri) 6 <input type="checkbox"/> Other (Please Specify)
6.	Village Name	_____
7.	Name of respondent	_____
8.	Phone number	_____
9.	Date of Birth (DD/MM/YYYY)	--/--/----
10	Age	_____years
11	Gender	1 <input type="checkbox"/> Male 2 <input type="checkbox"/> Female
12	Ethnicity (If Cambodia)	1 <input type="checkbox"/> Khmer 2 <input type="checkbox"/> Others (Please specify below) _____

15

13	Religion	1 <input type="checkbox"/> Buddhism 2 <input type="checkbox"/> Animist 3 <input type="checkbox"/> Christian 4 <input type="checkbox"/> Muslim 5 <input type="checkbox"/> Others (please specify)
14	Education (years)	1 <input type="checkbox"/> No formal education 2 <input type="checkbox"/> Primary School 3 <input type="checkbox"/> Secondary School 4 <input type="checkbox"/> High School 5 <input type="checkbox"/> University 6 <input type="checkbox"/> Vocational Training
15	What is your main occupation?	1 <input type="checkbox"/> Government officials 2 <input type="checkbox"/> NGO organization 3 <input type="checkbox"/> Seller 4 <input type="checkbox"/> Private company 5 <input type="checkbox"/> Own business 6 <input type="checkbox"/> Farmers 7 <input type="checkbox"/> Students 8 <input type="checkbox"/> Workers 9 <input type="checkbox"/> Traders 10 <input type="checkbox"/> Un-employed 11 Others _____
16	Monthly Income (kip)	1 <input type="checkbox"/> < \$100 2 <input type="checkbox"/> \$150- \$300 3 <input type="checkbox"/> \$ 350- \$500 4 <input type="checkbox"/> \$550- \$700 5 <input type="checkbox"/> > \$750
17	How many people are there in your household?	_____
18	Number of children	_____

16

	(<18 year-old)	
19	Who consume wild meat?	1 Everyone 2 Only Male 3 Only female 4 Other
20	How were you introduced to wildlife consumption? Please describe the motivating factor	_____
21	Who want you to buy wildlife?	1 <input type="checkbox"/> I want to buy it 2 <input type="checkbox"/> Friends want me to buy it 3 <input type="checkbox"/> Family wants me to buy it 4 <input type="checkbox"/> Others (please specify) _____

II. Wildlife consumption information

N°	Questions	Answer
22.	Did you buy any wildlife this week?	1 <input type="checkbox"/> Yes 0 <input type="checkbox"/> No
23.	How often do you eat wildlife?	1 <input type="checkbox"/> Once a week 2 <input type="checkbox"/> More than once a week 3 <input type="checkbox"/> Once a month 4 <input type="checkbox"/> Once every 6 months 5 <input type="checkbox"/> Once year 6 <input type="checkbox"/> Others (Please specify) _____
24.	Where do you usually buy wildlife from?	1 <input type="checkbox"/> Market 2 <input type="checkbox"/> Restaurant 3 <input type="checkbox"/> Hunters 4 <input type="checkbox"/> Through media platform (i.e. phone, online) 5 <input type="checkbox"/> I hunt myself 6 <input type="checkbox"/> Others (Please Specify) _____
25.	What condition of wildlife you often buy?	1 <input type="checkbox"/> Dead only 2 <input type="checkbox"/> Alive only

		3 <input type="checkbox"/> Both half/half 4 <input type="checkbox"/> Other
26.	What do you normally buy wildlife for? (tick all that apply):	1 <input type="checkbox"/> Food 2 <input type="checkbox"/> Pet 3 <input type="checkbox"/> Medicinal use. 4 <input type="checkbox"/> A gifts 5 <input type="checkbox"/> Decoration 6 <input type="checkbox"/> Others _____
27.	Why do you prefer to buy wildlife more than domestic animal? (tick all that apply):	1 <input type="checkbox"/> It tastes better than domestic meat 2 <input type="checkbox"/> It is healthier than domestic meat 3 <input type="checkbox"/> It increases my libido (sex drive) 4 <input type="checkbox"/> It is traditional custom 5 <input type="checkbox"/> It is medicine 6 <input type="checkbox"/> It is cheaper than other meat 7 <input type="checkbox"/> It is a new experience 8 <input type="checkbox"/> It is a luxury item 9 <input type="checkbox"/> Eating wildlife is cool/fashionable 10 <input type="checkbox"/> It is my preference 11 <input type="checkbox"/> Others (Please specify) _____
28.	What type of wildlife do you consume the most (can tick more than one)?	1 <input type="checkbox"/> Squirrel (မိုးညို) 2 <input type="checkbox"/> Macaque/ Loris (မုံ့) 3 <input type="checkbox"/> Giant flying squirrel (မိုးညိုကလေး) 4 <input type="checkbox"/> Sambar (မိုးညို) 5 <input type="checkbox"/> Porcupine (မိုးညို) 6 <input type="checkbox"/> Turtle/tortoise (မိုးညို) 7 <input type="checkbox"/> Brush-tailed porcupines 8 <input type="checkbox"/> Hog Deer (မိုးညို) 9 <input type="checkbox"/> Cobra (မိုးညို)

		10 □ Siamese Hare (ទន្សាយ) 11 □ Soft-shelled turtle (កន្លាយ) 12 □ Bamboo rat (កណ្តុរម្នី) 13 □ Jungle fowl/ Pheasant (សត្វឃាតកម្រ) 14 □ Dove (លលក) 15 □ Rat (កណ្តុរ) 16 □ Wild bird (សត្វល្អិត) 17 □ Civet (សំពោល) 18 □ Water Monitor (ត្រកូក) 19 □ Bat (ប្រោម) 20 □ Water dragon 22 □ Wild boar (ជ្រូកម្រ) 23 □ Serow 24 □ Red Muntjac (រន្ធក្រវី) 25 □ Snake (ពាស) 26 □ Mouse deer (ក្តាងរៀង) 27 □ Bear (ម្លាម្លូ) 28 □ Tiger (ត្រី) 29 □ Crocodile (ត្រកើ) 30 □ Gaur (ភ្នំ) 31 □ Sunda Colugo (ស្ពាន់) 32 □ Sun Bear (ម្លាម្លូតូច) 33 □ Leopard Cat (ស្ពាន់) 34 □ Asian Elephant (ដំរី) 35 □ Others (ផ្សេងៗទៀត) _____
29.	Do you think any wildlife species is healthier than domestic animals?	1 □ Yes 0 □ No (go to 31)
30.	Are there any wildlife species that you think are healthier than domestic	1 □ Squirrel (ក្រ្រុក) 2 □ Macaque/ Loris (ស្វា)

	meat? (Can tick more than one)?	3 □ Giant flying squirrel (ក្រ្រុកហោះ) 4 □ Sambar (រន្ធក្រវី) 5 □ Porcupine (ប្រណី) 6 □ Turtle/tortoise (អណ្តើក) 7 □ Brush-tailed porcupines 8 □ Hog Deer (ក្តាង) 9 □ Cobra (ពាសមែក) 10 □ Siamese Hare (ទន្សាយ) 11 □ Soft-shelled turtle (កន្លាយ) 12 □ Bamboo rat (កណ្តុរម្នី) 13 □ Jungle fowl/ Pheasant (សត្វឃាតកម្រ) 14 □ Dove (លលក) 15 □ Rat (កណ្តុរ) 16 □ Wild bird (សត្វល្អិត) 17 □ Civet (សំពោល) 18 □ Water Monitor (ត្រកូក) 19 □ Bat (ប្រោម) 20 □ Water dragon 22 □ Wild boar (ជ្រូកម្រ) 23 □ Serow 24 □ Red Muntjac (រន្ធក្រវី) 25 □ Snake (ពាស) 26 □ Mouse deer (ក្តាងរៀង) 27 □ Bear (ម្លាម្លូ) 28 □ Tiger (ត្រី) 29 □ Crocodile (ត្រកើ) 30 □ Gaur (ភ្នំ) 31 □ Sunda Colugo (ស្ពាន់) 32 □ Sun Bear (ម្លាម្លូតូច) 33 □ Leopard Cat (ស្ពាន់)
--	---------------------------------	---

