### VETAGRO SUP CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2019 - Thèse n° 125

## ÉMERGENCE ET RÉÉMERGENCE DES ARBOVIROSES EN ASIE DU SUD-EST : FACTEURS DE RISQUE ET ÉVALUATION D'UNE INTERVENTION DE CONTRÔLE À HANOÏ, VIETNAM

## **THESE**

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I (Médecine - Pharmacie) et soutenue publiquement le 13 Décembre 2019 pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

CHAPOT Lorraine





### VETAGRO SUP CAMPUS VETERINAIRE DE LYON

Année 2019 - Thèse n° 125

ÉMERGENCE ET RÉÉMERGENCE DES ARBOVIROSES EN ASIE DU SUD-EST : FACTEURS DE RISQUE ET ÉVALUATION D'UNE INTERVENTION DE CONTRÔLE À HANOÏ, VIETNAM

## **THESE**

Présentée à l'UNIVERSITE CLAUDE-BERNARD - LYON I (Médecine - Pharmacie) et soutenue publiquement le 13 Décembre 2019 pour obtenir le grade de Docteur Vétérinaire

par

CHAPOT Lorraine





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

ARITROL

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

#### Remerciements

# À Monsieur le Professeur Bruno Lina de l'Université Claude Bernard Lyon 1, Faculté de médecine de Lyon

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse J'adresse mes hommages respectueux.

# À Monsieur le Professeur Jean-Luc Cadoré de Vetagro Sup, Campus vétérinaire de Lyon

Pour m'avoir soutenue dans mon parcours et m'avoir permis de réaliser ce projet J'adresse l'expression de ma profonde gratitude.

# À Mme la Professeure Emmanuelle Gillot-Fromont de Vetagro Sup, Campus vétérinaire de Lyon

Pour sa disponibilité, son soutien et ses conseils tout au long de ce travail J'adresse mes plus sincères remerciements.

## Table des matières

Table des annexes	13
Table des figures	15
Table des tableaux	17
Liste des abréviations	19
Introduction	21
I. Caractéristiques des principales arboviroses en Asie du Sud-Est	23
A. Caractéristiques virologiques et cliniques des principales arboviroses	23
1) La dengue	23
2) L'encéphalite Japonaise	25
3) Le chikungunya	27
4) Le virus Zika	28
5) Le virus West Nile	29
6) La fièvre jaune	30
B. Biologie et répartition des vecteurs des principales arboviroses	32
1) Le genre Aedes	32
2) Le genre Culex	33
C. Situation épidémiologique actuelle	34
1) Les facteurs de l'émergence	34
2) Épidémiologie des arboviroses majeures	35
La dengue	35
L'encéphalite Japonaise	36
Le virus Zika	37
Le chikungunya	38
3) De futures menaces d'introduction : WNV et YFV	39
Le virus West Nile	39
La fièvre jaune	39

II. Contrôle des arboviroses en Asie du Sud-Est	. 41
A. Méthodes de lutte anti-vectorielle	41
1) Lutte chimique	41
2) Lutte biologique	41
3) Gestion environnementale	43
B. Politiques de santé publique actuelles : Résultats et limites	43
1) Surveillance épidémiologique	43
2) Lutte anti-vectorielle	44
3) Programmes d'immunisation	45
C. Stratégies de contrôle durables : le potentiel des interventions éducatives	46
1) L'éducation pour la santé : application des modèles comportementaux	46
2) De l'éducation à l'action : l'approche communautaire participative	48
Responsabiliser et mobiliser les communautés	48
Construire un leadership	49
3) Durabilité des interventions : le rôle des pouvoirs publics	50
4) Un outil pour communiquer en matière de santé : la méthode COMBI	50
D. Perspectives futures	51
III. Exemple d'une intervention de contrôle des vecteurs à Hanoï, Vietnam	. 53
A. Contexte et présentation du projet « Metropolitan mosquitoes »	53
1) Situation épidémiologique à Hanoï	53
La dengue	53
L'encéphalite Japonaise	55
Le virus Zika	56
Le chikungunya	56
Le virus West Nile et la fièvre jaune	56
2) Politique de santé publique et stratégies de lutte contre les arboviroses	56
Surveillance des arboviroses	56
Lutte anti-vectorielle	
Programmes d'immunisation	59
3) Le projet « Metropolitan mosquitoes »	59

B. Étude 2018	59
1) Matériel et méthodes	59
Procédures d'échantillonnage	60
Étude sérologique chez l'animal	61
Étude entomologique	62
Analyse des données	62
2) Résultats	62
Résultats des tests sérologiques chez le porc	62
Résultats des tests sérologiques chez le chien	65
Résultats de l'étude entomologique	66
3) Discussion et conclusions	66
C. Étude 2019	67
1) Matériel et méthodes	68
Procédures d'échantillonnage	68
Questionnaires CAP	69
Calcul des scores de connaissances et pratiques	70
Conception de l'intervention éducative	70
Étude entomologique	71
Recueil des données sur le terrain	72
Exercice de « cartographie du risque » (System Network Analysis)	72
Traitement et analyse des données	73
2) Résultats	76
Résultats de l'étude de référence	76
Résultats de l'étude post-intervention	85
3) Discussion	89
4) Conclusion	92
Conclusion	93
Bibliographie	95
Δημέχες	105

## **Tables des annexes**

Annexe 1 : Questionnaire CAP de l'étude de référence	. 105
Annexe 2 : Questionnaire CAP de l'étude post-intervention	. 111
Annexe 3 : Éventails portant des messages de prévention distribués aux participants à l'intervention	. 116
Annexe 4 : Exemples de messages de prévention postés sur Zalo	. 117
Annexe 5 : Exemples de graphes obtenus lors de l'exercice de « cartographie du risque »	. 118
Annexe 6 : Exemple utilisé pour expliquer l'exercice de « cartographie du risque » aux participants	. 119
Annexe 7 : Liste des 22 catégories de variables causales définies lors de l'exercice de « cartographie du risque »	. 120
Annexe 8 : Matrice d'adjacence agrégée traduisant les 31 modèles individuels obtenus lors de l'exercice de « cartographie du risque »	

## **Tables des figures**

Figure 1 : Cycle de transmission du virus de la dengue
Figure 2 : Cycle de transmission de l'encéphalite Japonaise26
Figure 3 : Cycle de transmission du virus Zika27
Figure 4 : Cycle de transmission du virus du chikungunya28
Figure 5 : Cycle de transmission du virus West Nile29
Figure 6 : Cycle de transmission du virus de la fièvre jaune31
Figure 7 : Aedes aegypti et Aedes albopictus (photos : James Gathany, CDC et Susan Ellis)32
Figure 8 : Nombre moyen de cas de DF et DHF signalés annuellement à l'OMS entre 1955 et 2007 et nombre de cas signalés de 2008 à 2010 (OMS, 2012)
Figure 9 : Niveau de consensus sur la présence de la dengue dans les pays d'Asie du Sud-Est (Brady et al., 2012)
Figure 10 : Distribution des aires où l'encéphalite Japonaise est endémique (gris) et épidémique (noir) (Wang et Liang, 2015)37
Figure 11 : Expansion du CHIKV en Asie du Sud-Est de 1960 à 2017 (Randika et al., 2019). 38
Figure 12 : Occurrence de la fièvre jaune dans le monde et territoires à risque <i>(Leta et al., 2018)</i>
Figure 13 : Exemples d'organismes utilisés dans la lutte biologique contre <i>Aedes sp.</i> (photos : UNH Center for Freshwater Biology, Daniel Garcia et Cynthia Abbott)42
Figure 14 : Exemples de gîtes de reproduction à proximité des habitations (photos : réalisées par l'auteur)43
Figure 15 : Introduction du vaccin dans les pays à risque d'encéphalite Japonaise en 2016 (OMS, 2017)45
Figure 16 : Facteurs influençant les comportements liés à la santé <i>(Godin, 1991 d'après Becker et al., 1977)</i>
Figure 17 : Influence des programmes d'éducation sur les comportements (Godin, 1991). 47
Figure 18 : Taux d'incidence mensuels de la dengue de 1994 à 2013 dans la province de Hanoï (Lee et al., 2017)54

Figure 19 : Nombre de cas de dengue par semaine en 2017 comparé à 2016 au Vietnam <i>(Département général de Médecine Préventive, Ministère de la santé, Vietnam, 2017</i> )54
Figure 20 : Distribution d'A. aegypti et A. Albopictus au Vietnam (Higa et al., 2010)55
Figure 21 : Organisation du système de déclaration des maladies au Vietnam57
Figure 22 : Districts sélectionnés pour l'étude 2018 (Pham et al., 2019)60
Figure 23 : Exemples d'habitations par type de district (photos : réalisées par l'auteur) 69
Figure 24 : Illustrations du travail de terrain (photos : réalisées par l'auteur)71
Figure 25 : Illustration du processus d'agrégation des graphes individuels75
Figure 26 : Distribution des données de scores <i>(réalisé sous STATA 15)</i> 82
Figure 27 : Visualisation de la dispersion des données de score (réalisé sous STATA 15) 82
Figure 28 : Corrélation entre les scores de connaissances et pratiques <i>(réalisé sous STATA 15)</i> 85
Figure 29 : Cartographie agrégée représentant la perception générale du risque et des
barrières à la lutte anti-vectorielle <i>(réalisé sous System Effects)</i> 87
Figure 30 : Mesure des degrés entrant et sortant (réglisé sous System Effects)88

## **Tables des tableaux**

Tableau I : Synthese des caracteristiques des principales arboviroses31
Tableau II : Synthèse des méthodes de lutte anti-vectorielle employées dans les pays d'Asie du Sud-Est et Pacifique <i>(OMS, 2008)</i> 52
Tableau III : Nombre de ménages sélectionnés dans chaque district pour l'étude 2018 61
Tableau IV : Résultats aux tests WNV ELISA63
Tableau V : Nombre d'élevages porcins testés positifs par district63
Tableau VI: Comparaison des résultats aux tests WNV ELISA 1 et JE ELISA64
Tableau VII : Comparaison des résultats aux tests WNV ELISA 2 et JE ELISA64
Tableau VIII : Résultats des prélèvements de chiens domestiques au test WNV ELISA 65
Tableau IX: Résultats au test ELISA WNV en fonction des conditions de vie des chiens 66
Tableau X : Profil socio-démographique des participants76
Tableau XI : Fréquence des réponses au questionnaire78
Tableau XII : Scores moyens en fonction des variables démographiques83
Tableau XIII: Comparaison des scores du groupe d'éducation "< École primaire" avec les autres niveaux d'éducation par test de Dunn-Bonferroni84
Tableau XIV : Régression négative binomiale testant l'association entre les scores CP et les différentes variables démographiques84
Tableau XV : Test des rangs signés de Wilcoxon pour la comparaison des scores CP avant
et après intervention85

#### Liste des abréviations

**CDC**: Center for Disease Control

**CHIKV**: Chikungunya Virus (virus du chikungunya)

DALY: Disability Adjusted Life Year (Espérance de Vie Corrigée de l'Incapacité)

**DENV**: Dengue Virus (virus de la dengue)

**EBS**: Event-Based Surveillance

**ELISA**: Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay (dosage immuno-enzymatique)

ILRI: International Livestock Research Institute

IRS: Indoor Residual Spraying (pulvérisation résiduelle de surface ou pulvérisation

intradomiciliaire)

JEV : Japanese Encephalitis Virus (virus de l'encéphalite Japonaise)

**LLIN**: Long-Lasting Insecticide-treated Net (moustiquaire traitée aux insecticides)

**NDCP**: National Dengue Control Programme (Vietnam)

NIVR: National Institute of Veterinary Research (Hanoï, Vietnam)

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

WNV: West Nile Virus (virus du Nil Occidental ou West Nile)

YFV: Yellow Fever Virus (virus de la fièvre jaune)

**ZIKV**: Zika Virus (virus Zika)

#### Introduction

Depuis plusieurs décennies, on assiste à une émergence et une ré-émergence des arboviroses dans le monde. Des virus auparavant confinés à des niches écologiques tels que les virus de West Nile, du chikungunya et Zika se sont étendus à de nouveaux territoires tandis que d'autres que l'on pensait sous contrôle comme le virus de la dengue, de la fièvre jaune ou de l'encéphalite Japonaise resurgissent lors de nouvelles épidémies plus fréquentes et de plus grande amplitude (1,2). Le fardeau sanitaire et économique qu'ils imposent est difficile à évaluer et reste probablement largement sous-estimé. Une récente étude a ainsi estimé entre 300 000 et 5 000 000 le nombre de DALYs (Disability Adjusted Life Years ou Espérance de Vie Corrigée de l'Incapacité) attribuables aux virus de l'encéphalite Japonaise, de la fièvre jaune, du chikungunya et de la fièvre de la Vallée du Rift combinés (3).

Les changements démographiques, économiques et sociétaux considérables qu'a connus l'Asie du Sud-Est au cours de ces 50 dernières années en font une des régions les plus touchées par cette résurgence. L'explosion démographique, l'urbanisation anarchique, les changements dans l'utilisation des sols, le développement des transports modernes et l'intensification des mouvements internationaux liée à la mondialisation ont en effet contribué à l'instauration de conditions favorables à l'installation et l'expansion des virus et de leurs vecteurs (4).

En l'absence de vaccin pour la plupart des arboviroses, la lutte anti-vectorielle reste la principale méthode de prévention. Elle est toutefois limitée par le manque de ressources et d'engagement de la part des autorités compétentes (5). En complément des méthodes chimiques, les interventions d'éducation pour la santé se sont révélées être un élément essentiel des stratégies de contrôle durables pour mobiliser les communautés et promouvoir les pratiques de prévention.

Les arboviroses vont vraisemblablement continuer à s'étendre, et de nouvelles menaces risquent d'apparaître avec notamment la crainte d'une introduction de la fièvre jaune en Asie. Jusqu'à présent, peu de pays ont accordé au problème l'importance qu'il mérite et le contrôle des arboviroses a souvent été négligé. Il convient aujourd'hui de mobiliser les pouvoirs publics, la communauté scientifique, les ONG et les populations dans un effort coordonné pour mieux comprendre les facteurs de l'émergence et répondre aux enjeux environnementaux, sanitaires et économiques à l'échelle globale.

Cette thèse se compose de trois parties : la première présente les principales arboviroses d'importance en santé publique et la situation épidémiologique actuelle en Asie du Sud-Est. La seconde décrit les stratégies de contrôle mises en place, leur efficacité et leurs limites. Enfin, la troisième partie explore le potentiel de stratégies de contrôle durables basées sur l'éducation pour la santé au travers d'une étude de cas à Hanoï au Vietnam.

#### I. Caractéristiques des principales arboviroses en Asie du Sud-Est

#### A. Caractéristiques virologiques et cliniques des principales arboviroses

On connaît actuellement 134 arbovirus capables de causer une maladie chez l'homme, la majeure partie étant zoonotiques (3,6). La plupart des arbovirus d'importance majeure en santé publique appartiennent aux genres *Flavivirus* et *Alphavirus*. On se limitera ici à l'étude des virus de la dengue (DENV), de l'encéphalite Japonaise (JEV), du chikungunya (CHIKV), du Zika (ZIKV), du West Nile (WNV) et de la fièvre jaune (YFV) (tableau I).

#### 1) La dengue :

- Le virus : Le virus de la dengue (DENV) est un virus enveloppé à ARN simple brin appartenant au genre Flavivirus de la famille des Flaviviridae. Quatre sérotypes, DENV1 à DENV4, ont été à ce jour identifiés. Si l'infection par un sérotype entraîne une immunité à vie contre celui-ci, l'immunité croisée entre sérotypes n'est que partielle et temporaire, de l'ordre de quelques mois (7–9).
- Cycle de transmission (figure 1): Le virus de la dengue est transmis par des moustiques du genre Aedes, principalement Aedes aegypti en zones urbaines et secondairement Aedes albopictus en zones péri-urbaines, rurales et forestières (4). Une transmission verticale est possible mais l'infection du vecteur se fait habituellement par l'ingestion de sang d'un hôte en phase virémique. Après une période d'incubation de 10 à 14 jours, le moustique devient infectieux et peut à son tour transmettre le virus au cours d'un repas sanguin (10).

Le cycle primitif sylvatique fait intervenir des primates non-humains et certaines espèces forestières d'Aedes. Le maintien de la plupart des arbovirus nécessite le passage par un cycle enzootique ou sylvatique impliquant un réservoir animal, l'homme n'intervenant alors que comme hôte accidentel ne développant pas de virémie suffisante pour ré-infecter un vecteur (1,6). Cependant, le virus de la dengue est l'un des rares arbovirus à s'être adapté à une transmission exclusivement interhumaine au cours de laquelle l'homme se substitue au réservoir animal et joue le rôle d'hôte amplificateur (2,6,11). Il s'agit du type de transmission prédominant en milieu urbain et responsable de la grande majorité des épidémies en Asie.

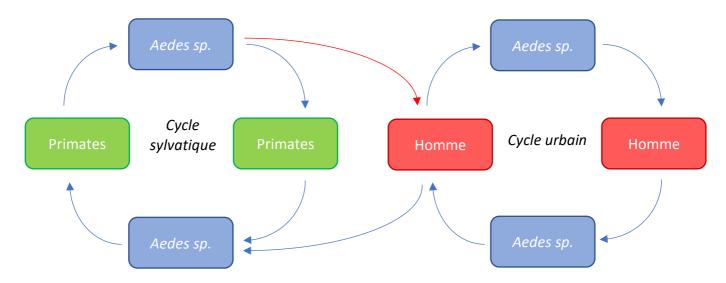


Figure 1 : Cycle de transmission du virus de la dengue

• Symptômes : L'infection par le virus de la dengue est asymptomatique (12) dans 50 à 90% des cas. La forme classique (DF ou « Dengue Fever ») se traduit par un syndrome pseudogrippal apparaissant après une période d'incubation de 4 à 10 jours et pouvant s'accompagner de troubles digestifs et d'éruptions cutanées (13,14). L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit un cas de dengue par une forte fièvre d'une durée de 2 à 7 jours accompagnée d'au moins deux des symptômes suivants : maux de tête, myalgies, arthralgies, nausées, vomissements, éruptions cutanées et leucopénie (10).

Certains patients développent des formes plus sévères de dengue hémorragique (DHF ou « Dengue Haemorrhagic Fever ») qui se manifestent par des hémorragies de la peau et des muqueuses (ex : pétéchies, épistaxis, saignements des gencives, hématémèse, méléna, ménorragie). On observe alors une augmentation de la perméabilité vasculaire entraînant une fuite de plasma pouvant aller jusqu'au choc circulatoire (DSS ou « Dengue Shock Syndrome ») avec défaillance d'organes (notamment le foie et le cœur) dans les cas les plus graves. En l'absence de traitement, la létalité peut dépasser les 20% et varie entre 12 et 44% en cas de syndrome de choc (7).