		34 <input type="checkbox"/> Asian Elephant (အိမ်) 35 <input type="checkbox"/> Others (မသိသည့်အခြား) _____
31.	Have you eaten raw meat since Jan 2020	1 <input type="checkbox"/> Yes If yes, what type _____ 0 <input type="checkbox"/> No
32.	How do you usually cook your meat	1 <input type="checkbox"/> Raw 2 <input type="checkbox"/> Medium cooked 3 <input type="checkbox"/> Well done
33.	Do you think there are any health risks of eating or handling wildlife?	1 <input type="checkbox"/> No risk 2 <input type="checkbox"/> Low risk 3 <input type="checkbox"/> High risk 4 <input type="checkbox"/> I don't know
34.	If you think there is a risk, what is the risk?	1 <input type="checkbox"/> Disease from eating the wildlife 2 <input type="checkbox"/> Disease from handling wildlife (e.g. butchering) 3 <input type="checkbox"/> Injury from animal biting/scratching 4 <input type="checkbox"/> Getting sick or having bad luck (you or your family) from eating certain species, as told by elders 5 <input type="checkbox"/> Others _____
35.	Are you aware of any wildlife disease transmitting to human?	1 <input type="checkbox"/> Yes 0 <input type="checkbox"/> No (go to question 37)
36.	If yes, what diseases	_____
37.	Do you think wildlife sold in this area can transmit diseases to humans?	1 <input type="checkbox"/> Yes 0 <input type="checkbox"/> No (go to 39)

38.	If yes, what diseases	_____
39.	Would you stop eating wildlife if you knew there was a risk of disease transmission?	1 <input type="checkbox"/> Yes 0 <input type="checkbox"/> No 2 <input type="checkbox"/> I don't know
40.	Would you stop eating wildlife if you knew the species you are eating are nearly extinct?	1 <input type="checkbox"/> Yes 0 <input type="checkbox"/> No 2 <input type="checkbox"/> I don't know
41.	Would you stop eating wildlife if you know police will fine people who eat wildlife?	1 <input type="checkbox"/> Yes 0 <input type="checkbox"/> No 2 <input type="checkbox"/> I don't know

III. Contact with wild animal and wild animal products

		Last event	Seasonality	Frequency
42.	Touch living wild animal.	<input type="checkbox"/> <1 week ago <input type="checkbox"/> <1 month ago <input type="checkbox"/> 3 months ago <input type="checkbox"/> 6 month ago <input type="checkbox"/> Before January 2020	<input type="checkbox"/> All year <input type="checkbox"/> Only in rainy season <input type="checkbox"/> Only in dry season <input type="checkbox"/> Other, specify <input type="checkbox"/> N/A	<input type="checkbox"/> At least 1/day <input type="checkbox"/> At least 1/week <input type="checkbox"/> At least 1/month <input type="checkbox"/> At least 1/year <input type="checkbox"/> N/A
43.	Kill wild animal	<input type="checkbox"/> <1 week ago <input type="checkbox"/> <1 month ago <input type="checkbox"/> 3 months ago <input type="checkbox"/> 6 month ago <input type="checkbox"/> Before January 2020	<input type="checkbox"/> All year <input type="checkbox"/> Only in rainy season <input type="checkbox"/> Only in dry season <input type="checkbox"/> Other, specify <input type="checkbox"/> N/A	<input type="checkbox"/> At least 1/day <input type="checkbox"/> At least 1/week <input type="checkbox"/> At least 1/month <input type="checkbox"/> At least 1/year <input type="checkbox"/> N/A
44.	Touching dead wild animal	<input type="checkbox"/> <1 week ago <input type="checkbox"/> <1 month ago <input type="checkbox"/> 3 months ago <input type="checkbox"/> 6 month ago <input type="checkbox"/> Before January 2020	<input type="checkbox"/> All year <input type="checkbox"/> Only in rainy season <input type="checkbox"/> Only in dry season <input type="checkbox"/> Other, specify <input type="checkbox"/> N/A	<input type="checkbox"/> At least 1/day <input type="checkbox"/> At least 1/week <input type="checkbox"/> At least 1/month <input type="checkbox"/> At least 1/year <input type="checkbox"/> N/A
45.		<input type="checkbox"/> <1 week ago <input type="checkbox"/> <1 month ago <input type="checkbox"/> 3 months ago	<input type="checkbox"/> All year <input type="checkbox"/> Only in rainy season <input type="checkbox"/> Only in dry season	<input type="checkbox"/> At least 1/day <input type="checkbox"/> At least 1/week <input type="checkbox"/> At least 1/month

Version 2: 07/12/2020

22

	Manipulating raw meat of wild animal.	<input type="checkbox"/> 6 month ago <input type="checkbox"/> Before January 2020	<input type="checkbox"/> Other, specify <input type="checkbox"/> N/A	<input type="checkbox"/> At least 1/year <input type="checkbox"/> N/A
46.	Eating cooked meat of wild animal	<input type="checkbox"/> <1 week ago <input type="checkbox"/> <1 month ago <input type="checkbox"/> 3 months ago <input type="checkbox"/> 6 month ago <input type="checkbox"/> Before January 2020	<input type="checkbox"/> All year <input type="checkbox"/> Only in rainy season <input type="checkbox"/> Only in dry season <input type="checkbox"/> Other, specify <input type="checkbox"/> N/A	<input type="checkbox"/> At least 1/day <input type="checkbox"/> At least 1/week <input type="checkbox"/> At least 1/month <input type="checkbox"/> At least 1/year <input type="checkbox"/> N/A
47.	Eating raw meat of wild animal	<input type="checkbox"/> <1 week ago <input type="checkbox"/> <1 month ago <input type="checkbox"/> 3 months ago <input type="checkbox"/> 6 month ago <input type="checkbox"/> Before January 2020	<input type="checkbox"/> All year <input type="checkbox"/> Only in rainy season <input type="checkbox"/> Only in dry season <input type="checkbox"/> Other, specify <input type="checkbox"/> N/A	<input type="checkbox"/> At least 1/day <input type="checkbox"/> At least 1/week <input type="checkbox"/> At least 1/month <input type="checkbox"/> At least 1/year <input type="checkbox"/> N/A

IV. Sources information

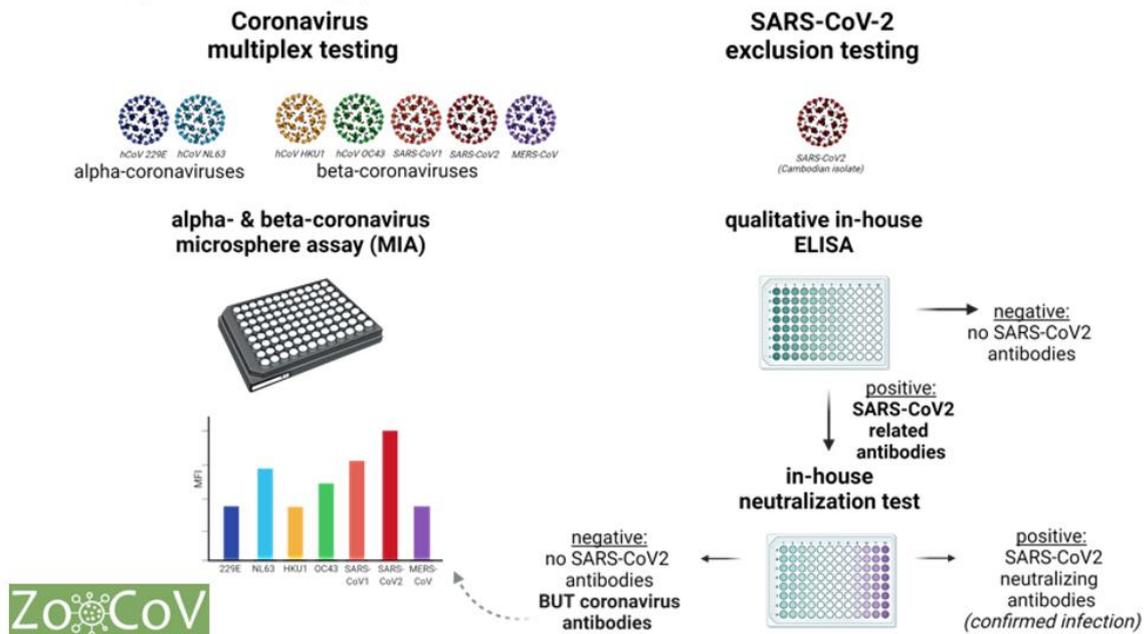
48.	Have you ever heard about the risk of disease transmission by wildlife meat?	1 <input type="checkbox"/> Yes 0 <input type="checkbox"/> No (if no, go to question 49)
48.1	If yes, where	1 <input type="checkbox"/> Television 2 <input type="checkbox"/> Health professional 3 <input type="checkbox"/> Newspapers 4 <input type="checkbox"/> Radio 5 <input type="checkbox"/> Other
49.	Do you think your activity is:	1 <input type="checkbox"/> Legal 1 <input type="checkbox"/> Illegal 1 <input type="checkbox"/> Illegal, but authorized.
50.	When government law enforcement comes to the area to control wildlife, do you stop buying wildlife for some time?	1 <input type="checkbox"/> Yes 0 <input type="checkbox"/> No
50.1	If Yes, for how many days?	_____
51	A general description of the setting	
52	(Take photo if possible)	

Les analyses des prélèvements sanguins se basent sur deux étapes :

- 1- Un test d'exclusion au SARS-CoV-2 : nous ne sommes pas intéressés par l'infection aux SARS-CoV-2. Les coronavirus humains saisonniers (hCoV) ont une prévalence très élevée dans la population humaine et une infection au SARS-CoV-2 peut stimuler cette mémoire aux hCoV. Un premier test de screening ELISA dirigé contre les SARS-CoV-2 permet de vérifier que les anticorps dirigés contre les coronavirus détectés lors de l'analyse Multiplex sont « réels » et ne sont pas dus à une réactivation par une infection récente au SARS-CoV. Si le résultat est négatif, les échantillons ne contiennent aucun anticorps contre les SARS-CoV-2. Quand le résultat est positif ou équivoque, un test de séroneutralisation a été effectué afin de confirmer ou infirmer ce résultat. Les échantillons qui sont sortis négatifs au test de séroneutralisation sont donc négatifs au SARS-CoV-2 mais positifs pour d'autres coronavirus (réaction croisée des anticorps). Ces derniers vont être testés en priorité à l'analyse Multiplex. Ensuite seront testés un maximum d'échantillons négatifs au test ELISA (trop grand nombre de prélèvements et quantité de réactifs limitée).

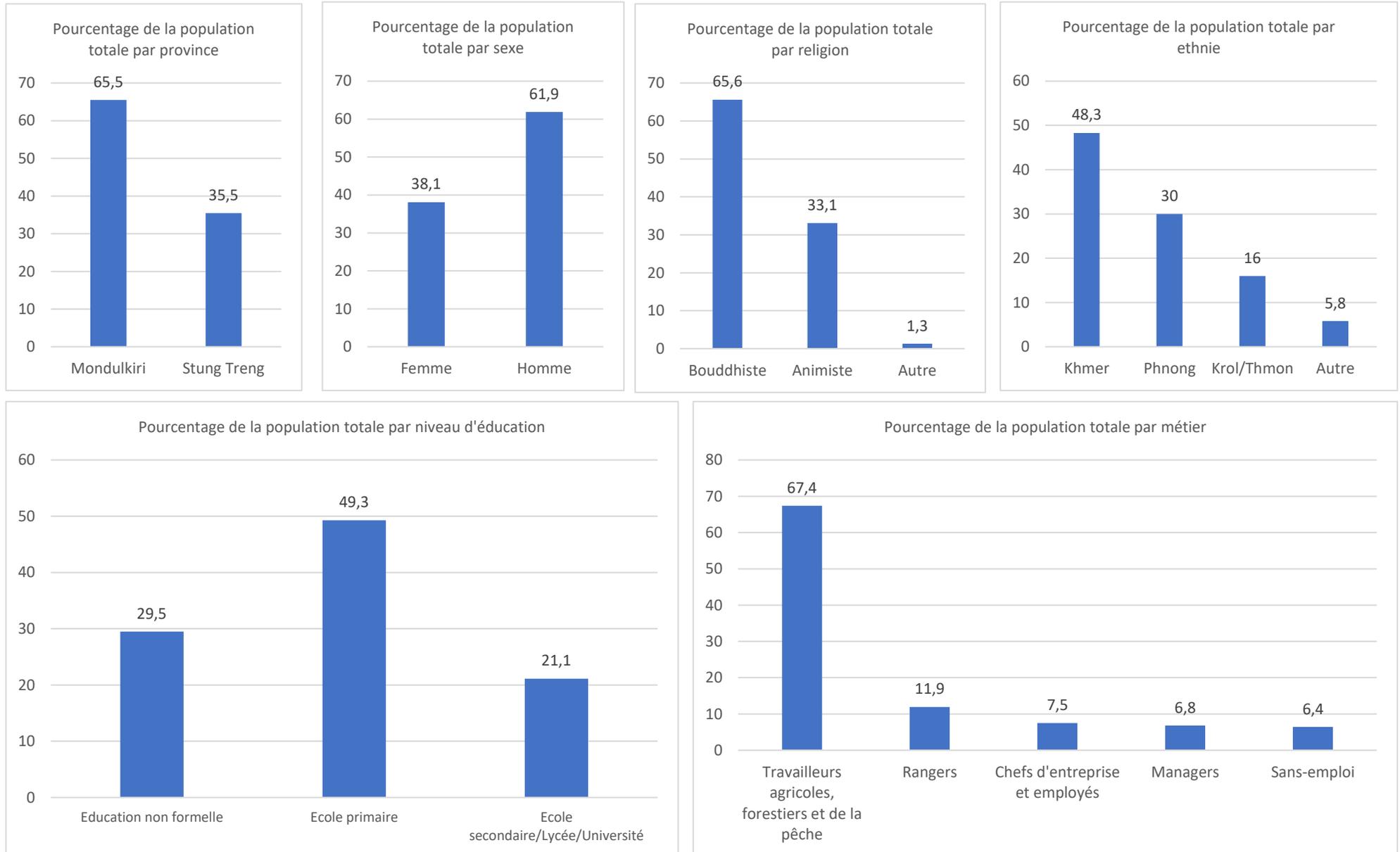
- 2- Une analyse Multiplex (test microsphère MIA) : des anticorps contre tous les coronavirus connus pour infecter les humains sont recherchés. Ces coronavirus sont majoritairement des betacoronavirus SARS-CoV-1, SARS-CoV-2 et MERS-CoV y compris les coronavirus saisonniers qui causent des rhumes bénins chez l'Homme (hCoV HKU1 et hCoV OC43) mais aussi des alphacoronavirus saisonniers (hCoV 229E et hCoV NL63) provoquant également des rhumes sans conséquences graves chez l'Homme. L'ELISA a montré que les échantillons testés n'ont pas été exposés au SARS-CoV-2, un résultat positif contre le SARS-CoV-1/2 ou le MERS à l'analyse Multiplex pourrait éventuellement être le fruit d'une exposition à un virus similaire au SARS-CoV-2-like virus. En effet, un coronavirus de chauve-souris a été détecté récemment au Cambodge par l'institut Pasteur (Hul et al., 2021). Le Multiplex pourrait présenter une réactivité croisée avec d'autres coronavirus (non humains) et indiquerait donc l'exposition potentielle à des coronavirus animaux.