Il a par ailleurs été montré qu'une infection antérieure par un sérotype hétérologue constituait un facteur de risque majeur pour le développement des formes sévères (8). Les patients contractant une seconde infection présenteraient ainsi un risque 15 à 80 fois plus élevé de progresser vers une forme sévère de la maladie. Si les mécanismes exacts de la pathogenèse restent encore à élucider, l'hypothèse principale repose sur une réponse immunitaire exacerbée caractérisée par une activité cytolytique déficiente qui s'accompagne d'une libération excessive de cytokines pro-inflammatoires (notamment  $\mathsf{TNF}\alpha$ ) responsables de l'augmentation de perméabilité vasculaire et des coagulopathies observées (9).

• Traitement et prévention : Il n'existe pas de traitement spécifique de la dengue clinique (10). Le traitement symptomatique repose principalement sur une réhydratation par administration de fluides isotoniques en intraveineux (solution saline à 0.9% ou Ringer lactate) particulièrement importante durant les 48 à 72h que dure la phase critique de la maladie (9). Une prise en charge appropriée permet de ramener le taux de létalité en dessous de 1%. Dans les cas les plus sévères, on pourra avoir recours à des solutés de cristalloïdes voire une transfusion sanguine associée à une oxygénothérapie si le patient présente une détresse respiratoire.

Les symptômes de la forme classique étant peu spécifiques, le diagnostic définitif requiert des tests de laboratoire rarement effectués en pratique (10). L'interprétation des tests sérologiques indirects de type ELISA est de plus rendue délicate par l'existence de nombreuses réactions croisées entre Flavivirus. La détection d'ARN viral par RT-PCR constitue la méthode la plus fiable mais nécessite des ressources et une expertise qui ne sont pas toujours accessibles, en particulier dans les pays en voie de développement (5).

Le premier vaccin contre la dengue a obtenu une licence en 2015 (5), mais plusieurs problèmes empêchent encore son utilisation à grande échelle. Il a notamment été suspecté d'augmenter le risque de formes sévères chez les individus ne présentant pas d'antécédent d'infection naturelle par le virus (2). Afin d'éviter cette réaction secondaire adverse, il apparaît nécessaire d'incorporer les quatre sérotypes du virus (15,16) ce qui complique le développement de nouveaux vaccins. Il a de plus été estimé que la vaccination devait couvrir 85% d'une cohorte de naissance pour être efficace, objectif difficilement atteignable dans les pays en voie de développement (17). En l'absence de vaccin sûr, la lutte anti-vectorielle reste aujourd'hui la seule méthode de prévention disponible.

#### 2) L'encéphalite Japonaise :

- Le virus : Le virus de l'encéphalite Japonaise (JEV) est un virus à ARN simple brin appartenant au genre Flavivirus de la famille des Flaviviridae. On ne connaît qu'un seul sérotype.
- Cycle de transmission (figure 2) : Le virus JEV a été isolé chez plus de 30 espèces de moustiques mais est principalement transmis par celles du genre Culex, l'espèce Culex tritaeniorhynchus étant considérée comme le vecteur majoritaire (18). Il est maintenu dans l'environnement au travers d'un cycle enzootique impliquant des oiseaux aquatiques (ex: hérons, aigrettes) comme réservoirs naturels et le porc comme hôte amplificateur (13). La transmission à l'homme et aux équidés a lieu de façon accidentelle lors de la morsure par un moustique infecté et résulte en un cul-de-sac épidémiologique. Deux schémas de transmission ont été décrits : endémique dans les zones tropicales et épidémique dans les zones subtropicales ou tempérées avec un pic saisonnier en été (1,19,20). Le virus est également capable d'infecter d'autres espèces animales sans provoquer de signes cliniques, parmi lesquelles le chien qui pourrait servir d'animal sentinelle (18,21,22).

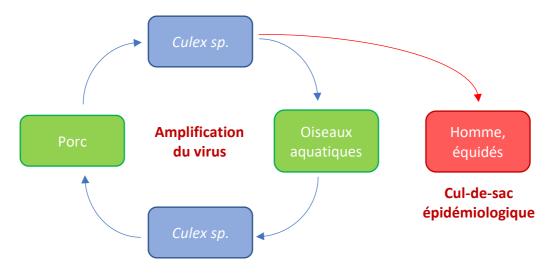


Figure 2 : Cycle de transmission du virus de l'encéphalite Japonaise

• Symptômes (10,19): L'infection par le virus JEV est asymptomatique dans la grande majorité des cas, seuls 0.3 à 0.5% développant des signes cliniques (13) parmi lesquels 75% sont des enfants de moins de 14 ans (18). La maladie se manifeste généralement à l'issue d'une période d'incubation de 5 à 15 (23) jours par un syndrome fébrile (ex: fièvre modérée, toux, vomissements, diarrhée) pouvant évoluer vers des formes plus sévères de méningoencéphalite, méningite aseptique ou paralysie flasque aiguë de type poliomyélite. La phase précoce se traduit alors par une forte fièvre accompagnée de maux de têtes. Selon les zones atteintes du système nerveux, les symptômes tardifs peuvent inclure une rigidité de la nuque, une paralysie spastique, une photophobie, une altération de l'état conscient voire des convulsions en particulier chez les enfants. La forme classique d'encéphalite Japonaise s'exprime par un syndrome parkinsonien avec faciès figé, tremblements et hypertonie généralisée. Des cas de guérison spontanée rapide ont été décrits. La mortalité varie entre 25 à 30% et parmi les survivants, 30 % gardent des séquelles motrices et 20% des troubles cognitifs et de langage invalidants.

L'infection chez le porc est habituellement asymptomatique, à l'exception de la truie gestante chez qui elle provoque parfois des avortements ou des momifications fœtales. Chez le cheval, elle peut provoquer comme chez l'homme une encéphalite (18).

• Traitement et prévention: Le traitement des formes cliniques est uniquement symptomatique. En fonction des symptômes, il pourra être nécessaire d'avoir recours à des antipyrétiques, des anticonvulsivants, à la réhydratation par fluides isotoniques ou à l'administration de mannitol en intraveineux pour réduire la pression intracrânienne. Les mesures de contrôle ciblant les vecteurs ou les hôtes amplificateurs ayant fait preuve d'une efficacité limitée, la vaccination est considérée comme la meilleure méthode de prévention sur le long terme (10,24). Plusieurs vaccins sont disponibles chez l'homme, le vaccin inactivé préparé sur cellules de souris étant le plus largement répandu. Toutefois, de plus en plus de

pays tendent à l'abandonner au profit de nouveaux vaccins moins coûteux, plus sûrs et nécessitant moins d'injections (13,19,24).

#### 3) Le virus Zika:

- Le virus : Découvert en Ouganda en 1947 (13), le virus Zika (ZIKV) appartient au genre Flavivirus de la famille des Flaviviridae, proche des virus de la dengue et de la fièvre jaune. Trois lignées ont depuis été décrites : est-africaine, ouest-africaine et asiatique, cette dernière étant à l'origine des épidémies majeures observées depuis 2007 (4).
- Cycle de transmission (figure 3): Le virus Zika est transmis principalement par des moustiques du genre Aedes, A. aegypti et A. albopictus étant les vecteurs majoritaires dans les milieux urbain et péri-urbain respectivement. En Afrique, il décrit un cycle sylvatique faisant intervenir A. africanus et des primates non-humains. À l'instar des virus DENV et CHIKV, il peut se passer de réservoir animal. Chez l'homme, d'autres modes de transmission ont été documentés, notamment la voie verticale, sexuelle ou via transfusion sanguine (2).

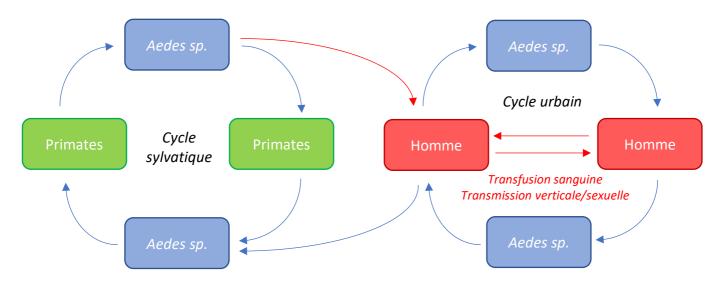


Figure 3 : Cycle de transmission du virus Zika

• Symptômes : Jusque récemment, l'infection par le virus Zika était considérée comme une arbovirose d'importance mineure en santé publique, étant le plus souvent soit asymptomatique (entre 29% et 82% des cas selon les études) (4,12,25–27) soit s'exprimant par un syndrome pseudo-grippal de faible amplitude (fièvre, maux de tête, myalgies, conjonctivite, éruptions cutanées maculopapuleuses) similaire à certaines formes peu sévères de dengue et de chikungunya. Cependant. Elle a depuis été associée à des cas de microcéphalies et de syndrome de Guillain-Barré (2), notamment lors de l'épidémie de 2013 en Polynésie française (4). L'épidémie majeure de 2015 au Brésil a conduit l'OMS à la déclarer urgence internationale de santé publique à l'échelle mondiale.

• Traitement et prévention : Des vaccins sont actuellement en cours de développement chez l'homme. Leur recherche est toutefois compliquée par les possibilités de développement de syndrome de Guillain-Barré et la potentialisation des formes de dengue sévères qu'ils sont susceptibles d'entraîner.

#### 4) Le chikungunya:

- Le virus : Le virus du chikungunya (CHIKV) est un virus enveloppé à ARN simple brin appartenant au genre Alphavirus de la famille des Togaviridae. On décrit trois lignées génotypiques géographiquement distinctes : ouest-africaine, est/centre/sud-africaine et asiatique (4).
- Cycle de transmission (figure 4): En Afrique, le virus décrit un cycle enzootique impliquant des primates non-humains et différentes espèces d'Aedes (2). En Asie, le virus s'est affranchi de la nécessité d'un cycle enzootique et est maintenu dans des cycles urbains entre l'homme et les espèces péri-domestiques A. aegypti comme vecteur principal et A. albopictus comme vecteur secondaire (4,25). Comme pour les virus DENV et ZIKV, l'homme joue à la fois le rôle de réservoir et d'amplificateur. La possibilité d'une transmission verticale a également été suspectée (28).

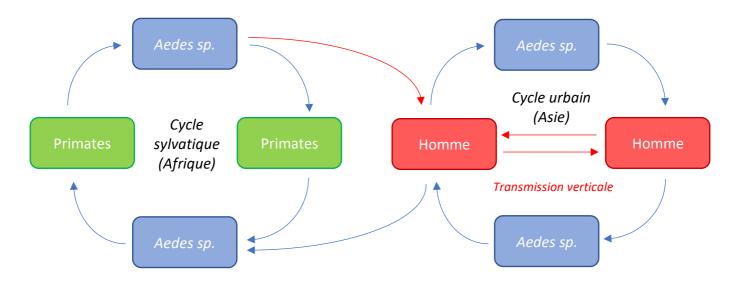


Figure 4: Cycle de transmission du virus du chikungunya

• Symptômes : À la différence de la plupart des arbovirus, l'infection par le virus CHIKV est le plus souvent symptomatique (75 à 95% des cas) (12). On observe une fièvre d'apparition aiguë qui s'accompagne de maux de têtes, d'éruptions cutanées, de myalgies et d'une arthralgie sévère. Les individus atteints expérimentent classiquement une raideur musculaire et des douleurs dans la paume des mains et la plante des pieds. La maladie est en général autorésolutive en quelques semaines bien que des séquelles de type polyarthrite puissent persister plusieurs mois (4,28,29). Elle n'est a priori pas mortelle et son importance en santé publique tient plus à ses conséquences débilitantes et à son fort taux d'attaque (jusqu'à 50%

au cours de certaines épidémies) (5). Cependant, il existe de rares complications d'encéphalopathie et d'insuffisance hépatique que les enfants et les personnes âgées sont les plus susceptibles de développer et une mortalité de 1/1000 a pu être observée lors de l'épidémie de 2005 à La Réunion (28,30).

• Traitement et prévention : Il n'existe pas de traitement antiviral et peu d'attention a été consacrée à la recherche d'un vaccin, les retours sur investissement n'étant pas garantis (5). La prévention repose intégralement sur la prévention personnelle et la lutte anti-vectorielle (29).

#### 5) Le virus West Nile:

- Le virus : Le virus du Nil Occidental ou West Nile (WNV) est un Flavivirus appartenant au même complexe sérologique que le virus de l'encéphalite Japonaise. Il a été isolé pour la première fois en Ouganda en 1937 (13). On distingue deux lignées, l'une étant plus fréquemment impliquée dans les cas humains et l'autre généralement confinée à des cycles enzootiques en Afrique (2).
- Cycle de transmission (figure 5): Le virus WNV a été retrouvé chez de nombreuses espèces de moustiques appartenant en majorité au genre Culex (4,16), principalement Culex tritaeniorhynchus, vishnui et quinquefasciatus en Asie. Le rôle de chaque espèce dans le cycle de transmission n'est toutefois pas clairement établi. Les oiseaux constituent les principaux hôtes amplificateurs du virus qui est également capable d'infecter une grande variété d'espèces mammifères de façon accidentelle, parmi lesquelles l'homme et le cheval sont les plus sensibles. D'autres espèces comme le chien, le chat ou le porc peuvent séroconvertir sans toutefois intervenir dans le cycle de transmission. Chez l'homme, une transmission transplacentaire, par transfusion sanguine et par transplantation d'organe ont également été décrites (10,31,32). Il semblerait de plus que le virus possède un potentiel de transmission directe par voie orale.

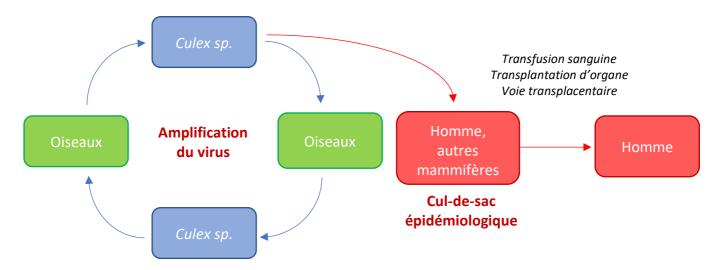


Figure 5 : Cycle de transmission du virus West Nile

• Symptômes: Chez les oiseaux, l'infection par le virus WNV se manifeste de façon très variable selon les espèces, allant d'asymptomatique à mortelle (32).

Parmi les espèces mammifères susceptibles, seuls l'homme et cheval développent parfois des signes cliniques (32). Chez l'homme, l'infection est la plupart du temps asymptomatique (80% des cas) (4) ou se traduit par un syndrome fébrile modéré auto-limitant apparaissant à la suite d'une période d'incubation de 4 à 14 jours connu sous le nom de fièvre de West Nile (20 à 30% des cas) (10,18). Les symptômes incluent fièvre, myalgies, maux de tête, fatigue, anorexie, nausées, vomissements ou encore diarrhées. On observe également une éruption maculopapuleuse chez 50% des patients. Seul un cas d'infection sur 150 évolue en méningite ou encéphalite se manifestant par des troubles moteurs (tremblements, myoclonies, syndrome parkinsonien) et entraînant la mort dans 10% des cas. Des séquelles neurologiques et cognitives peuvent persister chez les survivants. Certains patients peuvent développer des complications telles qu'un syndrome de paralysie flasque aiguë (13% des formes neurologiques) voire une pancréatite, myocardite ou hépatite dans les cas les plus sévères (32). L'âge et l'immunodépression sont les principaux facteurs de risque pour les formes neurologiques (16). Le cheval peut également développer une encéphalite avec fièvre, ataxie des postérieurs et tremblements.

• Traitement et prévention: Le traitement des formes cliniques est uniquement symptomatique. Chez le cheval, il repose sur l'administration d'anti-inflammatoires, de vitamines et sur une fluidothérapie (32). Un essai clinique portant sur la transfusion d'anticorps anti-WNV est en cours chez l'homme.

Plusieurs vaccins sont disponibles chez le cheval mais n'ont pas démontré d'efficacité chez d'autres espèces. Bien que plusieurs vaccins soient en cours de développement chez l'homme, aucun n'a encore été mis sur le marché.

#### 6) La fièvre jaune:

- Le virus : Le virus de la fièvre jaune (YFV) est un virus à ARN simple brin appartenant au genre Flavivirus de la famille des Flaviviridae et dont un seul sérotype a été décrit.
- Cycle de transmission (figure 6): Le YFV est maintenu en Afrique dans des cycles enzootiques entre des singes et des moustiques (5), Aedes en Afrique et Hemagogus en Amérique du Sud (2). Sporadiquement, un homme peut être infecté par une espèce forestière d'Aedes, donnant lieu à des épidémies de faible amplitude en zones rurales et péri-urbaines. Toutefois, lorsque A. aegypti est présent, le virus peut passer en milieu urbain et se propager rapidement en effectuant des cycles homme-moustique (4).

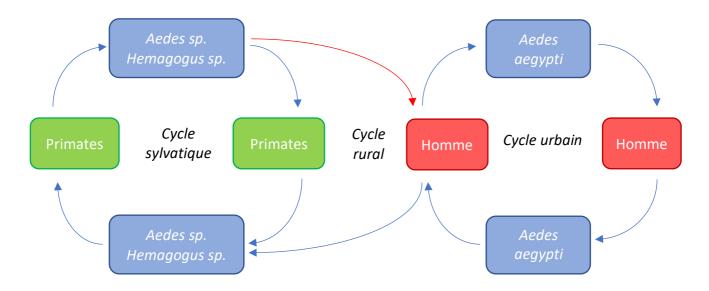


Figure 6 : Cycle de transmission du virus de la fièvre jaune

- Symptômes : La plupart des cas sont asymptomatiques. La forme clinique se manifeste par une fièvre, des maux de tête, nausées, myalgies durant en général moins d'une semaine. 10 à 25% développent des signes hémorragiques et des atteintes rénales et hépatiques entraînant la mort dans 20 à 50% des cas (5).
- Traitement et prévention : Il existe depuis plus de 50 ans un vaccin vivant atténué sûr dont l'efficacité repose sur la relative stabilité génétique du virus. La couverture reste toutefois insuffisante dans beaucoup de pays d'Afrique où elle est nécessaire (5) : en 2014, l'OMS a estimé à 41% la couverture vaccinale lorsque 80% seraient requis pour prévenir les épidémies (2).