Testing strategy

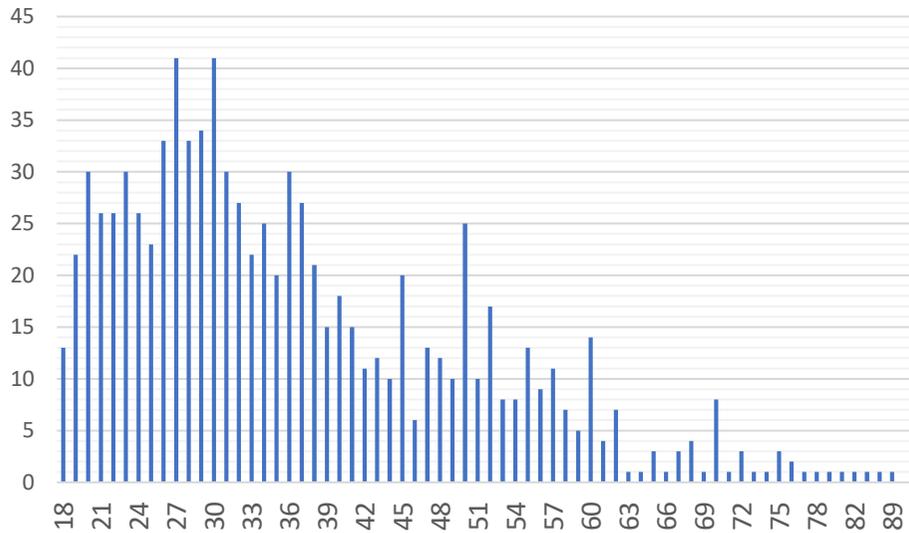


Crédits : Heidi AUERSWALD, Chercheuse Postdoctorale à l'Institut Pasteur du Cambodge

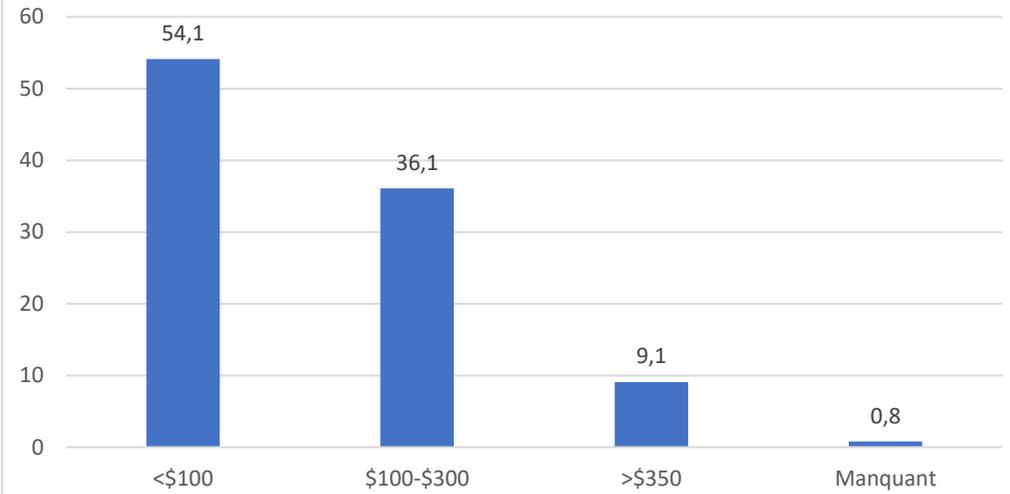
Annexe 11 : Histogrammes représentant la distribution de la population totale en fonction des données sociodémographiques



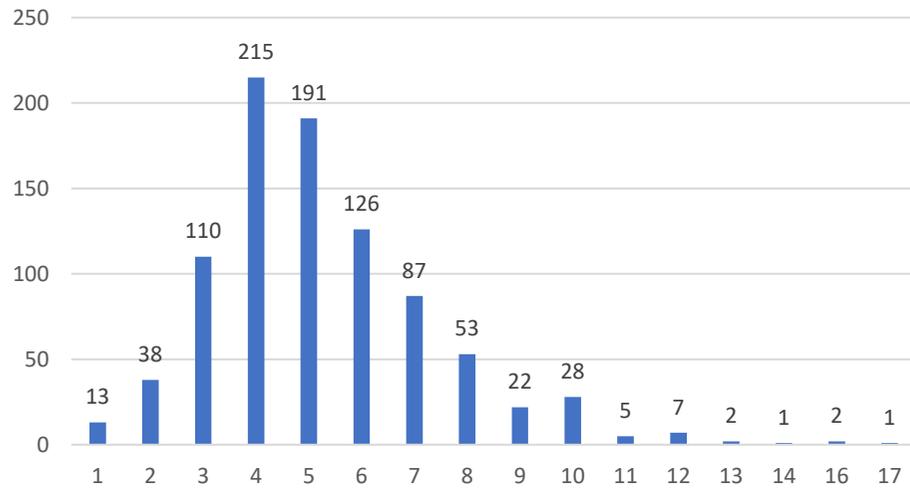
Distribution de l'âge dans la population totale



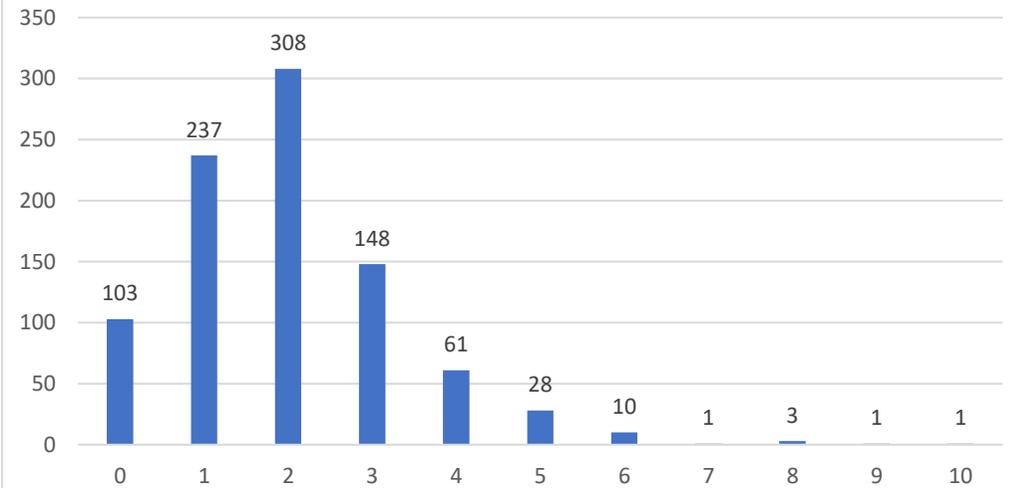
Pourcentage de la population totale par le salaire mensuel du foyer (\$)



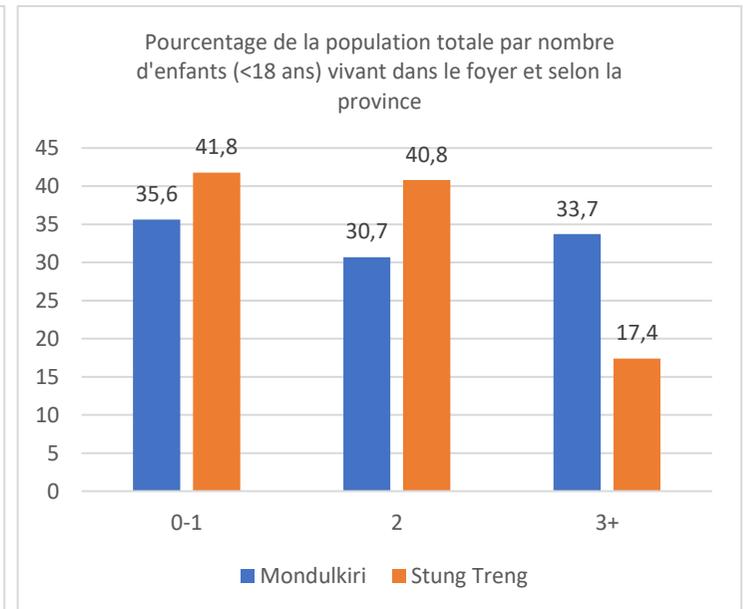
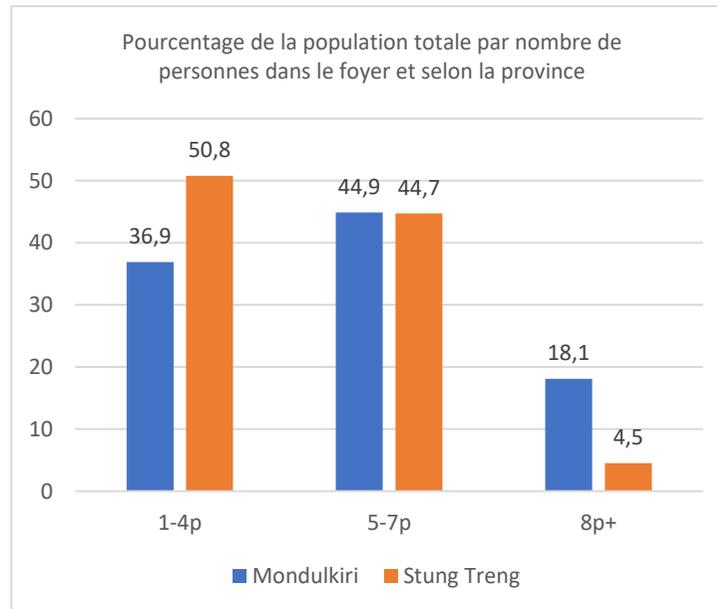
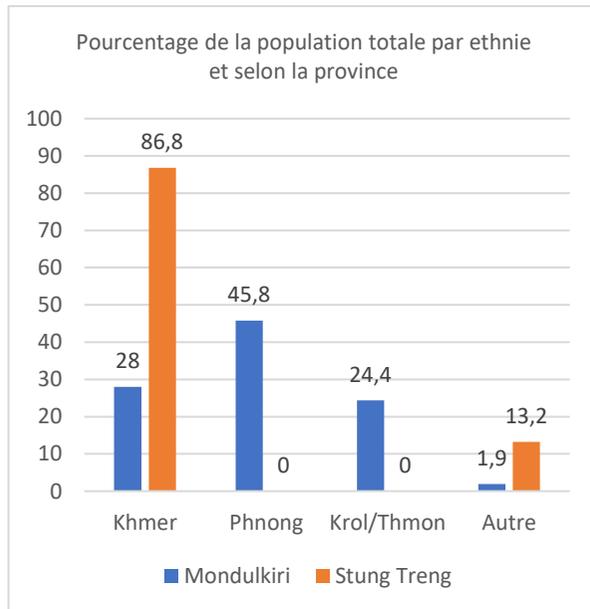
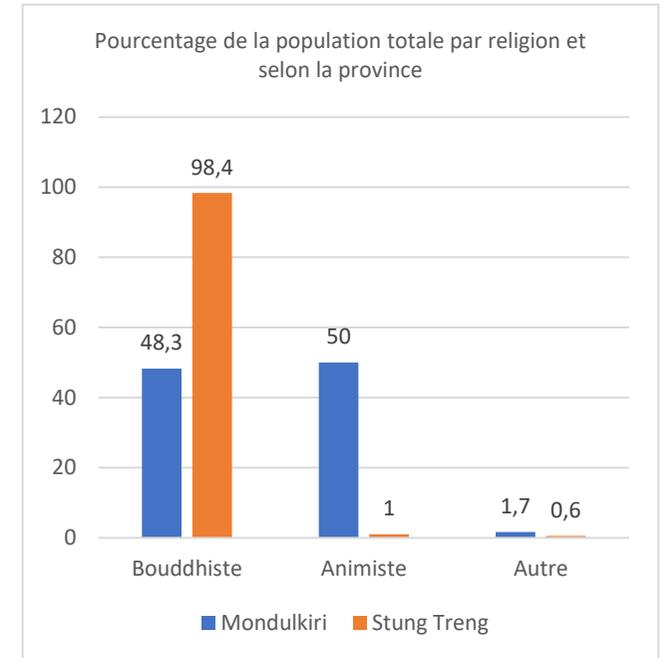
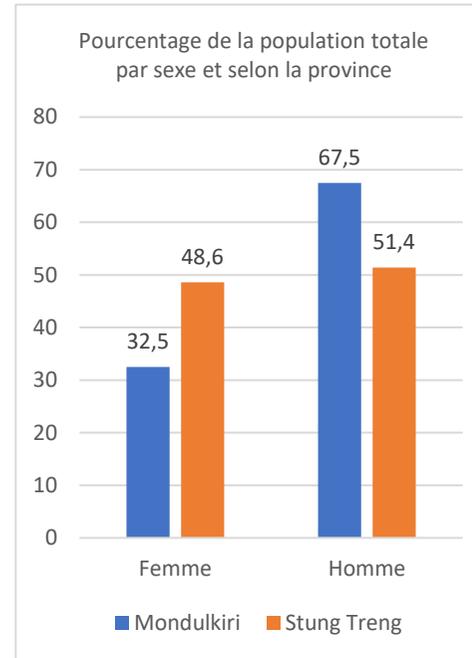
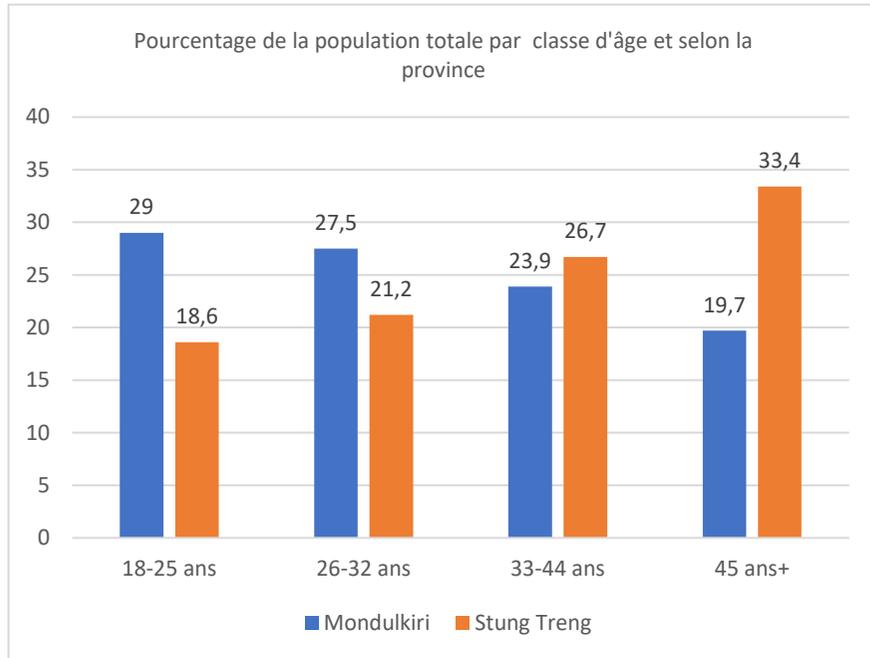
Distribution du nombre de membres dans le foyer dans la population totale