Tableau I : Synthèse des caractéristiques des principales arboviroses

	JEV	WNV	DENV	YFV	ZIKV	СНІКУ
Famille	Flaviviridae			Togaviridae		
Genre	Flavivirus				Alphavirus	
Vecteur	Culex sp. Aedes sp.					
Hôtes	Oiseaux aquatiques Porc	Oiseaux	Homme	Homme Primates non humains		
Symptômes	Syndrome fébrile					
chez I'homme	Encéphalite		Fièvre hémorragique		Microcéphalie Syndrome de Guillain-Barré	Polyarthrite
Vaccin	Oui	Chez le cheval	Oui (mais peu utilisé)	Oui	Non	Non

#### B. Biologie et répartition des vecteurs des principales arboviroses

#### 1) Le genre Aedes:

Le genre Aedes comporte les espèces vectrices des virus de la dengue, de la fièvre jaune, du chikungunya et du virus Zika, parmi lesquelles A. aegypti et A. albopictus (figure 7) sont les plus importantes en santé publique de par leur anthropophilie marquée (33,34). Elles sont largement répandues dans toute l'Asie du Sud-Est et se sont adaptées aux milieux urbains et péri-urbains qui offrent un large réservoir d'hôtes ainsi que des conditions favorables à leur reproduction, notamment par la présence de réservoirs d'eau artificiels servant de gîtes de ponte. Les femelles sont actives durant le jour (8) avec des pics à l'aube et au crépuscule. Leur distribution et survie dans le milieu sont fortement impactées par des facteurs environnementaux tels que la température et la pluviométrie (11,35–37). Par conséquent, les changements climatiques, démographiques et sociétaux sont susceptibles de contribuer à leur expansion géographique et à l'augmentation du nombre et de la sévérité des épidémies d'arboviroses qu'elles transmettent. On estime aujourd'hui que 215 pays seraient susceptibles d'accueillir A. aegypti ou A. albopictus (38).



A. aegypti (dessin en forme de lyre sur le thorax) (photo: James Gathany, CDC)



A. albopictus (ligne blanche sur le thorax) (photo : Susan Ellis)

#### Figure 7: Aedes aegypti et Aedes albopictus

• Aedes aegypti : Originaire d'Afrique, Aedes aegypti est considéré comme le vecteur le plus important dans la transmission des arboviroses à l'homme du fait de ses habitudes alimentaires fortement anthropophiles et de sa présence dans les milieux péri-domestiques (33). Sa compétence et sa capacité vectorielle élevée pour le virus de la dengue en font une cible prioritaire des interventions de lutte anti-vectorielle. Il se reproduit dans les collections d'eau claire à l'intérieur ou à proximité des habitations (ex : réservoirs d'eau, gouttières, creux des feuilles et bambous, récipients artificiels tels que vases, pneus ou pots cassés) et pique préférentiellement en journée et en intérieur (34). Il domine dans les environnements à faibles précipitations, sa résistance à la dessiccation étant plus élevée que celle d'Aedes albopictus. Sa présence a de plus été significativement associée au niveau d'urbanisation (39).

• Aedes albopictus: D'origine asiatique, Aedes albopictus présenterait une moindre sélectivité en termes d'hôtes qu'A. aegypti tout en gardant une préférence pour l'homme (34). Il est surtout présent dans les milieux forestiers et péri-domestiques où la végétation est abondante mais peut également être retrouvé en milieu urbain. À la différence d'A. aegypti, il se reproduit préférentiellement dans les collections d'eau naturelles (ex: creux des feuilles et des arbres, flaques, coques de noix de coco) (34,37,40) et est donc plus influencé par le niveau de précipitation et la végétation, ce que reflète sa préférence pour des milieux moins domestiques (4,33,38,39).

Bien qu'A. aegypti soit considéré comme le vecteur majoritaire du virus de la dengue, certaines épidémies se sont déclarées dans des zones où seul A. albopictus a été détecté (5,41). Ce dernier possèderait également une meilleure compétence vectorielle pour certaines souches du virus du chikungunya. Il a ainsi été le principal vecteur impliqué dans les épidémies de 2005-2006 dans l'océan Indien, où une mutation du virus CHIKV a été identifiée comme responsable d'une augmentation de la transmissibilité du virus à cette espèce (5,18,25,33). Par ailleurs, il s'adapte plus facilement aux climats tempérés et présente donc un meilleur pouvoir de colonisation, ce qui le rend plus susceptible de contribuer à l'expansion géographique des arboviroses (18). Il a notamment été incriminé dans les cas autochtones de dengue et de chikungunya détectés en Europe (8,34,38,41). A. albopictus apparaît donc être un important vecteur auxiliaire de la dengue et du chikungunya et un contributeur majeur à leur diffusion globale (4).

#### 2) Le genre Culex:

Le genre *Culex* comprend les principales espèces responsables de la transmission des virus du complexe de l'encéphalite Japonaise en Asie, à savoir *Culex tritaeniorhynchus* pour JEV et *Culex quinquefasciatus* pour WNV.

Culex quinquefasciatus est une espèce domestique opportuniste pouvant se nourrir à la fois sur l'homme et l'animal, active de nuit en intérieur comme en extérieur (40,42). La femelle pond dans les eaux polluées par des matières organiques de type excreta ou végétaux en décomposition (ex: latrines sèches, fosses septiques, canalisations bouchées), préférentiellement dans des zones sans végétation à proximité des habitations (18,37). L'espèce est ainsi répandue dans les aires urbaines où le niveau sanitaire est insuffisant. Elle serait également compétente pour les virus JEV et Zika (20,25).

Culex tritaeniorhynchus est moins anthropophile que *C. quinquefasciatus* et préfère les eaux plus claires pour se reproduire (ex : rizières, fossés). On la retrouve typiquement dans les régions de culture du riz et d'élevage de porcs qui constituent ses hôtes de prédilection (13,40,42).

#### C. Situation épidémiologique actuelle

L'Asie du Sud-Est est la région du monde la plus lourdement impactée par les récentes résurgences d'arboviroses. Elle concentre notamment une grande partie des épidémies de dengue et d'encéphalite Japonaise.

#### 1) Les facteurs de l'émergence :

Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer l'intensification de la transmission des arbovirus :

Évolution des virus : Les principaux arbovirus étant des virus à ARN présentant un taux élevé de mutations génétiques, ils possèdent un fort pouvoir d'adaptation à de nouveaux hôtes et vecteurs, ce qui favorise leur introduction dans de nouveaux milieux. On estime ainsi que le virus de la dengue a pu passer du singe à l'homme il y a 320 ans (13). En parallèle, son adaptation au très anthropophile *A. aegypti* lui a permis d'intensifier sa transmission à l'homme en milieu urbain et de s'affranchir définitivement du cycle sylvatique (2).

Adaptation des vecteurs : L'épidémiologie des arbovirus est étroitement liée à la biologie et la distribution de leurs vecteurs. Or, avec l'explosion de l'urbanisation on assiste de plus en plus fréquemment à un phénomène de « domestication » des vecteurs, terme désignant une adaptation des espèces au contact de l'homme comme cela s'est produit pour A. aegypti qui est responsable de la transmission des virus de la dengue et du chikungunya en milieu urbain (2,4).

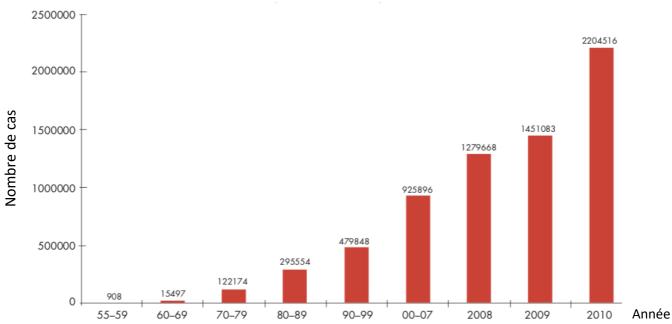
La distribution des vecteurs est de plus fortement impactée par des facteurs climatiques et socio-économiques : on constate ainsi un élargissement de leur aire de répartition sous l'effet de l'augmentation des mouvements internationaux et du réchauffement climatique (3,4,38), comme cela a pu être observé par exemple lors des occurrences du phénomène El Nino (43). L'urbanisation anarchique entraînée par la croissance démographique considérable que connaît l'Asie est considérée comme un facteur majeur de l'émergence des arboviroses. Elle s'accompagne en effet d'une augmentation du nombre d'hôtes susceptibles et des contacts hommes-vecteurs (ex : empiètements dans les domaines forestiers) et contribue à créer un environnement favorable au développement du principal vecteur *A. aegypti.* C'est particulièrement le cas en Asie du Sud-Est où l'habitude de stocker l'eau pour pallier un mauvais approvisionnement et une gestion des déchets inadaptée ont conduit à une prolifération des gîtes de reproduction des moustiques (4,5,11,13,18,20,34).

### 2) Épidémiologie des arboviroses majeures :

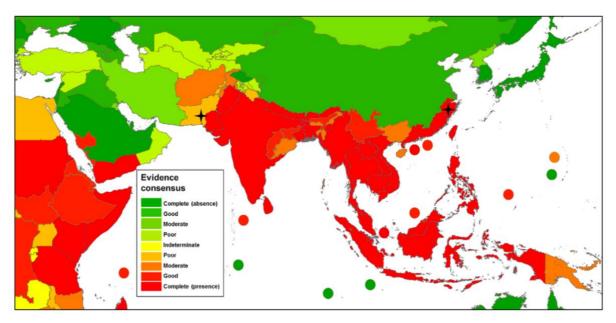
### • La dengue :

Avec plus de 3.97 milliards de personnes considérées comme vivant en zone à risque dont 1.3 milliards en Asie du Sud-Est (3,38,44), la dengue est l'arbovirose la plus répandue dans le monde (45). Au cours des 50 dernières années, son incidence a été multipliée par 30 (figure 8) (13) et son aire de répartition s'est considérablement accrue : elle serait maintenant présente dans 128 pays dont 111 de façon autochtone contre 9 avant 1970 (38,46). On estime à 390 millions le nombre de cas annuels dans le monde dont 96 millions symptomatiques, parmi lesquels 50 000 cas de DHF et 20 000 morts. 70% de ces cas se concentrent en Asie du Sud-Est où la dengue circule de manière hyperendémique dans de nombreux pays (figure 9) (10,13,47). Il est de plus fort probable que son incidence soit sous-estimée, certains pays ne rapportant par exemple que les cas de DHF ou confirmés par laboratoire et beaucoup n'étant pas diagnostiqués (15). Son expansion est attendue dans un futur proche notamment par l'intermédiaire d'A. albopictus (18), comme l'attestent déjà les cas d'infection autochtone détectés dans trois pays européens (38).

La dengue n'est pas une maladie récente en Asie, mais son incidence est en augmentation. La circulation est particulièrement forte au Vietnam, au Laos, en Indonésie et aux Philippines (13). Elle est considérée comme une maladie urbaine et péri-urbaine et l'urbanisation a été fortement associée à son émergence (3), notamment par l'absence de système d'approvisionnement de l'eau et de gestion des déchets appropriés favorisant la prolifération des vecteurs (2,4,10). La transmission a lieu en général toute l'année avec un pic durant la saison des pluies. On observe une évolution de son profil épidémiologique, avec une augmentation de l'âge moyen des individus atteints (13). La co-circulation des quatre sérotypes du virus a également conduit à une augmentation du nombre de cas de dengue sévère (DHF et DSS) (6,7).



<u>Figure 8 : Nombre moyen de cas de DF et DHF signalés annuellement à l'OMS entre 1955 et 2007 et nombre de cas signalés de 2008 à 2010 (OMS, 2012)</u>



(Total consensus sur l'absence en vert foncé – Statut indéterminé en jaune - Total consensus sur la présence de dengue en rouge foncé)

<u>Figure 9 :</u> Niveau de consensus sur la présence de la dengue dans les pays d'Asie du Sud-Est (Brady et al., 2012)

## • L'encéphalite Japonaise :

3 milliards de personnes vivraient en zone à risque d'encéphalite Japonaise dans les 24 pays d'Asie du Sud-Est et Pacifique où elle est endémique, soit près de la moitié de la population mondiale (2,3,13). Il s'agit de la première cause d'encéphalite virale en Asie (10,48) : on estime à 68 000 le nombre de cas annuels dont 15 000 morts représentant un coût de 709 000 DALYs (18,49,50). Dans les zones tropicales (Indonésie, Malaise, Philippines), on recense des cas toute l'année avec un pic à la saison des pluies tandis que dans les zones subtropicales et tempérées (Chine, Népal, nord du Vietnam et de la Thaïlande), on observe des pics d'épidémies durant les mois d'été en lien avec l'augmentation des températures (**figure 10**) (1,19).



<u>Figure 10:</u> Distribution des aires où l'encéphalite Japonaise est endémique (gris) et épidémique (noir) (Wang et Liang, 2015)

Son principal vecteur *C. tritaeniorhynchus* se reproduisant dans les rizières et se nourrissant sur les porcs, l'encéphalite Japonaise est généralement considérée comme une maladie des milieux ruraux. Cependant, la mise en évidence du virus chez des espèces domestiques telles que *A. aegypti* et *C. quinquefasciatus* soulève de nouvelles inquiétudes quant à son expansion aux zones urbaines (2,10,18,42). En parallèle, l'intensification de la riziculture et de l'élevage porcin à proximité des aires d'habitation contribue à créer des conditions favorables à une transmission en milieu urbain.

Les oiseaux migrateurs et la dissémination aérienne des vecteurs joueraient également un rôle important dans sa dispersion (4,10). Le rapide turn-over des populations de porcs d'élevage, abattus en général à 6-8 mois, facilite de plus l'amplification du virus (50).

### • Le virus Zika:

L'épidémiologie du ZIKV a connu une brusque évolution en 2007 lorsqu'une première épidémie majeure a frappé 73% de la population de l'île de Yap en Micronésie (4). Auparavant, il n'avait été détecté que sporadiquement en Asie et en Afrique (18,51). Son association à des cas de syndrome de Guillain-Barré et de microcéphalie a été suspectée pour la première fois en 2013 en Polynésie française, avant que l'épidémie massive de 2014-2015 au Brésil (1,5 millions de cas) ne conduise à le déclarer urgence de santé publique à l'échelle mondiale. 70 pays ont depuis rapporté des cas autochtones parmi lesquels l'Indonésie, la Cambodge, la Thaïlande et la Malaisie. Ses schémas de dispersion semblables à ceux de la dengue et du

chikungunya soulignent l'importance du vecteur *A. aegypti* dans la dispersion et l'émergence du ZIKV (4,26,38).

Des preuves d'une circulation silencieuse du lignage mis en cause en Polynésie Française en 2013 ont rétrospectivement été mises en évidence en Thaïlande, à Singapour et au Vietnam (4,18). Son incidence réelle reste mal documentée, et sa similarité avec les formes cliniques de la dengue et du chikungunya conduisent probablement à un large sous-diagnostic dans les zones où ces maladies sont déjà fortement prévalentes (26).

### • Le chikungunya:

Bien qu'appartenant au genre *Alphavirus*, il possède de nombreuses caractéristiques épidémiologiques communes aux *Flavivirus* (ex : YFV, DENV, ZIKV) dont celle d'être transmis par *Aedes sp.* Il s'agit de l'arbovirose la plus répandue après la dengue et dont l'aire géographique est en constante progression (**figure 11**) : 106 pays dont 3 européens ont rapporté des cas autochtones (38). Il a ré-émergé en 2005 lorsqu'il a déclenché une série d'épidémies massives dans l'océan indien, exhibant des taux d'attaque particulièrement élevés dans les populations non immunes (ex : 35% à La Réunion où il a causé 225,000 cas) (4,13,29,30,34). Comme pour la dengue, son émergence est associée à l'expansion de ses principaux vecteurs *A. albopictus* et *A. aegypti*.

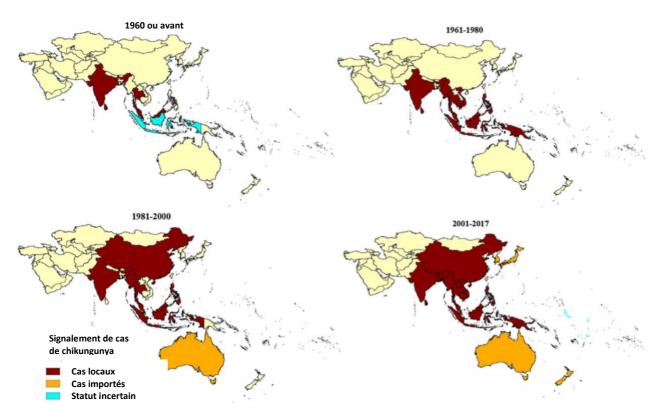


Figure 11: Expansion du CHIKV en Asie du Sud-Est de 1960 à 2017 (Randika et al., 2019)

Des études rétrospectives ont révélé que le virus du chikungunya a circulé de façon continue en Asie depuis les années 1950 (28,52). Contrairement à l'Afrique, il y décrit des cycles urbains entre l'homme et le moustique avec une recrudescence des cas en saison des pluies (13,25). Son profil épidémiologique reste toutefois peu documenté. La similitude de ses symptômes avec ceux de la DF conduisent souvent à un mauvais diagnostic dans les zones où la dengue sévit également (5). On peut noter qu'à la différence du chikungunya, la dengue présente des symptômes avant-coureurs (phase fébrile avec fièvre, nausées et vomissements) et n'entraîne pas de séquelles (4).

3) De futures menaces d'introduction : WNV et YFV :

#### • Le virus West Nile :

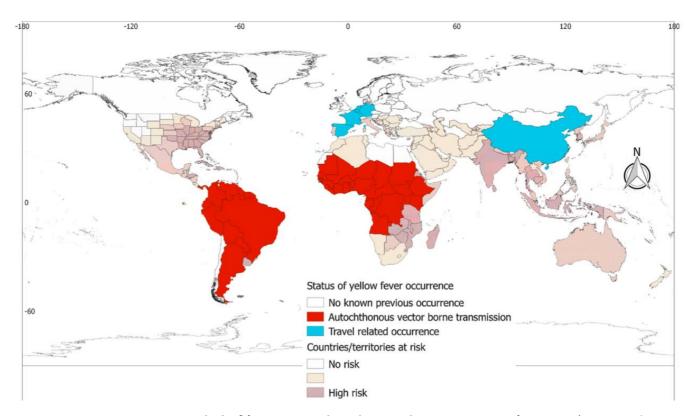
Après le DENV, le WNV est le Flavivirus le plus répandu dans le monde et la première cause d'encéphalite virale (4,53). Il circule le plus souvent de manière asymptomatique mais est occasionnellement responsable de zooépidémies. Sa large aire de distribution repose sur sa dispersion par des oiseaux migrateurs et sur le nombre important d'espèces d'hôtes et de vecteurs qu'il est capable d'infecter, les mammifères et les reptiles étant toutefois des culs-de-sac épidémiologiques (4,16). Le chien en particulier présente un fort taux de séroconversion sans manifester de symptômes et pourrait de ce fait servir d'animal sentinelle pour l'homme (54,55).

Malgré la présence de vecteurs compétents, aucun cas d'infection par le WNV n'a pas encore été signalé en Asie du Sud-Est sans qu'on en connaisse les raisons (18). Le risque d'introduction est toutefois considéré comme élevé, certaines espèces du genre *Aedes* étant susceptibles de participer à la transmission du virus en milieu urbain (32). De plus, dans les zones où l'encéphalite Japonaise est endémique, il semblerait qu'une certaine proportion des cas d'encéphalite puissent lui être attribuée (3). Son introduction en Asie pourrait donc dans un premier temps passer inaperçue.