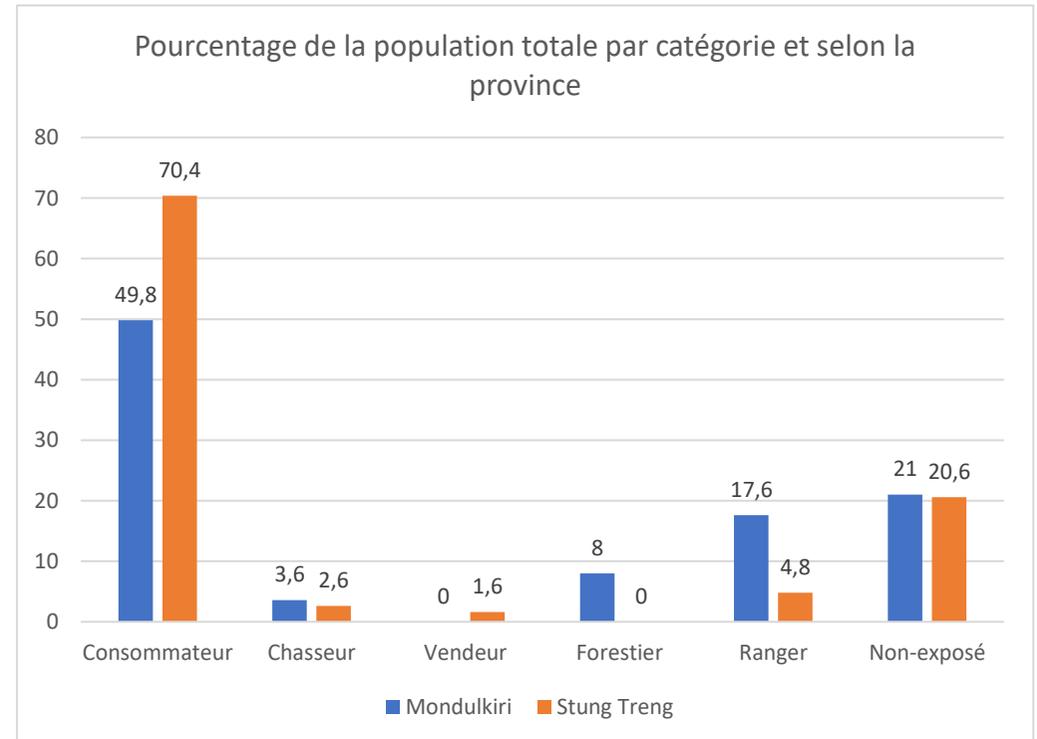
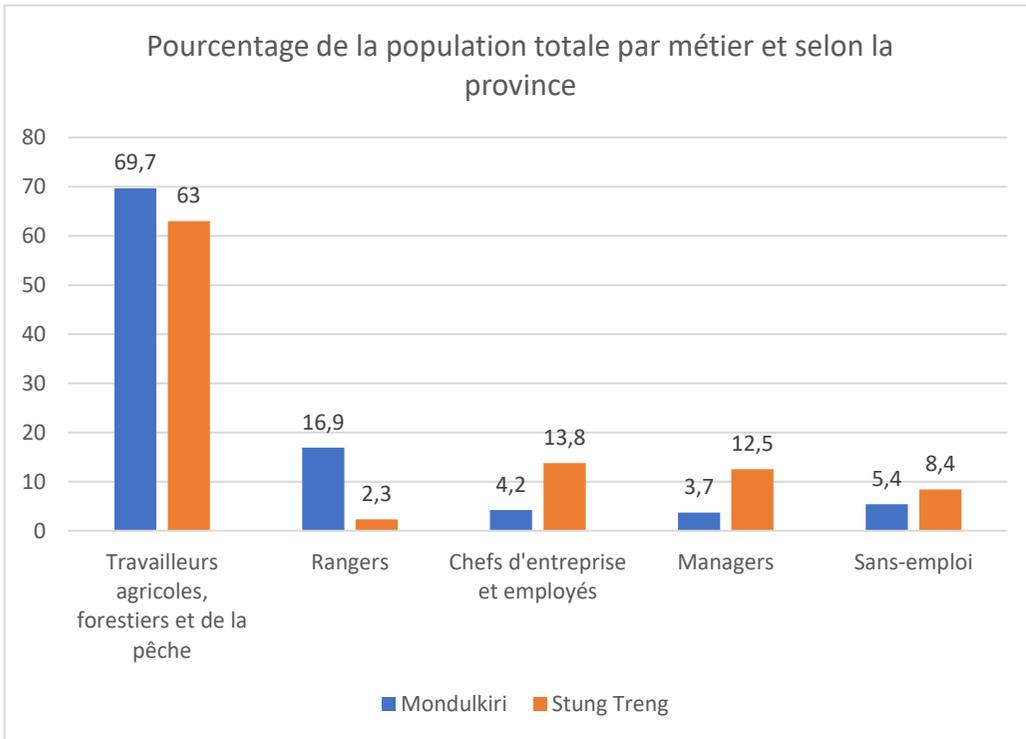
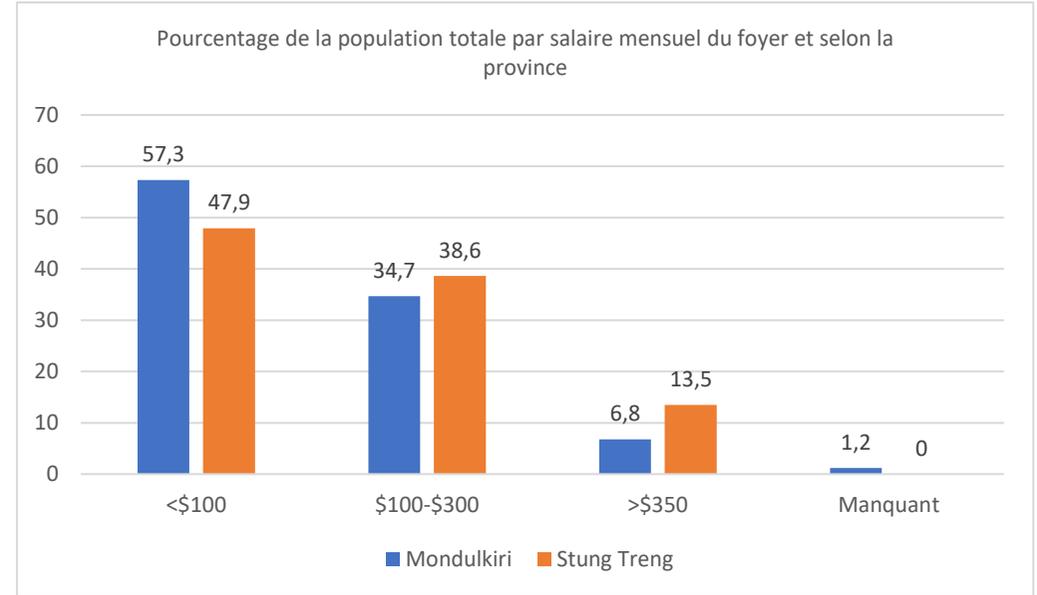
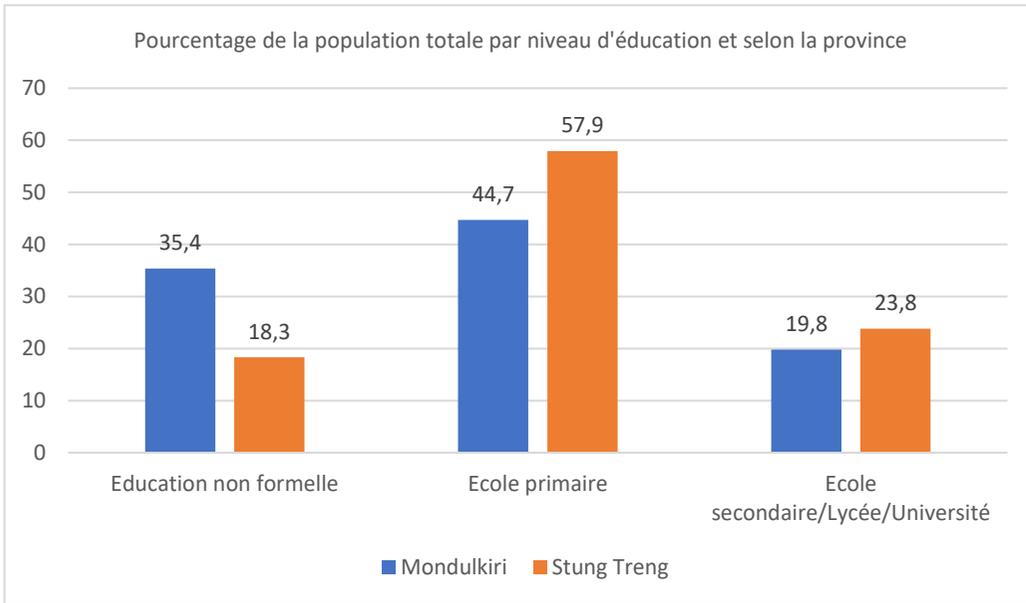