### • La fièvre jaune :

Le virus est présent dans 34 pays d'Afrique et 13 d'Amérique du Sud où il cause périodiquement des épidémies explosives en milieu urbain par l'intermédiaire d'A. aegypti (6). On a longtemps craint une introduction en Asie du Sud-Est du fait de la présence de son vecteur mais elle n'a cependant encore jamais été rapportée. Des cas importés ont toutefois été déclarés en Chine en 2016, relançant les inquiétudes quant au risque d'introduction (figure 12) (2). Les hypothèses émises pour expliquer son absence incluent une possible compétition avec les virus JEV et DENV ou une moindre compétence des vecteurs locaux (1,5,10,38). Avec l'expansion d'A. aegypti, il pourrait devenir le prochain arbovirus à représenter une menace à l'échelle mondiale (2,5,6). Le risque est particulièrement élevé en Asie du Sud-Est où les systèmes de détection sont peu performants et la population majoritairement non immune. La similarité de ses symptômes avec ceux des autres arbovirus

transmis par *Aedes* est susceptible de masquer une éventuelle introduction, menaçant près de 2 milliards d'individus pour lesquels les réserves de vaccins sont actuellement insuffisantes (1,2).



<u>Figure 12</u>: Occurrence de la fièvre jaune dans le monde et territoires à risque (Leta et al., 2018)

On ne peut nier l'influence majeure des activités humaines sur les récentes émergences et ré-émergence d'arboviroses en Asie du Sud-Est. La croissance démographique, l'urbanisation anarchique, l'intensification du commerce et des déplacements internationaux couplés à la forte adaptabilité des virus ont permis à ces derniers de sortir de leur niche écologique pour s'établir dans de nouveaux milieux où la présence de vecteurs et d'hôtes susceptibles offrent un terrain favorable au déclenchement des épidémies. Il est très probable que les arboviroses continuent de s'étendre sous l'effet de ces facteurs. Par conséquent, une meilleure compréhension de ces déterminants est essentielle à la mise en place de stratégies de contrôle adaptées.

#### II. Contrôle des arboviroses en Asie du Sud-Est

#### A. Méthodes de lutte anti-vectorielle

En l'absence de vaccins pour la majorité des arboviroses, la prévention repose en grande partie sur la lutte anti-vectorielle qui inclut traditionnellement l'usage d'insecticides. La pulvérisation spatiale et intérieure (Indoor Residual Spraying ou IRS) et le recours aux moustiquaires traitées à la perméthrine (Long-Lasting Insecticide-treated Nets ou LLINs) ont ainsi largement contribué à réduire la transmission de la malaria par *Anopheles* dans de nombreux pays. Cependant, cette stratégie n'est pas forcément applicable aux maladies transmises par *Aedes* et son efficacité sur le long terme est remise en question par l'apparition de résistances aux insecticides (5,56). Il apparaît aujourd'hui nécessaire de s'orienter vers de nouvelles méthodes de lutte durables.

### 1) Lutte chimique:

Le recours aux insecticides constitue le fer de lance de la majorité des interventions de lutte contre les vecteurs et la principale réponse en cas d'épidémie (57). En raison de sa toxicité, l'usage historique du DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) a été abandonné au profit des pyréthrinoïdes photostables (ex : perméthrine, deltaméthrine) qui représentent 40% des insecticides utilisés pour l'IRS et servent au traitement des moustiquaires fournies par l'OMS pour lutter contre la malaria. L'efficacité de l'IRS est cependant limitée dans le cas d'Aedes qui contrairement à Anopheles ne reste pas au repos sur les murs intérieurs des habitations. De même, s'agissant d'une espèce diurne l'utilisation des LLINs est moins appropriée (5).

Par ailleurs, l'utilisation massive des insecticides a conduit à l'émergence de vecteurs résistants : *A. aegypti* est maintenant considérée comme la huitième espèce présentant le plus de cas de résistance au monde (58). Des résistances à la perméthrine (59,60), au malathion (organophosphoré adulticide) et à au téméphos (organophosphoré larvicide) (58,61) ont notamment été décrites. Elles restent toutefois insuffisamment monitorées en Asie du Sud-Est (62).

#### 2) Lutte biologique:

Différents organismes biologiques sont actuellement expérimentés comme alternative aux méthodes chimiques pour lutter contre les vecteurs ou réduire la transmission des virus (figure 13) (57). Ils incluent :

- Des poissons des genres *Gambusia* et *Poecilia* de la famille des *Poéciliidés* (ex : guppy) qui se nourrissent des larves de moustiques : Bien qu'ils puissent contribuer à une réduction des indices entomologiques (ex : 79% de réduction de l'infestation par *Aedes* observée dans 14 villages au Cambodge suite à leur utilisation de 2006 à 2007) (29,63,64), leur impact sur

l'incidence des arboviroses n'a pas été clairement démontré. De plus, ils ne peuvent pas être introduits dans les petites collections d'eau où se reproduit Aedes et sont susceptibles d'avoir des conséquences écologiques néfastes (introduction d'espèces non natives) (64,65).

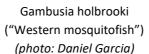
- Des crustacés du genre Mesocyclops prédateurs des larves de moustiques : Leur usage dans les réservoirs d'eau s'est révélé très efficace au Vietnam où des chercheurs sont parvenus à éradiquer A. aegypti de certaines communes (66,67). Leur utilité est plus limitée dans les zones où l'approvisionnement en eau est adéquat comme à Singapour (15).
- Des moustiques du genre *Toxorhynchites* : Il s'agit d'espèces non hématophages dont les larves se nourrissent des larves d'autres espèces de moustiques. T. splendens partage le même type d'habitat qu'Aedes et a démontré un bon potentiel d'agent de contrôle (58).





(photo: UNH Center for Freshwater Biology)







Toxorhynchites sp. (photo: Cynthia Abbott)

Figure 13 : Exemples d'organismes utilisés dans la lutte biologique contre Aedes sp.

- La bactérie Wolbachia pipientis : La communauté scientifique s'est récemment intéressée à cette bactérie rickettsie intracellulaire obligatoire pour son potentiel de contrôle de la transmission des arbovirus par Aedes sp. Elle est présente chez un grand nombre d'arthropodes et de nématodes chez qui elle se comporte respectivement en parasite et en mutualiste. On ne la retrouve pas naturellement chez A. aegypti mais il peut être infecté expérimentalement (56).

La bactérie favorise sa propre transmission verticale en augmentant le potentiel reproducteur de son hôte par divers mécanismes : parthénogenèse, féminisation, modification du sex-ratio, ou encore incompatibilité cytoplasmique. L'incompatibilité cytoplasmique permet aux femelles infectées par la bactérie de bénéficier d'un avantage reproducteur par rapport aux femelles non infectées, ces dernières ne produisant que des œufs stériles lors de l'accouplement avec des mâles infectés (57). Ce phénomène pourrait être mis à profit pour répandre des caractères phénotypiques spécifiques dans une population de vecteurs en y introduisant des individus infectés expérimentalement par la bactérie, tels que la capacité à bloquer la transmission d'un virus. La bactérie peut en effet induire des phénotypes variés chez les individus qu'elle infecte, notamment la résistance aux virus à ARN ou une longévité diminuée.

Chez *A. aegypti, Wolbachia* pourrait ainsi limiter la transmission des virus DENV, YFV, ZIKV et CHIKV en interférant avec leur réplication et en réduisant la durée de vie du vecteur (5,38,41,68). Des essais en conditions réelles sont cours dans plusieurs pays.

#### 3) Gestion environnementale:

La gestion environnementale ciblant les gîtes de reproduction autour des habitations est considérée comme la méthode de lutte la plus efficace contre *Aedes sp.* (56,69,70). Elle consiste à rechercher et éliminer les collections d'eau pouvant abriter des larves tels que les pots de plantes, bassins à poissons et déchets variés (ex : pneus, pots cassés, etc.) (**figure 14**). Elle nécessite toutefois une forte mobilisation au niveau communautaire, la plupart de ces gîtes étant situés sur des terrains privés.









<u>Figure 14 : Exemples de gîtes de reproduction à proximité des habitations (photos : réalisées par l'auteur)</u>

D'autres mesures de protection physique incluent la pose de grillages aux fenêtres, l'usage de pièges électriques ou encore le port de vêtements couvrants.

On constate que dans la lutte contre les arboviroses, les méthodes ayant fait leurs preuves contre d'autres maladies transmises par les moustiques comme la malaria ne peuvent malheureusement pas être appliquées à l'identique. Le contrôle de l'espèce *Aedes* s'est révélé difficile à réaliser et pâti d'un manque de recherche spécifique sur la question (5).

#### B. Politiques de santé publique actuelles : Résultats et limites

#### 1) Surveillance épidémiologique :

Seuls 58% des pays d'Asie rapportent publiquement les cas de dengue et tous ne classifient pas les cas de DF et DHF de la même façon, ce qui contribue à la sous-estimation et limite la comparaison entre pays (44). Certains ne signalent par exemple que les cas de DHF (15).

À quelques exceptions près, la surveillance de la dengue est uniquement passive et sa déclaration n'est pas obligatoire dans tous les pays. Or, un système de surveillance passive est mal adapté à cette maladie qui se manifeste fréquemment par des symptômes peu

spécifiques, particulièrement en période inter-épidémique où les cas de DHF et DSS sont rares. Elle est donc susceptible de n'être pas ou mal diagnostiquée (confusion avec d'autres maladies à manifestation fébrile : chikungunya, influenza, leptospirose, malaria, etc.). Un tel système est donc à la fois peu sensible et peu spécifique. À ce jour, seuls Singapour et la Malaisie disposent des infrastructures adaptées et confirment chaque cas par diagnostic de laboratoire (13,15).

En 2016, 22 des 24 pays d'Asie où l'encéphalite Japonaise est endémique déclaraient avoir établi un système de surveillance à l'échelle nationale ou subnationale (limité aux zones à risques) mais beaucoup nécessitent toutefois d'être renforcés et étendus (13,71,72). Bien que la déclaration des cas soit généralement requise, dans les faits la plupart des pays ne possèdent pas les infrastructures nécessaires au diagnostic ou ne communiquent pas systématiquement les cas à l'OMS: parmi ceux d'Asie du Sud-Est, en 2008 seuls Singapour et la Thaïlande confirmaient la plupart des cas par diagnostic de laboratoire (24).

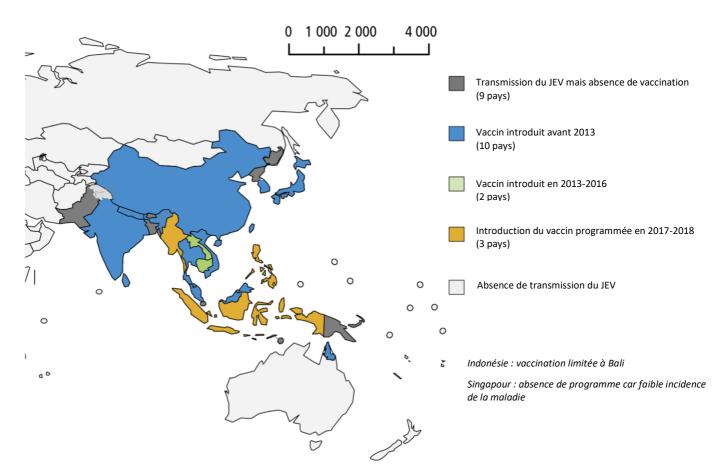
### 2) Lutte anti-vectorielle:

La lutte anti-vectorielle procure la possibilité d'exercer un contrôle sur plusieurs virus transmis par un même vecteur (ex: DENV, CHIKV, YKV et ZIKV transmis par Aedes sp.) (5,29,38). En Asie, elle repose essentiellement sur l'usage d'insecticides adulticides et larvicides et l'élimination des gîtes larvaires. Dans plusieurs situations, ces méthodes ont été associées à une diminution des populations d'Aedes et de l'incidence de la dengue mais elles n'ont pas démontré de réelle efficacité dans le cas de l'encéphalite Japonaise (5,19,24,72). Par exemple, à Singapour où la dengue est apparue dans les années 1960, les autorités ont instauré de 1968 à 1973 un système de lutte anti-vectorielle basé sur une série d'études entomologiques et épidémiologiques. Il s'en est suivi 15 ans de faible incidence de la dengue (15). Toutefois, parce que les facteurs influençant l'épidémiologie des arboviroses sont multiples et complexes, ces mesures sont en général insuffisantes pour maintenir un contrôle sur le long terme. Ainsi, après 15 ans de lutte anti-vectorielle ayant montré de bons résultats, Singapour a vu resurgir des épidémies de dengue vraisemblablement introduites depuis les pays voisins (5). L'échec de ces interventions tient aussi fréquemment au manque de ressources et d'engagement politique. Leur inscription dans un cadre législatif solide est essentielle à leur mise en application rigoureuse, à l'exemple de Singapour qui pénalise les manquements au contrôle d'Aedes (ex : amendes en cas de présence de gîte larvaire sur les terrains privés) (18,62,73). La résistance aux insecticides, leur coût et leur toxicité environnementale, l'expansion des centres urbains associée à un niveau sanitaire insuffisant et les mouvements internationaux constituent d'autres facteurs limitants (5,15,29,74) qui contribuent à rendre cette méthode difficilement maintenable sur le long terme.

Plusieurs pays s'orientent donc vers de nouvelles méthodes de lutte. Au Vietnam, l'usage de *Mesocyclops* dans les réservoirs d'eau a montré des résultats prometteurs en permettant l'éradication d'*Aedes sp.* dans plusieurs communes (66,67). L'introduction de spécimens infectés par *Wolbachia pipientis* est également expérimentée sur différents sites (41,56).

### 3) Programmes d'immunisation :

En Asie, deux vaccins sont utilisés chez l'homme : un vaccin vivant atténué et un vaccin inactivé préparé sur cerveau de souris, ce dernier étant progressivement abandonné en raison de son protocole complexe, de réactions secondaires et de son coût élevé le rendant inabordable aux pays les plus pauvres (24,71). Comme l'homme constitue un cul-de-sac épidémiologique, la vaccination ne réduira pas la circulation du virus et une couverture vaccinale importante est donc nécessaire. Dans les douze pays d'Asie où elle a été incluse dans les programmes d'immunisation (figure 15), elle a permis de réduire l'incidence de la maladie avec une meilleure rentabilité par rapport à la lutte anti-vectorielle. Parmi les pays restants, les autorités sanitaires ne considèrent pas toujours l'encéphalite Japonaise comme une menace suffisante (24,71,72).



<u>Figure 15:</u> Introduction du vaccin dans les pays à risque d'encéphalite Japonaise en 2016 (OMS, 2017)

La vaccination des porcs (hôtes amplificateurs) contre le virus JEV est possible mais n'est pas réalisée en pratique car trop coûteuse (19,75).

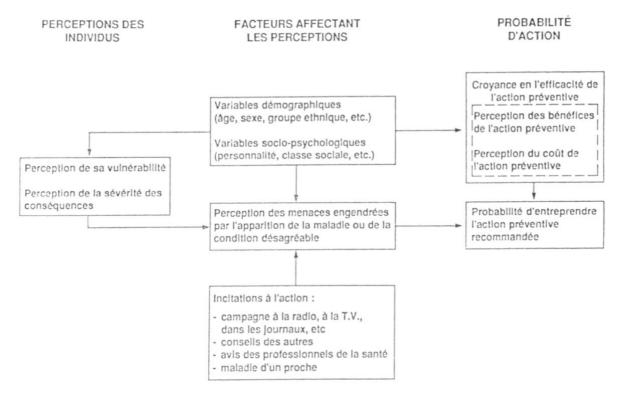
### C. Stratégies de contrôle durables : le potentiel des interventions éducatives

1) L'éducation pour la santé : application des modèles comportementaux :

L'adoption des bonnes pratiques de prévention par les populations à risque est un élément critique des stratégies de lutte contre les arboviroses : quels que soient l'étendue des connaissances scientifiques sur la maladie et leur intégration dans les programmes de santé, la réussite de ces derniers repose *in fine* sur les comportements des individus concernés (76). La modification des comportements en matière de santé reste un défi majeur auquel la réponse se limite souvent à des campagnes d'information sur le risque et la prévention.

Or, s'il est admis que des connaissances minimales sont nécessaires à l'acquisition de tout geste de prévention (ex : détecter un cas nécessite de connaître les symptômes) (11,77–79), on constate qu'une approche strictement éducative basée sur une diffusion de l'information n'y suffit pas. Ainsi, de nombreuses études ont constaté l'absence de lien significatif entre le niveau de connaissances d'une population et ses pratiques de protection (78,80,81).

Le comportement lié à la santé est en effet un comportement social à part entière, et de ce fait déterminé par un ensemble complexe de facteurs psycho-sociaux qu'il est nécessaire de prendre en compte lorsque l'on souhaite l'influencer. On distingue deux déterminants principaux à la prise d'une action préventive (**figure 16**) : la perception d'une menace (= la croyance en sa vulnérabilité et à la sévérité des conséquences) et la croyance en l'efficacité de l'action à entreprendre (= bénéfices perçus) en regard de son coût (= barrières perçues). À cela se superposent des normes sociales et morales (ex : sentiment d'obligation morale ou croyance en des rôles sociaux spécifiques) (76,81–84).



<u>Figure 16 :</u> Facteurs influençant les comportements liés à la santé (Godin, 1991 d'après Becker et al., 1977)

La compréhension des facteurs psychologiques, sociaux et culturels qui motivent l'adoption d'un comportement constitue donc un pré-requis indispensable à la conception d'une intervention d'éducation efficace et adaptée au contexte local (80,84). Dans le cas des maladies arbovirales, il s'agit de comprendre la façon dont les individus perçoivent et réagissent au risque d'infection et d'identifier les croyances et barrières socio-culturelles qui déterminent leurs pratiques de prévention (76,77,82,85).

Les programmes d'éducation peuvent alors être utilisés pour cibler les facteurs qui prédisposent à l'action (ex : bonne connaissance de la maladie), ceux qui la facilitent ou la gênent (ex : mise à disposition de matériel de prévention) et ceux qui la renforcent (ex : rappels réguliers via les réseaux sociaux) (figure 17).

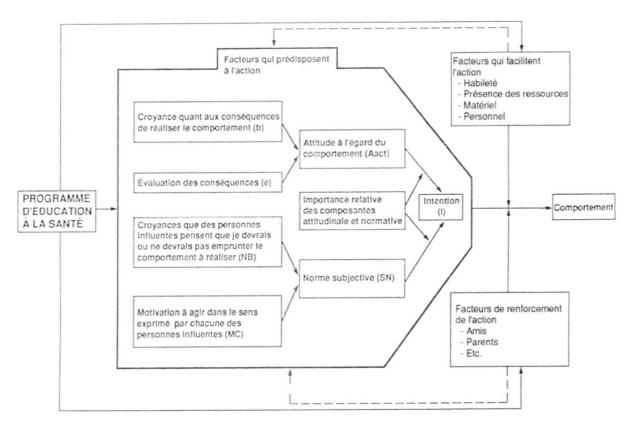


Figure 17: Influence des programmes d'éducation sur les comportements (Godin, 1991)

En 1984, une méta-analyse d'études relatives à l'application du modèle comportemental au domaine de la santé a conclu que la perception des barrières (ex : mesures peu pratiques à réaliser, pas d'agent de contrôle facilement accessible...) était le facteur prédictif le plus important, suivi de la perception des bénéfices et de sa propre susceptibilité. En comparaison, la perception de la sévérité avait moins de poids dans la prise d'action (81,83).

Par exemple, l'éducation et la communication ont eu une part importante dans le succès de *Mesocyclops* au Vietnam, en participant à faire accepter l'intervention aux participants qui nourrissaient des inquiétudes quant au risque sur l'eau (= barrière perçue) (66). Au Cambodge,

*Mesocyclops* n'a pas montré d'aussi bons résultats, probablement en raison de conditions environnementales différentes mais aussi d'une plus grande réluctance des habitants à appliquer cette méthode par rapport à d'autres, comme l'usage du téméphos (64).

D'autres études ont également souligné l'importance de la perception de l'efficacité des mesures de prévention : lors de l'épidémie de chikungunya en 2015 à La Réunion, l'usage de répulsifs a ainsi été significativement associé avec la croyance en leur efficacité et le sentiment d'avoir un contrôle sur le risque (76). De même, une campagne de sensibilisation contre la malaria conduite en Tanzanie entre 2005 à 2007 a eu pour résultats une amélioration de la perception de l'efficacité des mesures de nettoyage associée à une réduction de l'incidence de la maladie (86).

2) De l'éducation à l'action : l'approche communautaire participative :

### • Responsabiliser et mobiliser les communautés :

Pour aboutir à une traduction pratique des connaissances, les interventions éducatives ne doivent pas se limiter à une diffusion passive de l'information. Les meilleurs résultats ont été obtenus en adoptant une approche communautaire participative par laquelle les participants sont encouragés à prendre la responsabilité de leur propre santé et développer eux-mêmes les moyens pour y parvenir, leur permettant ainsi de s'approprier les programmes de contrôle (64,69,87). Plusieurs études ont démontré l'efficacité de cette méthode notamment pour améliorer l'élimination des gîtes larvaires qui sont souvent situés sur des propriétés privées (29,77,85,88–93), comme l'illustrent les exemples suivants :

- Au Sri Lanka, un programme éducatif a été conduit dans deux villages entre 2003 et 2004. Il consistait en 20 sessions hebdomadaires de 4 heures au cours desquelles il était demandé aux participants d'identifier les gîtes de pontes, d'élever des moustiques pour en observer le cycle biologique ou de prendre part à des jeux de rôle sur la transmission des maladies. L'évaluation post-intervention a révélé une augmentation des connaissances et de la variété des actions entreprises pour lutter contre les moustiques (ex : utilisation de moustiquaires, élimination des gîtes, nettoyage des déchets) (78).
- ➤ Au Nicaragua entre 2011 et 2012, des communautés de Managua ont été invitées à concevoir elles-mêmes des interventions éducatives par l'intermédiaire de petits groupes composés d'habitants et de personnalités clés (ex : enseignants, chefs de communautés) (61). Elles ont ainsi opté pour diverses activités d'élimination des gîtes de ponte, des évènements de sensibilisation tels que spectacles de marionnettes et compétitions sportives, des campagnes de nettoyage ou encore l'introduction de poissons larvivores. En parallèle, des volontaires ont été formés pour effectuer des visites porte-à-porte et dans les écoles afin d'informer sur les méthodes de lutte contre les moustiques. L'enquête post-intervention a fait ressortir un plus fort sentiment de contrôle sur la dengue et une moindre confiance accordée aux méthodes chimiques chez les

participants. L'usage de larvicides a par ailleurs été associé à un risque accru, sans doute parce qu'il conduisait à négliger les autres mesures (80,91).

Cette étude est l'une des rares ayant mis en évidence une diminution du pourcentage d'enfants séropositifs et une baisse du nombre de cas de dengue rapportés, la plupart n'évaluant que l'impact sur les indices entomologiques (74,94).

### • Construire un leadership:

L'exemple de ces interventions souligne également l'importance d'établir un leadership pour faciliter la communication et superviser l'application des programmes (91). Les responsables locaux (ex : chefs de communautés, travailleurs de santé) représentent généralement une source d'information de confiance pour la communauté, et peuvent alors être des intermédiaires utiles pour dépasser les barrières de communication entre le personnel d'un projet et les participants. Il est donc essentiel de comprendre le rôle de chacun dans la diffusion de l'information pour identifier ceux qui ont de l'influence et leur fournir un entraînement adéquat (84). De nombreux programmes ont ainsi eu recours à un nombre réduit de volontaires locaux chargés d'éduquer les communautés et contrôler le bon déroulement du projet :

- Lors d'une intervention visant à améliorer la gestion des déchets pour réduire les gîtes de ponte conduite de 2009 à 2010 au Sri Lanka, un expert en gestion des déchets a été mandaté pour informer les chefs de famille sous la supervision d'un responsable politique ou religieux. En parallèle, des volontaires formés à la faculté de médecine s'occupaient d'organiser des campagnes de nettoyage et de faire la liaison entre la communauté et le personnel du projet. Des enseignants ont été chargé de la sensibilisation dans les écoles. Les résultats étaient commentés au cours de groupes de discussion tout au long du projet. Une réduction significative de l'infestation par *Aedes sp.* a ainsi été atteinte dans la zone d'intervention (70).
- En Thaïlande en 2010, une équipe a fait appel au personnel de santé local de deux villages et à des volontaires pour éduquer les chefs de famille et assurer le suivi d'un programme de contrôle des vecteurs par des visites hebdomadaires. Les participants étaient encouragés à rechercher eux-mêmes des solutions au problème des vecteurs. Une diminution des index entomologiques a été constatée par la suite (94).

La durabilité de ce modèle est toutefois remise en question, notamment en contexte d'endémie où la menace finit par être perçue comme normale, ce qui conduit à un relâchement des efforts de lutte (76,90). Une méta-analyse a ainsi montré que si les interventions éducatives communautaires réussissaient souvent à faire baisser les indices entomologiques, leurs effets s'estompaient généralement après 18 à 24 mois (92). Une solution serait de concentrer les interventions aux périodes à risque (ex : saison des pluies) mais cela suppose d'être capable de détecter celles-ci à temps et mettre en place des campagnes de communication rapides (76,88).

### 3) Durabilité des interventions : le rôle des pouvoirs publiques :

Si la participation des communautés est un élément clé des stratégies de lutte, il ne s'agit pas de nier la responsabilité des pouvoirs publiques : les efforts des populations doivent être coordonnés et facilités par les autorités sans quoi ils ne sont pas durables (61,70,77,91,95). Pour ce faire, la population doit pouvoir se référer à des directives claires éventuellement inscrites dans un cadre législatif, à l'exemple de Singapour ou des îles Fiji où des inspecteurs de santé sont autorisés à visiter les habitations pour rechercher la présence de gîtes de ponte (73,96).

Il est du devoir des gouvernements et des services publiques d'encadrer les programmes de lutte et de fournir les moyens pour soutenir leur application sur la durée, en s'engageant par exemple à apporter un approvisionnement en eau adéquat (61,86). Il apparaît à ce titre que le contrôle des maladies arbovirales ne relève pas de la seule responsabilité du secteur de la santé mais exige la collaboration de champs d'expertise variés : urbanisme, communication, sociologie, entomologie, etc. (85,88,97).

En résumé, le succès d'un programme de lutte intégrée repose sur quatre éléments : la participation des communautés, la volonté politique, le financement et la collaboration intersectorielle (86).

### 4) Un outil pour communiquer en matière de santé : la méthode COMBI

Afin de guider les gouvernements et les institutions dans la conception des programmes de communication sur la santé, l'OMS a développé la méthode COMBI (Communication for Behavioural Impact) qui s'appuie sur les modèles comportementaux et des théories empruntées à la communication et au marketing (64,80,84). Elle vise à fournir des outils pour obtenir efficacement un changement comportemental en s'assurant que les méthodes employées soient socialement et culturellement acceptables. Cette méthode de communication doit permettre de répondre aux différents objectifs de la lutte intégrée :

- Améliorer les connaissances par l'éducation ;
- Renforcer les actions communautaires par la mobilisation sociale ;
- Créer des environnements favorables et promouvoir la **collaboration intersectorielle** par la médiation et la négociation ;
- Orienter les politiques de santé publiques, législations et systèmes de contrôle.

### D. Perspectives futures

De manière générale, le contrôle des arboviroses en Asie du Sud-Est reste insuffisant en raison de ressources financières et logistiques limitées mais aussi d'un manque de volonté politique forte pour mettre en place les mesures nécessaires (3). Plusieurs points doivent faire l'objet d'améliorations pour atteindre les objectifs fixés par l'OMS (24,62) :

- Amélioration des méthodes de détection et de la gestion des cas cliniques dans les aires où plusieurs Flavivirus co-circulent avec des expressions cliniques similaires (DENV, CHIKV et ZIKV) et réagissent de façon croisée aux tests sérologiques courants (5,15).
- Homogénéisation des définitions et créations d'indicateurs standardisés (15).
- Mise en place d'une surveillance active des cas reposant sur un diagnostic de laboratoire associée à une surveillance virologique afin de détecter précocement l'apparition de nouveaux variants susceptibles de déclencher des épidémies. Le problème du manque de ressources peut être contourné en concentrant la surveillance sur les zones à risque (15).
- Renforcement de la lutte anti-vectorielle raisonnée combinant plusieurs méthodes en association avec la vaccination lorsqu'elle est disponible. Un contrôle efficace des vecteurs permettrait ainsi de réduire la couverture vaccinale nécessaire (74,98).
- Investissement dans la recherche vaccinale : Devant le manque de ressources et l'échec fréquent des efforts pour mobiliser les communautés, il est urgent de développer des antiviraux et des vaccins pour complémenter la lutte anti-vectorielle. À l'heure actuelle la recherche se concentre principalement sur les virus DENV, JEV et ZIKV (5,62,98).
- Renforcement de la recherche opérationnelle : Il s'agit notamment de définir des indicateurs permettant de mettre en place des systèmes d'alerte précoce (ex : températures, précipitations, densité de vecteurs) (15,35).
- Communication et mobilisation au moyen de la méthode COMBI pour mettre en place une stratégie de lutte intégrée reposant sur une collaboration intersectorielle entre autorités sanitaires, personnel médical, laboratoires, communauté scientifique, ONG, secteur privé et communautés. La coordination avec les secteurs responsables de l'urbanisme, de l'approvisionnement en eau et de la gestion des déchets est particulièrement importante (85,89,91,94,97).

Il s'agit en définitive de consolider le système de santé dans son ensemble, en portant une attention particulière aux structures locales dont les ressources sont souvent insuffisantes. Un contrôle efficace et durable des arboviroses exige de multiplier les angles d'approche en combinant lutte anti-vectorielle, mobilisation des communautés et vaccination (tableau II) (62,74,84,98).

<u>Tableau II</u>: Synthèse des méthodes de lutte anti-vectorielle employées dans les pays d'Asie du Sud-Est et Pacifique (OMS, 2008)

Pays/Région	Pulvérisation spatiale (réponse d'urgence)	Larvicides (chimiques biologiques	/ Lutte	Gestion de l'environnement (réduction des gîtes)	Éducation et mobilisation des communautés	Législation	Collaboration intersectorielle
Australia (North Queensland	++	++		++	++	+	+
Australia (Northern Territory	++	++		++	++		
Cambodia	+	++	+ (guppy dans le de la recherch opérationnell	ne +	+ (dans les écoles)		+
China	+		-	+	+	-	+
Hong Kong (China) & Macau (China)	+	-	-	+	+	+	+
Lao People's Democratic Republic	+	+	+ (guppy dans le d de la recherch opérationnelle	e +	++		+
Fiji	+	+	-	+	+	-	-
Malaysia	+	+	-	+	+	++	+
Philippines	+	+	+ (guppy dans le d de la recherch opérationnelle	e +	+		+
Solomon Islands	+		-	-	+	-	-
Singapore	+	+	-	+	+	++	++
Vanuatu	+	+		+	+	-	+
Viet Nam	+	+	+ (Mesocyclops	+	++	+	+

<sup>++</sup> Effectué de façon régulière et inscrit dans les programmes de lutte

<sup>+</sup> Effectué de façon irrégulière / au stade expérimental

<sup>-</sup> Absent

# III. Exemple d'une intervention de contrôle des vecteurs à Hanoï, Vietnam

### A. Contexte et présentation du projet « Metropolitan Mosquitoes »

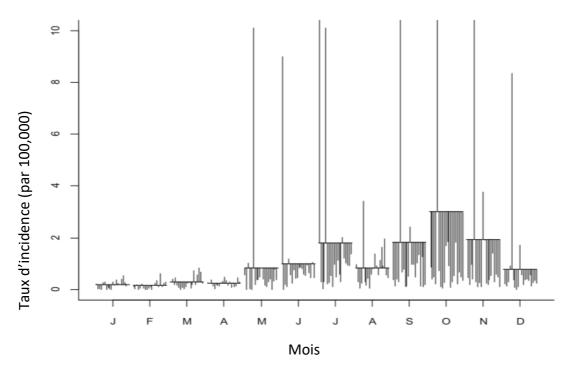
## 1) Situation épidémiologique à Hanoï :

Avec sa population de 7.8 millions d'habitants, Hanoï est la seconde ville la plus importante du Vietnam derrière Ho Chi Minh Ville et présente un des taux d'urbanisation les plus élevés d'Asie (35,45,46,99). Située au nord du pays, elle possède un climat subtropical avec quatre saisons distinctes : un été chaud et humide de mai à septembre et un hiver froid et sec de novembre à mars entrecoupés de deux saisons de transition. Elle est divisée en 12 districts urbains et 17 districts ruraux. Les changements climatiques et l'augmentation massive de sa population accompagnée d'une urbanisation insuffisamment planifiée et d'une lutte anti-vectorielle défaillante ont contribué à y accroître les densités de vecteurs. On assiste en conséquence à une augmentation des épidémies d'arboviroses.

## • La dengue :

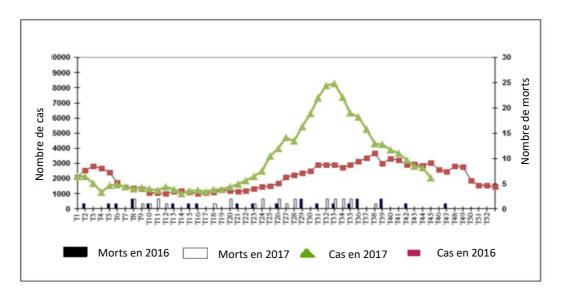
Le Vietnam est l'un des pays d'Asie les plus fortement impactés par la dengue. S'il est parvenu à en ramener la mortalité sous 1/1000, la morbidité en revanche montre une tendance à la hausse (14,35,46,52). Les quatre sérotypes co-circulent de façon hyperendémique dans de nombreuses régions, DENV1 et DENV2 étant les plus prévalents (97,100).

Si le sud reste le territoire le plus touché (85% des cas) (97,100), au nord Hanoï est l'épicentre d'un nombre croissant d'épidémies. La dengue y est considérée comme une maladie émergente, régulièrement introduite depuis le sud et les pays voisins comme le Cambodge. 85% des cas concernent de jeunes adultes pour la plupart résidant dans les districts urbains (18,52,101). Les épidémies y suivent un cycle annuel, la majorité des cas se déclarant pendant la saison des pluies de juillet à décembre avec un pic en octobre (figure 18) (14,35,46,52). L'augmentation de la température et des précipitations durant cette période favoriserait en effet le développement et la survie des vecteurs et raccourcirait la durée d'incubation du virus (36).



<u>Figure 18 : Taux d'incidence mensuels de la dengue de 1994 à 2013 dans la province de Hanoï</u> (Lee et al., 2017)

En parallèle, on observe des épidémies majeures survenant cycliquement tous les 4 à 10 ans (35,46). La plus importante a eu lieu en 2017, causant 166 994 cas et 30 morts sur l'ensemble du pays dont 36 354 cas et 7 morts à Hanoï (**figure 19**) (102).



<u>Figure 19 :</u> Nombre de cas de dengue par semaine en 2017 comparé à 2016 au Vietnam (Département général de Médecine Préventive, Ministère de la santé, Vietnam, 2017)

Bien qu'A. aegypti ait été mis en cause dans 94% des épidémies au Vietnam, dans les régions tempérées du nord il a été montré que c'est l'espèce A. albopictus qui domine (figure 20) (36,39,45).

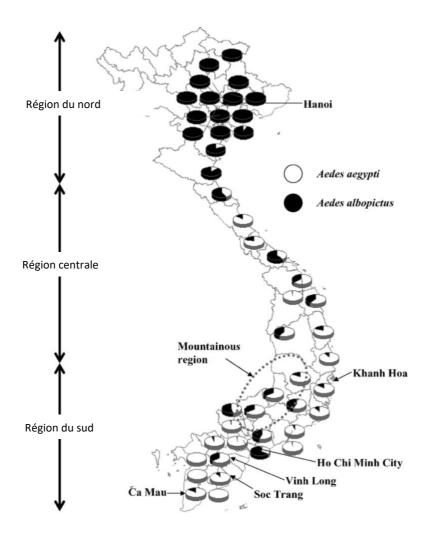


Figure 20: Distribution d'A. aegypti et A. Albopictus au Vietnam (Higa et al., 2010)

### • L'encéphalite Japonaise :

L'encéphalite Japonaise est présente sur l'ensemble du pays et en particulier au sud dans la région du delta du Mékong (42). En 2015, son incidence était de 1 cas pour 100 000 habitants et la mortalité de 3% (103).

Dans les zones subtropicales du nord du pays, les épidémies surviennent généralement de mai à octobre (mois chauds et humides) selon un cycle saisonnier (20,50). À Hanoï, neuf cas ont été rapportés en 2016. Leur incidence a toutefois fortement diminué depuis 1997 suite à la mise en place de campagnes de vaccination d'abord dans les zones à risque puis étendues au niveau national en 2015 (18,75,100).