Distribution du nombre d'enfant (<18 ans) dans la population totale



Annexe 12 : Histogrammes représentant la distribution de la population totale en fonction des données sociodémographiques et par province





Annexe 13 : Association entre le statut d'exposition à la faune sauvage et les facteurs sociodémographiques par le test de khi-deux

label	levels	Exposé	Non-exposé	p
province	Mondulkiri	466 (79.0)	124 (21.0)	0.946
	Stung Treng	247 (79.4)	64 (20.6)	
classe_age	18-25ans	190 (83.0)	39 (17.0)	<0.001
	26-32ans	198 (86.8)	30 (13.2)	
	33-44ans	180 (80.4)	44 (19.6)	
	45ans+	145 (65.9)	75 (34.1)	
sexe	Femme	210 (61.2)	133 (38.8)	<0.001
	Homme	503 (90.1)	55 (9.9)	
religion	Animiste	199 (66.8)	99 (33.2)	<0.001
	Autre	11 (91.7)	1 (8.3)	
	Bouddhiste	503 (85.1)	88 (14.9)	
ethnie	Autre	45 (86.5)	7 (13.5)	<0.001
	Khmer	356 (81.8)	79 (18.2)	
	Krol/Thmon	143 (99.3)	1 (0.7)	
	Phnong	169 (62.6)	101 (37.4)	
education	Ecole primaire	366 (82.4)	78 (17.6)	<0.001
	Ecole secondaire/ Lycée/Université	174 (91.1)	17 (8.9)	
	Education non formelle	173 (65.0)	93 (35.0)	
salaire	<\$100	350 (71.9)	137 (28.1)	<0.001
	>\$350	71 (86.6)	11 (13.4)	
	\$100-\$300	292 (89.8)	33 (10.2)	
	(Missing)	0 (0.0)	7 (100.0)	
metier	Chefs d'entreprise et employés	57 (83.8)	11 (16.2)	<0.001
	Managers	53 (86.9)	8 (13.1)	
	Rangers	107 (100.0)	0 (0.0)	
	Sans-emploi	35 (60.3)	23 (39.7)	
	Travailleurs agricoles, forestiers et de la pêche	461 (75.9)	146 (24.1)	
nb_foyer	1-4p	294 (78.2)	82 (21.8)	0.573
	5-7p	319 (79.0)	85 (21.0)	
	8p+	100 (82.6)	21 (17.4)	
nb_enfant	0-1	269 (79.1)	71 (20.9)	0.934
	2	242 (78.6)	66 (21.4)	
	3+	202 (79.8)	51 (20.2)	

Annexe 14 : Résultats de l'analyse univariée (Khi-deux) : Association entre statut sérologique et exposition à la faune sauvage et données sociodémographiques

label	levels	Négatif	Positif	p
exposition	Exposé	589 (82.6)	124 (17.4)	<0.001
	Non-exposé	181 (96.3)	7 (3.7)	
categorie	Chasseur	24 (82.8)	5 (17.2)	<0.001
	Consommateur	423 (82.5)	90 (17.5)	
	Forestier	33 (70.2)	14 (29.8)	
	Non-exposé	181 (96.3)	7 (3.7)	
	Ranger	104 (87.4)	15 (12.6)	
province	Vendeur	5 (100.0)	0 (0.0)	0.182
	Mondulkiri	497 (84.2)	93 (15.8)	
classe_age	Stung Treng	273 (87.8)	38 (12.2)	0.067
	18-25ans	186 (81.2)	43 (18.8)	
	26-32ans	193 (84.6)	35 (15.4)	
	33-44ans	193 (86.2)	31 (13.8)	
	45ans+	198 (90.0)	22 (10.0)	
sexe	Femme	318 (92.7)	25 (7.3)	<0.001
	Homme	452 (81.0)	106 (19.0)	
religion	Animiste	249 (83.6)	49 (16.4)	0.456
	Autre	11 (91.7)	1 (8.3)	
	Bouddhiste	510 (86.3)	81 (13.7)	
ethnie	Autre	46 (88.5)	6 (11.5)	<0.001
	Khmer	386 (88.7)	49 (11.3)	
	Krol/Thmon	93 (64.6)	51 (35.4)	
	Phnong	245 (90.7)	25 (9.3)	
education	Ecole primaire	363 (81.8)	81 (18.2)	0.005
	Ecole secondaire/ Lycée/Université	174 (91.1)	17 (8.9)	
	Education non formelle	233 (87.6)	33 (12.4)	
salaire	<\$100	408 (83.8)	79 (16.2)	0.167
	>\$350	75 (91.5)	7 (8.5)	
	\$100-\$300	280 (86.2)	45 (13.8)	
	(Missing)	7 (100.0)	0 (0.0)	
metier	Chefs d'entreprise et employés	64 (94.1)	4 (5.9)	0.005
	Managers	55 (90.2)	6 (9.8)	
	Rangers	93 (86.9)	14 (13.1)	
	Sans-emploi	56 (96.6)	2 (3.4)	
	Travailleurs agricoles, forestiers et de la pêche	502 (82.7)	105 (17.3)	
nb_foyer	1-4p	326 (86.7)	50 (13.3)	0.493
	5-7p	339 (83.9)	65 (16.1)	
	8p+	105 (86.8)	16 (13.2)	
nb_enfant	0-1	295 (86.8)	45 (13.2)	0.676
	2	260 (84.4)	48 (15.6)	
	3+	215 (85.0)	38 (15.0)	

Annexe 15 : Résultats de l'analyse univariée (Khi-deux) : Association entre statut sérologique et catégories exposées, caractéristiques des types de contact et données sociodémographiques

label	levels	Négatif	Positif	p
Catégorie	Ranger	104 (87.4)	15 (12.6)	0.092
	Chasseur	24 (82.8)	5 (17.2)	
	Forestier	33 (70.2)	14 (29.8)	
	Consommateur	423 (82.5)	90 (17.5)	
	Vendeur	5 (100.0)	0 (0.0)	
Province	Mondulkiri	377 (80.9)	89 (19.1)	0.122
	Stung Treng	212 (85.8)	35 (14.2)	
Sexe	Femme	187 (89.0)	23 (11.0)	0.005
	Homme	402 (79.9)	101 (20.1)	
Age	45ans+	127 (87.6)	18 (12.4)	0.180
	18-25ans	149 (78.4)	41 (21.6)	
	26-32ans	163 (82.3)	35 (17.7)	
	33-44ans	150 (83.3)	30 (16.7)	
religion	Animiste	153 (76.9)	46 (23.1)	0.037
	Autre	10 (90.9)	1 (9.1)	
	Bouddhiste	426 (84.7)	77 (15.3)	
Ethnie	Phnong	147 (87.0)	22 (13.0)	<0.001
	Khmer	310 (87.1)	46 (12.9)	
	Krol/Thmon	93 (65.0)	50 (35.0)	
	Autre	39 (86.7)	6 (13.3)	

label	levels	Négatif	Positif	p
education	Ecole primaire	363 (81.8)	81 (18.2)	0.005
	Ecole secondaire/ Lycée/Université	174 (91.1)	17 (8.9)	
	Education non formelle	233 (87.6)	33 (12.4)	
salaire	<\$100	408 (83.8)	79 (16.2)	0.167
	>\$350	75 (91.5)	7 (8.5)	
	\$100-\$300	280 (86.2)	45 (13.8)	
	(Missing)	7 (100.0)	0 (0.0)	
metier	Chefs d'entreprise et employés	64 (94.1)	4 (5.9)	0.005
	Managers	55 (90.2)	6 (9.8)	
	Rangers	93 (86.9)	14 (13.1)	
	Sans-emploi	56 (96.6)	2 (3.4)	
	Travailleurs agricoles, forestiers et de la pêche	502 (82.7)	105 (17.3)	
nb_foyer	1-4p	326 (86.7)	50 (13.3)	0.493
	5-7p	339 (83.9)	65 (16.1)	
	8p+	105 (86.8)	16 (13.2)	
nb_enfant	0-1	295 (86.8)	45 (13.2)	0.676
	2	260 (84.4)	48 (15.6)	
	3+	215 (85.0)	38 (15.0)	
frequence_expositior	Elevée	48 (75.0)	16 (25.0)	0.052
	Faible	261 (79.8)	66 (20.2)	
	Pas de réponse	66 (89.2)	8 (10.8)	
	Très élevée	43 (89.6)	5 (10.4)	
	Très faible	171 (85.5)	29 (14.5)	