La proximité aux zones de rizières et d'élevages porcins constitue le principal facteur de risque d'infection par le JEV. La maladie sévit ainsi majoritairement dans les zones rurales. Il est

cependant fort probable que son épidémiologie évolue sous l'influence des changements climatiques et démographiques : avec l'intensification de la riziculture et le développement de l'élevage en milieu urbain visant à répondre aux besoins d'une population grandissante, on s'attend à un risque accru de transmission zoonotique dans les villes (18,42). Une étude menée en 2009 dans la ville de Can Tho a ainsi démontré que la présence d'élevage porcins s'accompagnait d'une plus forte densité de vecteurs du JEV et révélé une exposition au JEV chez 99% des porcs testés (104) tandis qu'à Hanoï, une étude conduite dans un abattoir en 2009-2010 indiquait un pourcentage 60.4% de porcs séropositifs (50).

#### • Le virus Zika:

Les premiers cas d'infection par le virus Zika au Vietnam ont été identifiés en 2016. Les seuls cas rapportés depuis concernaient des voyageurs suspectés d'avoir acquis l'infection localement. Toutefois, des études sérologiques rétrospectives ont montré que le virus circulait sur le territoire depuis déjà plusieurs années (4,26). En 2016, une étude a révélé une prévalence du virus de 0.24% chez *A. aegypti* (18). De plus, des pays voisins comme le Cambodge et la Thaïlande ont également signalé des cas autochtones d'infection au virus Zika.

### • Le chikungunya:

Le CHIKV a été détecté pour la première fois au Vietnam en 1967 mais aucun cas clinique n'a été décrit depuis. S'il y a bien des preuves d'une circulation antérieure du virus au Vietnam, rien ne permet d'affirmer que ce soit encore le cas aujourd'hui. Le virus est toutefois présent dans d'autres pays d'Asie du Sud-Est tels que l'Inde ou la Thaïlande, et pourrait donc représenter une menace. Le risque est d'autant plus élevé que ses symptômes sont similaires à ceux de la dengue qui sévit largement au Vietnam et qu'il est donc susceptible de n'être détecté que tardivement (52,105).

### • Le virus West Nile et la fièvre jaune :

Aucun cas autochtone d'infection par les virus de West Nile ou de la fièvre jaune n'a à ce jour été signalé au Vietnam. Cependant, le risque d'introduction est regardé comme élevé compte tenu de la large présence de leurs vecteurs dans le pays (18).

2) Politique de santé publique et stratégies de lutte contre les arboviroses :

#### • Surveillance épidémiologique :

Au Vietnam, le système de déclaration des maladies est organisé de façon verticale sur quatre niveaux : communal, district, provincial et central (figure 21) (106).

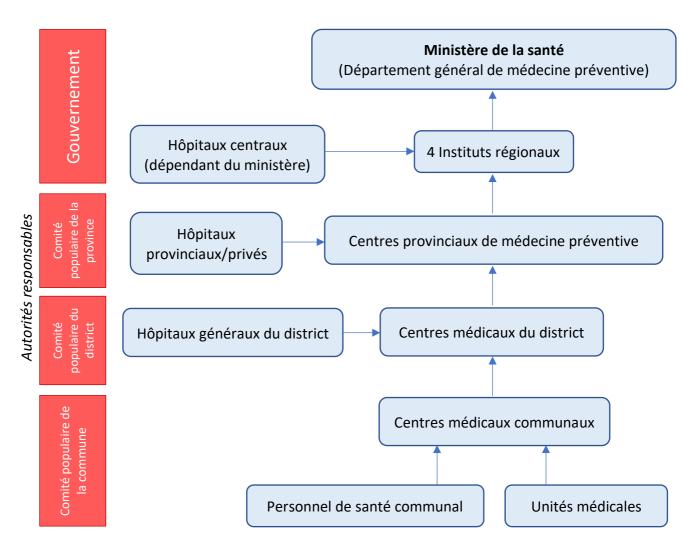


Figure 21 : Organisation du système de déclaration des maladies au Vietnam

- → La surveillance de la dengue est conduite de trois manières (45) :
- Surveillance passive : Les cas de dengue doivent faire l'objet d'une déclaration obligatoire dans les 24h suivant le diagnostic par les laboratoires et les cliniques. Les centres médicaux communaux et les hôpitaux des districts doivent signaler les cas de façon hebdomadaire au centre de santé du district, qui transmet un rapport au département de médecine préventive de la province puis à l'institut de médecine préventive de la région administrative (15,35).
- Réseau sentinelle de surveillance : 46 sites sentinelles répartis sur l'ensemble territoire sont chargés de fournir des données épidémiologiques précises (ex : âge, facteurs de risque) de manière à suivre les tendances et détecter précocement l'apparition d'une épidémie.
- « Event-based surveillance » (EBS) : Mise en place depuis 2012 au niveau national, elle a pour but de repérer des signaux d'alerte (ex : morts suspectes, évènements climatiques

inhabituels) par l'intermédiaire des journaux, articles web, radio, télévision, etc. afin de mettre en place des réponses rapides.

Dans les faits, la surveillance est limitée par le manque de ressources et d'infrastructures au niveau local et de nombreux cas passent inaperçus (13).

→ L'encéphalite Japonaise est reconnue comme un problème majeur en santé publique et bénéficie d'un programme de surveillance basé sur la déclaration des cas cliniques. Le recueil des données doit toutefois être amélioré, le diagnostic sérologique n'étant par exemple réalisé que sur une portion plus ou moins représentative des cas suspects (13,24,107).

#### Lutte anti-vectorielle :

De 1999 à 2015, le gouvernement vietnamien s'est engagé dans le combat contre la dengue en instaurant le National Dengue Control Programme (NDCP) reposant majoritairement sur la lutte contre *Aedes* (36,46). Il n'a toutefois jamais fonctionné correctement et a échoué à contrôler la prolifération des vecteurs. Ainsi, entre 2011 et 2015 le NDCP n'a couvert que 10% des communes par manque de ressources financières (18,45). De plus, depuis l'abandon du DDT en 1995 les pyréthrinoïdes photostables ont été massivement utilisés pour lutter contre la malaria et la dengue, ce qui a incidentellement conduit à sélectionner des résistances chez *A. aegypti* (59). En 2016, une étude a rapporté la présence de résistances à la perméthrine, la deltaméthrine et la cyfluthrine dans la quasi-totalité des 17 provinces incluses dans l'échantillon (57). L'habitude répandue de stocker l'eau dans des réservoirs ouverts et d'utiliser l'eau de pluie reste également particulièrement problématique malgré la mise en place de campagnes de nettoyages des gîtes de ponte encore trop peu fréquentes (18).

Depuis 1995, avec le soutien de l'OMS le Vietnam est passé d'une stratégie de réponse d'urgence à une approche préventive en expérimentant notamment l'usage de Wolbachia pipientis (41,56) et de Mesocyclops dans la lutte contre Aedes : grâce à ce dernier, la première éradication d'Aedes aegypti a été achevée en 1998 dans un village de 400 habitants et en 2000-2003, une réduction de 92.3 à 98.6% des populations d'A. aegypti associée à une diminution significative des cas de dengue a été observée dans trois communes tests deux ans après son introduction (66,67). Dans ce dernier cas, l'intervention incluait également des campagnes de nettoyages ayant permis l'élimination de 95% des gîtes de ponte, des mesures d'éducation et la création de comités communautaires de gestion responsables de la supervision du projet au niveau local. L'exemple de ces interventions souligne l'importance des réseaux communautaires dans la mise en place des mesures de lutte anti-vectorielle au Vietnam, les responsables locaux jouant un rôle essentiel dans la mobilisation des communautés et la coordination des activités. Depuis 1999, des réseaux de collaborateurs ont ainsi été créés dans les zones à risques avec pour but de superviser la prévention au niveau local. Chaque réseau doit réaliser une inspection mensuelle des foyers dont il est responsable afin de détecter les gîtes de pontes, repérer les cas suspects et éduquer les résidents sur les pratiques de prévention (45). Leur potentiel est toutefois limité par des financements inconstants et une communication insuffisante des autorités supérieures à leur égard.

La lutte anti-vectorielle pâti globalement d'un manque d'engagement des pouvoirs publiques: en l'absence de législation et de directives claires, on constate un faible intérêt de la part des habitants qui tendent à se reposer sur les travailleurs de santé des comités populaires locaux (45,97).

### • Programmes d'immunisation :

En 1997, des campagnes de vaccination contre l'encéphalite Japonaise à destination des enfants de 1 à 5 ans ont été mises en place dans 12 districts du nord à risque élevé. Elles couvraient 65% des districts jusqu'en 2007, puis 85% en 2013 avant d'être étendues au niveau national en 2015 (18,20,72,107). Elles consistent en l'administration de deux doses de vaccin à 1-2 semaines d'intervalle puis d'une dose booster au bout d'un an. S'il est officiellement inclus dans le programme de vaccination, la couverture du vaccin reste encore insuffisante (13). La probable extension de la maladie aux milieux urbains pourrait de plus pousser les autorités à réviser la politique vaccinale (104).

Des essais vaccinaux contre la dengue sont en cours sur deux sites (45).

### 3) Le projet « Metropolitan mosquitoes »:

Lancé en 2018 dans la province de Hanoï au Vietnam, le projet « Metropolitan mosquitoes » mené en partenariat entre l'International Livestock Research Institute (ILRI) et l'université d'Uppsala en Suède a pour objectifs d'investiguer la relation entre arboviroses et élevage en milieu urbain, évaluer le potentiel de méthodes de contrôle durables et estimer le risque d'introduction des arboviroses en Suède. Il est programmé sur une période de 5 ans, les enquêtes de terrain étant réalisées durant la saison des vecteurs de juin à novembre.

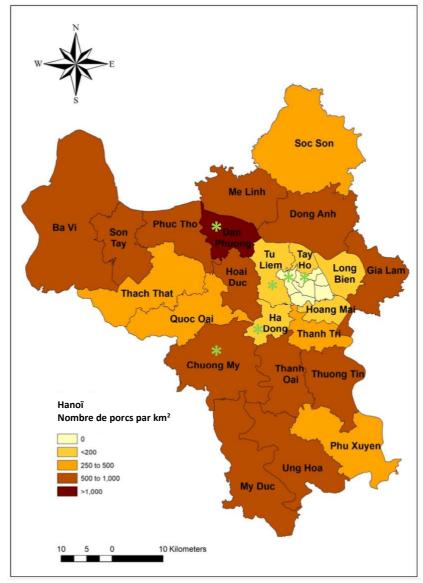
#### B. Étude 2018

## 1) Matériel et méthodes :

En 2018, une étude transversale a été menée au sein d'un échantillon de la population de la province de Hanoï afin d'explorer la relation entre maladies arbovirales et présence d'animaux d'élevage ou domestiques. Elle comprenait une étude sérologique visant à estimer l'exposition aux Flavivirus chez les porcs et les chiens domestiques et une étude entomologique destinée à évaluer la prévalence de vecteurs infectés.

### • Procédure d'échantillonnage :

Six districts de la province de Hanoi ont été sélectionnés en fonction de la densité des populations de porcs qui constituent le principal type d'élevage au Vietnam : deux districts urbains à faible densité ou absence de porcs (Ba Dinh et Cau Giay), deux péri-urbains à densité moyenne (Ha Dong et Bac Tu Liem) et deux ruraux à forte densité (Chuong My et Dan Phuong) (figure 22).



<sup>\*</sup> Districts sélectionnés

Figure 22 : Districts sélectionnés pour l'étude 2018 (Pham et al., 2019)

La taille de l'échantillon nécessaire pour avoir une probabilité de 80% de détecter avec un risque de première espèce de 5% une différence d'indice entomologique « Maisons » (= pourcentage d'habitations dans lesquelles des vecteurs porteurs de Flavivirus sont présents) supérieure ou égale à 20% entre les ménages possédant du bétail et ceux n'en possédant pas

a été calculée en utilisant un test de comparaison de deux proportions (estimées à 0.5 et 0.7) sous STATA 15. Le résultat indiquait un minimum de 93 observations dans chaque catégorie (avec et sans bétail) et par type de district (urbain, péri-urbain et rural). Cet effectif a été accru de 10% en prévision d'éventuelles pertes de participants au suivi, aboutissant à un effectif total de 510 observations soit 51 par catégorie et par district (**tableau III**).

Tableau III : Nombre de ménages sélectionnés dans chaque district pour l'étude 2018

District	Nombre de ménages			
District	Présence de bétail	Absence de bétail		
Districts ruraux	102	102		
Chuong My	51	51		
Dan Phuong	51	51		
Districts péri-urbains	102	102		
Ha Dong	51	51		
Bac Tu Liem	51	51		
Districts urbains	0	102		
Cau Giay	0	51		
Ba Dinh	0	51		
Total	204	306		

Dans chaque district, dix communes ont été sélectionnées en générant des points GPS aléatoires. Dans les districts ruraux et péri-urbains, les participants ont été recrutés selon une procédure d'échantillonnage stratifié: trois ménages possédant du bétail et trois n'en possédant pas ont été approchés à partir de chaque point GPS dans trois directions différentes. Dans le cas où le propriétaire refusait de participer à l'étude, un autre participant était recherché parmi les foyers voisins. Dans les districts urbains, trois ménages sans bétail ont été recrutés à partir de chaque point GPS par échantillonnage de commodité en incluant volontairement des cliniques vétérinaires et des propriétaires de chiens acceptant d'effectuer des prélèvements sanguins sur leurs animaux.

### • Étude sérologique chez l'animal :

De septembre à novembre 2018, des échantillons de sang ont été prélevés sur 704 porcs dans 190 fermes dans les districts ruraux et péri-urbains de Bac Tu Liem, Ha Dong, Dan Phuong et Chuong My à raison de cinq prélèvements aléatoires au maximum par ferme. Par ailleurs, 486 échantillons ont été prélevés chez des chiens domestiques dans les six districts d'étude, dont

208 ont pu être catégorisés en fonction de leurs conditions de détention (vivant en intérieur, en extérieur ou errant). Les échantillons ont été transmis au National Institute of Veterinary Research pour rechercher des anticorps dirigés contre les Flavivirus par test WNV ELISA et JE ELISA.

## • Étude entomologique

Des captures de moustiques adultes ont été effectuées à l'intérieur des habitations et autour des bâtiments d'élevage et des jardins au moyen d'aspirateurs portables. Un piège électrique lumineux CDC (Center for Disease Control) a également été installé dans chaque habitation le jour de l'intervention et relevé le lendemain matin. Des larves ont été prélevées dans les réservoirs d'eau péri-domestiques (ex : pots cassés, pneus, bassins). Les échantillons ont ensuite été transmis au National Institue of Hygiene and Epidemiology pour être stockés en vue d'une identification des espèces, de la recherche d'ARN viral par PCR multiplexe Flavivirus/Alphavirus et d'anticorps anti-Flavivirus par ELISA d'ici fin 2019.

### Analyse des données

L'analyse statistique a été effectuée en utilisant le logiciel STATA 15.

2) Résultats:

### • Résultats des tests sérologiques chez le porc

Chaque échantillon a été soumis à deux séries successives d'un test WNV ELISA compétitif puis à un test JE ELISA indirect réalisé directement en duplicata. Le test WNV ELISA présentant de nombreuses réactions croisées, il peut être considéré comme un test multi-Flavivirus. Il présente l'avantage de pouvoir être utilisé pour différentes espèces tandis que le test JE ELISA indirect repose sur des conjugués spécifiques. Chez le porc, le WNV ELISA vise principalement à détecter une exposition au virus de l'encéphalite Japonaise.

Les résultats des deux séries de test WNV ELISA présentaient une bonne concordance (coefficient  $\kappa$  = 0.8764 exclusion faite des résultats douteux) (**tableau IV**). Sur 704 échantillons testés, 588 ont produit un résultat positif et 60 un résultat négatif aux deux tests. Sur les 190 fermes testées, 177 étaient positives (93%), indiquant une large présence du virus dans l'aire d'étude (**tableau V**).

<u>Tableau IV</u>: Résultats aux tests WNV ELISA

1er round WNV	<b>2</b> <sup>r</sup>	Total		
ELISA	Positif	Négatif	Douteux	IOtal
Positif	588	3	14	605
Négatif	12	60	3	75
Douteux	13	3	6	22
Non testé	2	0	0	2
Total	615	66	23	704

 $\kappa = 0.8764$  p-value < 0.001

Tableau V : Nombre d'élevages porcins testés positifs par district

District	Nombre de fermes testées	Nombre de fermes positives	%
Bac Tu Liem	54	53	98
Chuong My	53	53	100
Dan Phuong	49	39	80
Ha Dong	34	32	94
Total	190	177	93

Un nombre important de résultats discordants a été observé entre les deux tests WNV ELISA et le test JE ELISA ( $\kappa$  = 0.2979 et  $\kappa$  = 0.2564 exclusion faite des résultats douteux) (**tableaux VI** et **VII**) : ainsi, 189 échantillons étaient positifs au second WNV ELISA et négatifs au JE ELISA. Or, un résultat positif au test WNV ELISA chez le porc indiquant selon toute probabilité une exposition au virus JEV, on s'attend à ce qu'un échantillon positif au WNV ELISA le soit également au JE ELISA. On peut alors s'interroger sur la nature de l'exposition virale détectée par le WNV ELISA dans les 189 échantillons discordants : s'il pourrait s'agir du virus de la dengue (seul autre Flavivirus présent dans la région) (104) auquel le porc est en théorie capable de séroconvertir, une exposition au virus de West Nile dont la présence au Vietnam n'aurait pas encore été rapportée n'est pas non plus à exclure. Ces divergences pourraient également s'expliquer par une plus grande spécificité ou une moindre sensibilité du test JE ELISA qui n'aurait pas détecté certains positifs. Afin de décider quel test retenir, il a été envisagé de réaliser un test de séroneutralisation considéré comme le gold standard sur les échantillons discordants d'ici fin 2019.

<u>Tableau VI : Comparaison des résultats aux tests WNV ELISA 1 et JE ELISA</u>

14/11/1/ 5110 4 dère / 1	JE E	<b>-</b> 1		
WNV ELISA 1 <sup>ère</sup> série	Négatif Positif		Total	
Douteux	11	11	22	
Non testé	0	2	2	
Négatif	66	9	75	
Positif	187	418	605	
Total	264	440	704	

 $\kappa = 0.2979$  p-value < 0.001

<u>Tableau VII:</u> Comparaison des résultats aux tests WNV ELISA 2 et JE ELISA

MAIN FLICA Sème - 4-:-	JE E	Total	
WNV ELISA 2 <sup>ème</sup> série	Négatif	Négatif Positif	
Douteux	17	6	23
Négatif	58	8	66
Positif	189	426	615
Total	264	440	704

 $\kappa = 0.2564$  p-value < 0.001

### • Résultats des tests sérologiques chez le chien

Un seul type de kit WNV ELISA a été utilisé en duplicata. Les résultats des deux tests étaient majoritairement concordants. 336 échantillons sur 486 se sont révélés positifs, 139 négatifs et 11 douteux (tableau VIII). Les chiens pouvant séroconvertir à tous les Flavivirus, il n'a pas été possible de déterminer la nature de l'exposition virale détecté dans chaque cas.

Tableau VIII : Résultats des prélèvements de chiens domestiques au test WNV ELISA

District		Total		
	Positif	Négatif	Douteux	Total
Chuong My	39 (95.12%)	0	2 (4.88%)	41
Dan Phuong	102 (90.27%)	10 (8.85%)	1 (0.88%)	113
Bac Tu Liem	116 (68.24%)	48 (28.24%)	6 (3.53%)	170
Ha Dong	59 (80.82%)	12 (16.44%)	2 (2.74%)	73
Ba Dinh	11 (25.58%)	32 (74.42%)	0	43
Cau Giay	9 (19.57%)	37 (80.43%)	0	46
Total	336 (69.14%)	139 (28.60%)	11 (2.26%)	486

Pearson chi2(10) = 152.0872

p-value < 0.001

Un test du  $\chi^2$  a permis de mettre en évidence une différence significative entre les six districts (p-value < 0.001) : une plus forte proportion de chiens positifs a ainsi été observée dans les districts ruraux (jusqu'à 95.12% à Chuong My) et péri-urbains, évoquant plutôt une séroconversion au virus de l'encéphalite Japonaise (la dengue étant plus généralement présente en milieu urbain). Un test de séroneutralisation eut été souhaitable afin d'identifier les virus présents dans les zones rurales et urbaines mais n'a pas pu être réalisé faute d'une quantité de sérum suffisante dans les échantillons.

L'analyse statistique n'a pas permis de mettre en évidence de différence significative entre les différentes catégories de chiens domestiques (p-value = 0.070) (**tableau IX**). Il semblerait toutefois que les chiens vivant au sein du foyer avec leurs propriétaires soient moins susceptibles de présenter un résultat positif. À l'inverse, les chiens vivant en extérieur et en particulier les chiens errants paraissaient plus à risque : près de 90% de chiens errants étaient séropositifs, ce qui corrobore l'hypothèse d'une exposition au JEV.

Tableau IX : Résultats au test ELISA WNV en fonction des conditions de vie des chiens

Conditions de vie du		Total		
chien	Positif	Négatif	Douteux	Total
Avec la famille	6 (60%)	4 (40%)	0	10
En intérieur	47 (56.63%)	34 (40.96%)	2 (2.41%)	83
Intérieur/extérieur	50 (74.63%)	14 (20.90%)	3 (4.48%)	67
Enclos extérieur	14 (73.68%)	5 (26.32%)	0	19
Errant	25 (86.21%)	4 (13.79%)	0	29
Total	142 (68.27%)	61 (29.33%)	5 (2.40%)	208

Pearson chi2(8) = 14.4761

p-value = 0.070

### • Résultats de l'étude entomologique

12861 moustiques adultes ont été collectés dans les 704 foyers visités, appartenant en majorité à l'espèce *Aedes albopictus*. Des spécimens de l'espèce *Aedes aegypti* et du genre *Culex* ont également été capturés. Les résultats des analyses PCR pour les Flavivirus et Alphavirus sont attendus d'ici la fin de l'année 2019.

#### 3) Discussion et conclusions:

La première phase du projet « Metropolitan mosquitoes » a montré que le virus de l'encéphalite Japonaise circulait largement au sein des élevages porcins de la province de Hanoï, ce qui coïncide avec les résultats de précédentes études : en 2019, une étude menée dans cinq provinces du nord du Vietnam dont Hanoï a ainsi détecté 75.1% de porcs d'élevage séropositifs (75). La présence de porcs s'accompagnant par ailleurs d'une augmentation de la densité des vecteurs du JEV (42), on peut craindre que l'intensification de l'élevage porcin en zone urbaine n'entraîne une augmentation du risque de transmission de la maladie à l'homme, renforçant la nécessité d'une lutte anti-vectorielle efficace.

Le potentiel du chien comme animal sentinelle pour évaluer l'exposition de l'homme aux Flavivirus a également été exploré, mais en l'absence de résultats significatifs il n'a pas été possible de conclure. L'interprétation des résultats a de plus été limitée par la faible spécificité des tests ne permettant pas d'identifier le virus responsable de la séroconversion. Si l'on se base sur la plus forte proportion de séropositifs observée parmi les chiens errants et dans les districts ruraux, il est probable qu'il s'agisse majoritairement du virus JEV, son vecteur *C. tritaeniorhynchus* étant une espèce des zones rurales active en extérieur tandis qu'*Aedes* est retrouvé plutôt en milieu urbain et en intérieur. De nombreuses études ont par ailleurs souligné l'utilité du chien comme sentinelle pour les virus WNV et JEV : étant plus proche de l'homme que le porc, il refléterait a priori mieux son exposition (21,22,54,55). Il serait

intéressant de savoir s'il pourrait également servir de sentinelle pour la dengue : toutefois, malgré des preuves de portage asymptomatique, son rôle exact dans le cycle de transmission du virus (hôte réservoir ou accidentel) reste encore à déterminer (108).

Le faible nombre de spécimens du genre *Culex* capturés peut être dû au fait que les captures étaient effectuées de jour à l'intérieur et à proximité des bâtiments, alors qu'il s'agit d'espèces actives principalement de nuit et en extérieur. À l'inverse, le genre *Aedes* était majoritaire dans l'échantillon, reflétant ses préférences pour la proximité aux habitations et les sites de ponte peu profonds types réservoirs d'eau péri-domestiques (4). La faible proportion d'*A. aegypti* peut s'expliquer par une meilleure adaptation d'*A. albopictus* au climat tempéré du nord, comme l'ont suggéré de précédentes études (**figure 20**) (36,39). Il pourrait également s'agir d'un biais lié à une plus grande attractivité des pièges lumineux pour certaines espèces. Toutefois, la pertinence des indices entomologiques pour évaluer le risque d'infection arbovirale est à nuancer : on a ainsi pu constater que des réductions d'indices entomologiques n'étaient pas toujours prédictives de celle de l'incidence des maladies et que la proportion d'individus infectés variait selon les espèces de moustiques (52,74,86). Les résultats des tests PCR attendus fin 2019 devraient permettre d'estimer la prévalence des vecteurs infectés dans les différents districts d'étude et d'explorer les facteurs de risques associés, en particulier la présence de bétail.

A la suite de cette première étude, il a été décidé d'inclure une campagne d'éducation à la prévention à l'intervention de l'année suivante.

### C. Étude 2019

L'étude présentée ci-après constitue la seconde partie du projet « Metropolitan mosquitoes ». L'enquête de référence conduite en juin 2019 dans trois districts de la province de Hanoï comportait une étude transversale reposant sur des méthodes mixtes (qualitatives et quantitatives) destinée à explorer les connaissances, attitudes et pratiques (CAP) vis-à-vis des maladies arbovirales et de la lutte contre les vecteurs ainsi qu'une étude entomologique visant à évaluer la prévalence de vecteurs infectés. Par la suite, une intervention à visée éducative a été délivrée à une partie de la population d'étude et son impact a été évalué après une semaine dans un sous-échantillon au moyen d'une enquête CAP. Une seconde évaluation des effets de l'intervention dans l'ensemble de l'échantillon est prévue à la fin de la saison des vecteurs en novembre 2019, incluant à nouveau une étude CAP et une étude entomologique.

### 1) Matériel et méthodes :

### Procédure d'échantillonnage :

Les participants à l'étude 2019 ont été sélectionnés aléatoirement parmi ceux de l'année précédente dans les districts de Ba Dinh (urbain), Ha Dong (péri-urbain) et Chuong My (rural) (figure 23). Un échantillonnage aléatoire stratifié a été réalisé dans les districts de Ha Dong et Chuong My de façon à recruter un nombre identique de ménages avec et sans bétail. Tous ont ensuite été aléatoirement répartis en deux groupes, un destiné à recevoir l'intervention éducative et un groupe contrôle. Le calcul de la taille de l'échantillon nécessaire pour détecter une différence d'indice entomologique « Maisons » d'au moins 30% entre les ménages du groupe d'intervention et ceux du groupe contrôle avec une probabilité de 80% et un risque de 5% en utilisant un test de comparaison de deux proportions (estimées à 0.5 et 0.2) sous STATA 15 indiquait un minimum de 39 participants dans chaque catégorie. Toutefois, en raison de contraintes logistiques, administratives et sanitaires (notamment la nécessité d'organiser les visites avec un membre du Comité populaire et un vétérinaire officiel du district ainsi que le déclenchement d'une épidémie de peste porcine africaine), il n'a pas été possible d'atteindre ce nombre dans chaque district et seuls 20 ménages recevant l'intervention et 20 ménages « contrôle » ont été retenus par district, soit un total de 120 participants.

Une rapide évaluation de l'impact de l'intervention a été réalisée au sein d'un sous-échantillon de la population d'étude après une semaine. En raison de contraintes logistiques et de temps, les participants à cette seconde enquête ont été sélectionnés par échantillonnage de commodité de manière à limiter l'aire géographique d'étude. Il a été décidé d'interroger cinq participants du groupe contrôle et cinq du groupe d'intervention répartis sur deux communes dans chaque district. Dans le cas où la personne interrogée à la première enquête n'était pas disponible, les enquêteurs tentaient de rechercher un autre participant à proximité.



Habitation à Chuong My (rural)



Habitations à Ha Dong (péri-urbain)



Habitations à Ba Dinh (urbain)

Figure 23 : Exemples d'habitations par type de district (photos : réalisées par l'auteur)

## • Questionnaires CAP:

### Questionnaire pré-intervention :

Les connaissance et pratiques concernant les maladies arbovirales ont été évaluées au moyen d'un questionnaire standardisé au cours d'entretiens en face-à-face (annexe 1). Les sections A et B du questionnaire visaient à recueillir les caractéristiques démographiques des participants et des informations quant à leurs pratiques d'élevage. La section C comportait huit questions portant sur les connaissances et trois sur les pratiques à l'égard des maladies arbovirales (épidémiologie des arboviroses, symptômes, biologie des vecteurs et méthodes de prévention). La dernière partie du questionnaire portait sur le statut vaccinal et l'historique médical familial, ainsi que sur les préférences en matière de sources d'information sur la santé.

Le questionnaire a été pré-testé avec deux habitants du district de Ba Dinh non inclus dans l'échantillon ainsi que les membres de l'équipe d'intervention afin de s'assurer de la compréhensibilité des questions. Les enquêteurs ont été recrutés parmi les assistants de recherche du National Institute of Veterinary Research de Hanoï, dont la plupart avaient déjà participé à l'étude de l'année précédente. Au cours d'une réunion de préparation, le questionnaire a été passé en revue question par question et les enquêteurs se sont entraînés aux entretiens en binômes. Des corrections mineures ont ainsi été apportées au questionnaire.

### Questionnaire post-intervention :

Le questionnaire post-intervention a été divisé en quatre sections (annexe 2). La première était destinée à s'assurer que la personne interrogée était la même que lors de l'étude de référence. Lorsque ce n'était pas le cas, les participants étaient inclus dans l'analyse qualitative de l'exercice de « cartographie du risque » mais exclus de l'analyse statistique des scores CAP. La section B comportait six questions portant sur les connaissances et trois questions sur les pratiques identiques à celles du questionnaire pré-intervention ainsi qu'une question supplémentaire sur les habitudes alimentaires des vecteurs. Enfin, la section D avait pour but d'analyser qualitativement les attitudes au moyen de questions ouvertes portant sur la perception des risques et les comportements de protection.

### • Calcul des scores de connaissances et pratiques :

Les questions C2 à C5 et C7 rapportaient 1 point par bonne réponse (ex : 1 point par maladie/gîte de reproduction/facteur de risque/symptôme correctement identifié par le participant). Un point était accordé à la question B6 (« Selon vous, à quelle fréquence les gîtes de reproduction des moustiques devraient être éliminés ? ») lorsque les participants estimaient nécessaire une fréquence au moins hebdomadaire. La question B8 (« À quelle(s) saison(s) estimez-vous que le risque de contracter une maladie transmise par les moustiques soit le plus élevé ? ») rapportait 1 point lorsque les participants identifiaient l'automne, l'été ou la saison des pluies (de juin à octobre) comme périodes à risque.

Les questions concernant les pratiques de prévention rapportaient 1 point par méthode de protection employée en fonction de leur fréquence d'utilisation : l'usage de moustiquaires pour dormir rapportait 1 point lorsque les participants l'utilisaient au moins pendant la nuit, et l'élimination des sites de reproduction des moustiques rapportait 1 point si elle était effectuée au moins une fois par semaine.

### • Conception de l'intervention éducative :

Les messages et les supports de communication ont été élaborés au cours de réunions par des chercheurs de l'ILRI et du National Institute of Veterinary Research (NIVR). Le matériel destiné aux participants du groupe d'intervention comprenait un piège à moustiques à LED et un éventail sur lequel étaient imprimés des informations sur l'écologie des vecteurs et des conseils de prévention (annexe 3). De plus, un groupe social a été créé sur l'application smartphone Zalo dans le but de délivrer régulièrement des messages de prévention et d'information (annexe 4).

# • Étude entomologique :

Des captures de moustiques adultes ont été effectués chez tous les participants à l'intérieur des maisons et autour des bâtiments d'élevage et jardins au moyen d'aspirateurs portables. Les individus collectés ont été congelés et conservés au NIVR en vue d'identifier l'espèce et de rechercher la présence de Flavivirus et Alphavirus par analyse PCR. Chaque propriété a été inspectée à la recherche de gîtes de reproduction des moustiques afin de collecter des larves le cas échéant (figure 24). Chaque prélèvement a été numéroté et consigné dans un registre.



Capture de moustiques

Capture de larves







Identification de gîtes de ponte des moustiques

Figure 24 : Illustrations du travail de terrain (photos : réalisées par l'auteur)

#### • Recueil des données sur le terrain :

L'équipe de recherche a été divisée en deux groupes travaillant en parallèle sur différentes communes. Dans chaque commune, l'équipe était accompagnée par un agent du département de santé animale du Comité Populaire local ainsi que par un vétérinaire officiel du district, afin de faciliter la localisation des foyers sélectionnés et la communication. Dans le cas où l'un des habitants sélectionnés était absent ou refusait de participer, un remplaçant était recherché parmi les ménages voisins. Les objectifs et le déroulement de l'enquête étaient présentés aux participants, puis il leur était demandé de donner leur consentement éclairé au questionnaire et à la recherche de gîtes de reproduction sur leur propriété.

L'intervention éducative était délivrée immédiatement à la suite du questionnaire CAP aux participants du groupe d'intervention. L'intervenant leur remettait le piège électrique et deux éventails accompagnés d'explications et de conseils de prévention. Du savon à main était offert aux participants du groupe contrôle en remerciement de leur participation à l'étude.

Les données de l'enquête CAP ont été recueillies, encryptées et stockées sur les serveurs de la London School of Hygiene and Tropical Medicine en utilisant Open Data Kit.

# • Exercice de « cartographie du risque » (System Network Analysis) :

Afin d'explorer plus en profondeur la perception des risques liés aux maladies arbovirales et les obstacles à la mise en place de méthodes de lutte, un exercice de « cartographie du risque » a été développé en partenariat avec un chercheur de l'université de New South Wales de Canberra, Australie. Le principe de l'exercice était le suivant : sur une feuille portant une question centrale formulant la problématique (« Pourquoi est-ce que je me fait piquer par des moustiques ? »), il était demandé aux participants d'écrire ce qu'ils estimaient être les facteurs responsables du problème et de les relier par des flèches pour symboliser les liens de causalité. On obtenait ainsi des graphes dirigés représentant un réseau de causes centré sur le problème du manque de contrôle des vecteurs (annexe 5). Les graphes individuels ont été ensuite homogénéisés et agrégés en un seul graphe représentant la perception générale des risques et barrières de l'ensemble du groupe.

Lors de la conception de l'exercice, quatre questions centrales ont été formulées et testées parmi les employés de l'ILRI dans le but de sélectionner la plus appropriée. Il a été demandé à chaque testeur de réaliser l'exercice avec deux questions différentes et de décrire son expérience. La compréhensibilité des questions et la complexité des graphes obtenus ont été pris en compte dans le choix de la question. Après discussion avec les testeurs et en accord avec les enquêteurs, la question « *Pourquoi est-ce que je me fait piquer par des moustiques ?* » a été retenue et traduite en vietnamien.

Après avoir répondu au questionnaire, l'enquêteur expliquait l'exercice aux participants en s'appuyant sur un exemple (« Pour quelles raisons ne vais-je pas toujours consulter un médecin lorsque je suis malade ? ») (annexe 6) puis construisait le graphe en fonction des réponses obtenues au cours d'un entretien semi-directif.

## • Traitement et analyse des données :

Une analyse statistique descriptive des données démographiques et des tests du  $\chi_2$  ont été réalisés à l'aide du logiciel STATA 15 afin de s'assurer de la comparabilité des groupes de contrôle et d'intervention. Le test de Kolmogorov-Smirnov a été utilisé pour vérifier la normalité de la distribution des données. Le seuil alpha de signification a été fixé à 0.05. Les variables catégoriques ont été exprimées en pourcentages, les variables numériques continues sous forme de moyennes  $\pm$  écart-type et les variables numériques discrètes sous forme de médiane  $\pm$  écart interquartile.

## Étude CAP de référence :

Les résultats du test de Kolmogorov-Smirnov ont conduit à rejeter l'hypothèse d'une distribution normale des scores de connaissances (C) et de pratiques (P) (p-value = 0.030 et p-value < 0.001 respectivement). La relation entre les scores CP et les différentes variables démographiques a donc été explorée à l'aide de tests d'analyse statistique déductive non paramétriques incluant des tests U de Mann-Whitney (pour les variables à deux catégories), Kruskal Wallis (pour les variables à plus de deux catégories) et Dunn-Bonferroni pour la comparaison post-hoc. Seules les variables significatives à l'analyse univariée (p-value < 0.05) ont été incluses dans l'analyse multivariée.

Les scores C et P s'apparentant à des données de comptages, un modèle de Poisson semblait plus approprié. Cependant, la variance étant très différente de la moyenne, une surdispersion des données a été suspectée. Un test de comparaison de la distribution des données à celle d'une distribution de Poisson a montré que la distribution du score C et du score total ne correspondait pas à un modèle de Poisson (p-value = 0.0097 et p-value < 0.001 respectivement). Il a donc été décidé de recourir à un modèle de régression négative binomiale permettant de prendre en compte les facteurs de surdispersion pour identifier les potentiels facteurs de confusion. Dans le cas du score total CP, le paramètre de surdispersion s'est révélé significativement différent de zéro (p-value = 0.002), confirmant l'inadéquation du modèle de Poisson.