Rappel du principe : La construction des modèles a été réalisée sur base du critère d'information d'Akaike (AIC) avec la méthode pas à pas descendante et la fonction stepAIC du package MASS. L'AIC estime la perte d'information du modèle quand on retire des variables. A chaque étape, la fonction calcule l'AIC du modèle en supprimant tour à tour chaque variable explicative et estime donc la perte d'information du modèle sans ces variables. La variable pour lequel l'AIC est la plus grande est éliminée. Si l'AIC n'est pas plus petit que celui du modèle testé pour aucune des variables, alors la fonction s'arrête et le modèle final est trouvé. Lorsque deux modèles avaient des AIC proches, une ANOVA a été réalisée entre ces deux modèles afin de les comparer et vérifier si une différence était significative ($p\text{-value} < 0.05$). Le modèle final choisi était celui avec le moins de variable c'est-à-dire le plus parcimonieux. Ensuite, le test d'adéquation d'Hosmer & Lemeshow a été effectué afin de vérifier la qualité du modèle retenu. Ce dernier effectue un regroupement des probabilités prédites par le modèle en 10 groupes. La distance entre valeurs prédites et observées est considérée pour chaque groupe. La distance entre ces valeurs est évaluée grâce à un khi-deux à 8 degrés de libertés qui testent les hypothèses suivantes : H_0 : « Distance faible donc modèle adéquat » et H_1 : « Distance élevée donc modèle non adéquat ».

MODELE 1 : VARIABLE STATUT D'EXPOSITION ~ DONNEES SOCIODEMOGRAPHIQUES

➤ Modèle initial :

```
model1<-glm(exposition~sexe + classe_age + salaire+ education + ethnie+religion,data=essai,family = binomial(link="logit"))
```

➤ Construction du modèle pas à pas descendant sur base du critère d'AIC (Critère d'Information d'Akaike): Le modèle initial était le modèle final.

Modèles	AIC
Modele initial et final<- glm(exposition ~ sexe + classe_age + salaire + education + ethnie+religion ,data=essai,family = binomial(link="logit"))	721,92

➤ Test d'adéquation de Hosmer et Lemeshow du modèle final :

- H_0 : « Le modèle est adéquat : distance faible entre les valeurs prédites et observées », H_1 : « Le modèle n'est pas adéquat, la distance est élevée ».
- $\text{Khi-2} = 2.6183$, $\text{df} = 8$, $p\text{-value} = 0,956 > 0,05 \rightarrow$ Modèle adéquat

MODELE 2 : VARIABLE STATUT SEROLOGIQUE ~ CATEGORIES + DONNEES SOCIODEMOGRAPHIQUES

➤ Modèle initial :

```
model1<-glm(resultat_sero~ categorie+salaire+province+ sexe+classe_age+education+ethnie,data=essai,family = binomial(link="logit"))
```

➤ Construction du modèle pas à pas descendant sur base du critère d'AIC (Critère d'Information d'Akaike):

Numéro du modèle	Modèles	AIC
1 (initial)	resultat_sero ~ categorie + salaire + province + sexe + classe_age + education + ethnie	700,49
2	resultat_sero ~ categorie + salaire + province + sexe + education + ethnie	695.71
3	resultat_sero ~ categorie + province + sexe + education + ethnie	693.76
4	resultat_sero ~ categorie + sexe + education + ethnie	693.35

- Une ANOVA a été réalisée entre le modèle 4 et 2 ainsi qu'entre le modèle 4 et 3 (différence $\text{AIC} < 3$) : les deux n'étaient pas significatives : respectivement $p\text{-value} = 0,3025$ et $0,2872$ ($p > 0,05$)
- Test d'adéquation de Hosmer et Lemeshow du modèle final :
 - H_0 : « Le modèle est adéquat : distance faible entre les valeurs prédites et observées », H_1 : « Le modèle n'est pas adéquat, la distance est élevée ».

- Khi-2 = 9.6929, df= 8, p-value= 0.2872 > 0,05 → Modèle adéquat

MODELE 3 : VARIABLE STATUT SEROLOGIQUE ~ CATEGORIES EXPOSEES + FREQUENCE D'EXPOSITION + TYPES DE CONTACTS + DONNEES SOCIODEMOGRAPHIQUES

- Modèle initial :

```

model1<-
glm(resultat_sero~categorie+frequence_exposition+manger_viandebrousse_crue+manger_viandebrousse_cuite + toucher_animaux_vivants+salaire+province+
sexe+classe_age+education+ethnie+religion,data=essaine,family = binomial(link="logit"))

```

- Construction du modèle pas à pas descendant sur base du critère d'AIC (Critère d'Information d'Akaike):

<u>Numéro du modèle</u>	<u>Modèles</u>	<u>AIC</u>
1 (initial)	resultat_sero ~ categorie + frequence_exposition + manger_viandebrousse_crue + manger_viandebrousse_cuite + toucher_animaux_vivants + salaire + province + sexe + classe_age + education + ethnie + religion	651.44
2	resultat_sero ~ frequence_exposition + manger_viandebrousse_crue + manger_viandebrousse_cuite + toucher_animaux_vivants + salaire + province + sexe + classe_age + education + ethnie + religion	645.08
3	resultat_sero ~ frequence_exposition + manger_viandebrousse_crue + manger_viandebrousse_cuite + toucher_animaux_vivants + salaire + province + sexe + education + ethnie + religion	640.18
4	resultat_sero ~ manger_viandebrousse_crue + manger_viandebrousse_cuite + toucher_animaux_vivants + salaire + province + sexe + education + ethnie + religion	635.35
5	resultat_sero ~ manger_viandebrousse_crue + manger_viandebrousse_cuite + salaire + province + sexe + education + ethnie + religion	633.37
6	resultat_sero ~ manger_viandebrousse_crue + salaire + province + sexe + education + ethnie + religion	631.39
7	resultat_sero ~ manger_viandebrousse_crue + salaire + sexe + education + ethnie + religion	630.2
8	resultat_sero ~ manger_viandebrousse_crue + salaire + education + ethnie + religion	629.4
9	resultat_sero ~ manger_viandebrousse_crue + salaire + education + ethnie	629
10	resultat_sero ~ manger_viandebrousse_crue + salaire + ethnie	628.73

- Des ANOVA ont été réalisées afin de tester la différence entre modèle ayant une différence d'AIC<3. Elles ont été effectuées entre le modèle 10 et :
 - Modèle 6 : p= 0.1556
 - Modèle 7 : p= 0.1296
 - Modèle 8 : p= 0.1197
 - Modèle 9 : p= 0.1551
- ⇒ La différence n'était pas significative pour chacune des combinaisons testées. Le modèle final est le modèle 10.
- Test d'adéquation de Hosmer et Lemeshow du modèle final :
 - H0 : « Le modèle est adéquat : distance faible entre les valeurs prédites et observées », H1 : « Le modèle n'est pas adéquat, la distance est élevée ».
 - Khi-2 = 2.7805, df= 8, p-value= 0.9474 > 0,05 → Modèle adéquat