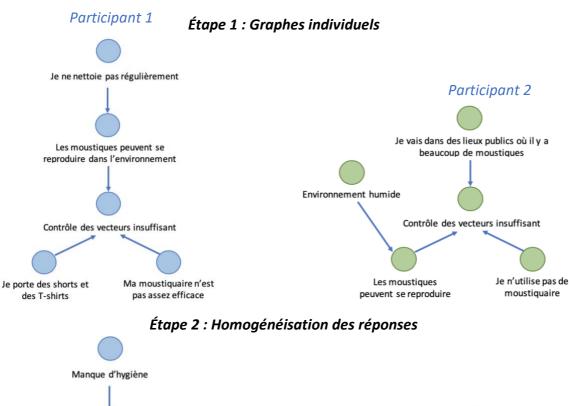
Le test de corrélation de Spearman a été utilisé pour décrire la relation entres les scores C et P. La relation linéaire entre les rangs des deux variables de score a été vérifiée visuellement.

# Étude CAP post-intervention :

31 foyers ont été revisités après l'intervention. Dans 23 d'entre eux, la même personne que dans l'étude de référence a pu être interrogée; les autres ont été exclus de l'analyse statistique des scores CP. Les scores ont été comparés avant et après intervention à l'aide d'un test des rangs signés de Wilcoxon ainsi qu'entre les groupes de contrôle et d'intervention en utilisant un test U de Mann-Whitney. Les données qualitatives collectées aux cours des entretiens ont été prises en note par les enquêteurs sous forme d'idées clés. Le faible nombre de participants à cette seconde étude a permis une exploitation des données qualitatives directement à partir de ces notes sans recours à une étape de codage.

## Exercice de « cartographie du risque » :

Les 31 personnes interrogées ont participé à l'exercice. Les graphes obtenus ont été importés et analysés à l'aide du logiciel System Effects développé par Luke Craven de l'université de New South Wales de Canberra. Les différents facteurs identifiés par les participants ont été classées en 22 catégories (annexe 7). Par exemple, les réponses « Je ne nettoie pas correctement ma maison » et « Mon environnement est sale » ont été regroupées sous l'intitulé « Manque d'hygiène ». Les graphes individuels ont ainsi été homogénéisés, agrégés et traduits en une seule matrice d'adjacence (annexe 8) utilisée pour produire un graphe synthétisant la perception des risques par l'ensemble des participants à l'aide du logiciel Gephi (figure 25). Ce graphe a ensuite été exploré visuellement pour tenter d'identifier des obstacles à la lutte anti-vectorielle, chaque nœud représentant un facteur et chaque flèche une relation de causalité plus ou moins importante selon le nombre de participants l'ayant identifiée. La mesure des degrés entrant et sortant (= nombre de liens arrivant ou partant du facteur) a permis de quantifier de l'importance de chaque facteur au sein du réseau.



Présence de sites de reproduction des moustiques dans l'environnement

Contrôle des vecteurs insuffisant

Port de vêtements peu couvrants

Absence/mauvais usage de la moustiquaire

Présence de sites de reproduction des moustiques dans l'environnement

Présence de sites de reproduction des moustiques dans l'environnement

Présence de sites de reproduction des moustiquaire

Présence de sites de reproduction des moustiques dans l'environnement

Absence/mauvais usage de la moustiquaire

Va dans des zones à risque où les moustiques sont présents

Manque d'hygiène

Port de vêtements peu couvrants

Climat chaud et humide

Contrôle des vecteurs insuffisant

Présence de sites de reproduction des Absence/mauvais usage

de la moustiquaire

Étape 3 : Agrégation en un seul graphe

Figure 25 : Illustration du processus d'agrégation des graphes individuels

moustiques dans l'environnement

# 2) Résultats:

#### • Résultats de l'étude de référence

# Caractéristiques démographiques :

117 réponses au questionnaire CAP de référence ont été obtenues. Les caractéristiques démographiques des participants sont présentées dans le **tableau X**. 57.3% d'entre eux étaient des femmes. L'âge moyen était de 52.13 ± 13.95 ans, allant de 18 à 83 ans. La plupart possédaient un niveau d'éducation correspondant ou supérieur à l'école secondaire (86.3%) et 17.9% avaient atteint un niveau universitaire. Les agriculteurs représentaient la profession majoritaire (34.2%), suivis des personnes retraitées (22.2%). Parmi les participants, onze possédaient un membre de leur famille ayant été infecté par le virus de la dengue. Dans 76.9% des familles, les enfants avaient été vaccinés contre le virus de l'encéphalite Japonaise, conformément au programme national d'immunisation au Vietnam.

L'analyse statistique n'a pas mis en évidence de différence significative entre le profil démographique du groupe contrôle et celui du groupe recevant l'intervention éducative (résultats des tests du  $\chi_2$  montrant des p-values > 0.05).

<u>Tableau X : Profil socio-démographique des participants</u>

Caractéristique	Total % (N=117)	Groupe contrôle % (N=67)	Groupe d'intervention % (N=50)	p-value (test du χ²)
Genre				
Homme	42.7 (50)	38.8 (26)	48.0 (24)	0.320
Femme	57.3 (67)	61.2 (41)	52.0 (26)	
Âge (moyenne ± ET)	52.13 ± 13.95	49.78 ± 1.64	55.28 ± 1.99	
18 - 39	20.5 (24)	23.9 (16)	16.0 (8)	0.463
40 -49	23.9 (28)	26.9 (18)	20.0 (10)	
50 - 59	24.8 (29)	22.4 (15)	28.0 (14)	
60+	30.8 (36)	26.9 (18)	36.0 (18)	
Niveau d'éducation				
≤ École primaire	13.7 (16)	14.9 (10)	12.0 (6)	0.718
Collège	34.2 (40)	35.8 (24)	32.0 (16)	
Lycée	34.2 (40)	29.9 (20)	40.0 (20)	
≥ Université	17.9 (21)	19.4 (13)	16.0 (8)	

Profession	4.3 (5)	3.0 (2)	6.0 (3)	0.415
Sans emploi	34.2 (40)	31.3 (21)	38.0 (19)	
Agriculteur	17.1 (20)	22.4 (15)	10.0 (5)	
Ouvrier / Vendeur	11.1 (13)	11.9 (8)	10.0 (5)	
Services publiques / privés	9.4 (11)	11.9 (8)	6.0 (3)	
Profession libérale	22.2 (26)	17.9 (12)	28.0 (14)	
Retraité	1.7 (2)	1.5 (1)	2.0 (1)	
Étudiant				
Historique familial de maladie arbovirale				
Oui	9.4 (11)	9.0 (6)	10.0 (5)	0.848
Non	90.6 (106)	91.0 (61)	90.0 (45)	

#### Connaissances sur les maladies arbovirales :

Les fréquences des réponses aux différents items du questionnaire sont présentées dans le **tableau XI**.

87.2% des participants connaissaient l'existence d'au moins une maladie transmise par les moustiques, majoritairement la dengue (82.1%) et la malaria (18%). Seuls trois des personnes interrogées ont mentionné Zika ou l'encéphalite Japonaise. La fièvre était le symptôme le plus fréquemment cité (61.5%) suivie des manifestations hémorragiques (45.3%) et des éruptions cutanées (14.5%).

Alors que la majorité des personnes interrogées identifiaient les eaux stagnantes ou polluées comme potentiels gîtes de reproduction des moustiques (59.8 et 62.4%), peu mentionnaient également les collections d'eaux claires (1.7%) habituellement préférées par *Aedes aegypti*. La saison des pluies, l'été ou l'automne étaient généralement cités comme périodes à risques pour les maladies transmises par les moustiques.

Les méthodes de prévention les plus communément utilisées incluaient l'usage de moustiquaires (83.8%), la pulvérisation d'insecticides dans l'environnement (65.8%) et l'élimination des gîtes de ponte (44.4%) à des fréquences toutefois variables selon les participants. L'utilisation de protections personnelles telles que les aérosols et encens antimoustiques ou les vêtements couvrants s'est révélée peu répandue.

La source prépondérante d'information sur la santé était la télévision (65.8%) suivie des communications publiques par haut-parleurs (36.8%). A contrario, le personnel médical (9.4%) et les réseaux sociaux (3.4%) ne paraissaient jouer qu'un rôle mineur dans la diffusion de l'information.

<u>Tableau XI : Fréquence des réponses au questionnaire</u>

Question	Étude de	Étude post-intervention			
	référence (N=117)	Contrôle (N=12)	Intervention (N=11)	Total (N=23)	
Avez-vous déjà entendu parler de maladies					
transmises à l'homme par les moustiques?	07.0 (400)	,	/	/	
Oui	87.2 (102)	,	,	,	
Non	12.8 (15)				
De quelles maladies transmises par les					
moustiques avez-vous déjà entendu parler?					
Aucune	12.8 (15)	0	9.1 (1)	4.3 (1)	
Dengue	82.1 (96)	91.7 (11)	81.8 (9)	86.9 (20)	
Encéphalite Japonaise	0.9 (1)	8.3 (1)	18.2 (2)	13.0 (3)	
Zika	1.7 (2)	8.3 (1)	9.1 (1)	8.7 (2)	
Malaria	15.4 (18)	8.3 (1)	45.5 (5)	26.1 (6)	
Pouvez-vous citer des gîtes de reproduction					
des moustiques?	6.0 (7)	58.3 (7)	9.1 (1)	34.8 (8)	
Je ne sais pas	1.7 (2)	16.7 (2)	9.1 (1)	13.0 (3)	
Collections d'eaux claires	59.8 (70)	33.3 (4)	27.3 (3)	30.4 (7)	
Eaux d'écoulement / polluées	62.4 (73)	66.7 (8)	63.6 (7)	65.2 (15)	
Collections d'eaux stagnantes		, ,	, ,		
Pneus	5.1 (6)	16.7 (2)	27.3 (3)	21.7 (5)	
Réservoirs d'eau / seaux / bassines	25.6 (30)	66.7 (8)	45.5 (5)	56.5 (13)	
Vases	6.0 (7)	33.3 (4)	18.2 (2)	26.1 (6)	
Plantations ornementales (ex: bonsaïs)	6.0 (7)	8.3 (1)	9.1 (1)	8.7 (2)	
Déchets	2.6 (3)	8.3 (1)	27.3 (3)	17.4 (4)	
Qu'est-ce qui peut selon vous augmenter le					
risque de contracter une maladie transmise					
par les moustiques?  Je ne sais pas	16 2 (51)	Q 2 /1\		13 (1)	
·	46.2 (54)	8.3 (1)	0 45 5 (5)	4.3 (1)	
Saison chaude et humide	36.8 (43)	41.7 (5)	45.5 (5)	43.5 (10)	
Densité de population élevée	1.7 (2)	16.7 (2)	0	8.7 (2)	
Eaux stagnantes	28.2 (33)	0.75 (9)	100 (11)	86.9 (20)	

Présence d'animaux d'élevage	16.2 (19)	0.50 (6)	36.4 (4)	43.5 (10)
Quelle(s) méthode(s) de prévention des				
maladies transmises par les moustiques connaissez-vous?				
Aucune	1.7 (2)	0	0	0
Grillage sur les portes et fenêtres	0.9 (1)	0	0	0
Crèmes et aérosols anti-moustiques	5.1 (6)	33.3 (4)	18.2 (2)	26.1 (6)
Moustiquaires	76.1 (89)	100 (12)	90.9 (10)	95.7 (22)
Raquettes électriques	17.9 (21)	41.7 (5)	54.5 (6)	47.8 (11)
Encens anti-moustiques	2.6 (3)	16.7 (2)	9.1 (1)	13.0 (3)
Vêtements couvrants	2.6 (3)	8.3 (1)	18.2 (2)	13.0 (3)
Couvercles sur les réservoirs d'eau	6.0 (7)	0	9.1 (1)	4.3 (1)
Larvicides dans les réservoirs d'eau	6.0 (7)	0	0	0
Insecticides	60.7 (71)	66.7 (8)	72.7 (8)	69.6 (16)
Élimination des gîtes de reproduction	42.7 (50)	58.3 (7)	54.5 (6)	56.5 (13)
Poissons dans les réservoirs d'eau	5.1 (6)	8.3 (1)	18.2 (2)	13.0 (3)
Pièges à moustiques dans la maison	7.7 (9)	16.7 (2)	18.2 (2)	17.4 (4)
Selon vous, à quelle fréquence les gîtes de				
reproduction des moustiques devraient être				
éliminés?	12.7 (16)			
Moins d'une fois par mois	13.7 (16)			
Une fois par mois	1.7 (2)	/	/	,
2-3 fois par mois	7.7 (9)	,	,	,
Une fois par semaine	6.0 (7)			
2-3 fois par semaine	17.9 (21)			
Tous les jours	47.9 (56)			
Après un épisode pluvieux / Ne sais pas	5.1 (6)			
Pouvez-vous citer des symptômes de maladies transmises par les moustiques?				
Je ne sais pas	33.3 (39)	16.7 (2)	9.1 (1)	13.0 (3)
Fièvre	61.5 (72)	83.3 (10)	63.6 (7)	73.9 (17)
Douleurs musculaires	4.3 (5)	0	0	0
Nausées / Vomissements	2.6 (3)	0	0	0

Maux de tête	4.3 (5)	8.3 (1)	9.1 (1)	8.7 (2)
Éruptions cutanées	14.5 (17)	41.7 (5)	27.3 (3)	34.8 (8)
Hémorragies	45.3 (53)	25.0 (3)	27.3 (3)	26.1 (6)
À quelle(s) saison(s) pensez-vous que le				
risque de contracter une maladie transmise				
par les moustiques soit le plus élevé?	10.0 (00)	E0 2 /7\		47.0 (44)
Printemps	18.8 (22)	58.3 (7)	36.4 (4)	47.8 (11)
Été	51.3 (60)	0.50 (6)	45.5 (5)	47.8 (11)
Automne	2.6 (3)	8.3 (1)	0	4.3 (1)
Hiver	0.9 (1)	0	0	0
Toute l'année	0.9 (1)	0	0	0
Saison des pluies	25.6 (30)	16.7 (2)	18.2 (2)	8.7 (2)
À quel(s) moment(s) de la journée les				
moustiques peuvent-ils piquer?		00.0 (1)	45 5 (5)	00 ( (0)
La nuit		33.3 (4)	45.5 (5)	39.1 (9)
Le jour	1	0.25 (3)	54.5 (6)	39.1 (9)
A l'aube		16.7 (2)	36.4 (4)	26.1 (6)
Au crépuscule		41.7 (5)	63.6 (7)	52.2 (12)
À tout moment		33.3 (4)	0	17.4 (4)
Quelle(s) méthode(s) utilisez-vous pour vous				
protéger des maladies transmises par les				
moustiques?				
Aucune	0.9 (1)	0	0	0
Grillage sur les portes et fenêtres	0.9 (1)	0	0	0
Crèmes et aérosols anti-moustiques	16.2 (19)	58.3 (7)	27.3 (3)	43.5 (10)
Moustiquaires	83.8 (98)	91.7 (11)	100 (11)	95.7 (22)
Raquettes électriques	35.9 (42)	66.7 (8)	72.7 (8)	69.6 (16)
Encens anti-moustiques	2.6 (3)	16.7 (1)	0	4.3 (1)
Vêtements couvrants	3.4 (4)	0	9.1 (1)	4.3 (1)
Couvercles sur les réservoirs d'eau	3.4 (4)	0	0	0
Larvicides dans les réservoirs d'eau	4.3 (5)	0	0	0
Insecticides	65.8 (77)	83.3 (10)	90.9 (10)	86.9 (20)
Élimination des gîtes de reproduction	44.4 (52)	41.7 (5)	36.4 (4)	39.1 (9)
	1			

Poisson dans les réservoirs d'eau	6.8 (8)	8.3 (1)	9.1 (1)	8.7 (2)
Pièges à moustiques dans la maison	12.8 (15)	16.7 (2)	72.7 (8)	43.5 (10)
À quelle fréquence éliminez-vous les gîtes de reproduction des moustiques chez vous?				
Jamais	0.9 (1)	8.3 (1)	0	4.3 (1)
Moins d'une fois par mois	11.1 (13)	0	0	0
Une fois pas mois	1.7 (2)	0	0	0
2-3 fois par mois	6.8 (8)	8.3 (1)	0	4.3 (1)
Une fois par semaine	6.8 (8)	16.7 (2)	27.3 (3)	21.7 (5)
2-3 fois par semaine	19.7 (23)	8.3 (1)	36.4 (4)	21.7 (5)
Tous les jours	49.6 (58)	41.7 (5)	27.3 (3)	34.8 (8)
Seulement après un épisode pluvieux	3.4 (4)	16.7 (2)	9.1 (1)	13.0 (3)

# Scores de connaissances et pratiques :

L'examen visuel de la distribution des scores de connaissances et pratiques et un test de Kolmogorov-Smirnov ont permis de rejeter l'hypothèse d'une distribution normale des données (p-value < 0.05) (**figure 26**). Un test d'adéquation pour une distribution de Poisson montrant une valeur élevée du coefficient  $\chi^2$  et l'observation d'une variance plus élevée que la valeur moyenne ont conduit à suspecter un problème de surdispersion des données. Par conséquent, le modèle de Poisson a été jugé inapproprié et il a été décidé de recourir au modèle de régression binomiale négative pour l'analyse multivariée (généralisation du modèle de Poisson permettant de pallier le problème de surdispersion).

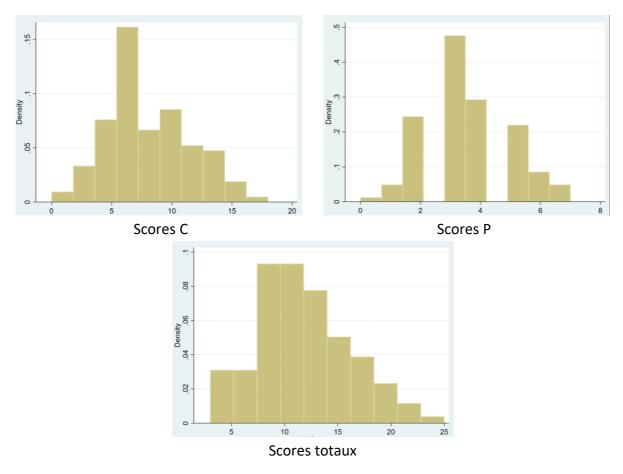


Figure 26 : Distribution des données de scores (réalisé sous STATA 15)

Les scores totaux de connaissances et pratiques variaient de 3 à 25 points (0 à 18 pour les connaissances ; 0 à 7 pour les pratiques) (figure 27).

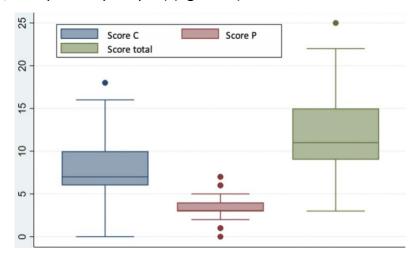


Figure 27 : Visualisation de la dispersion des données de score (réalisé sous STATA 15)

Le score total médian pour les pratiques et connaissances était de 11 ; 7 pour les connaissances et 3 pour les pratiques. L'analyse statistique n'a pas permis de mettre en évidence de différence significative entre les scores des groupes contrôle et intervention (test U de Mann-Whitney avec une p-value = 0.284 pour les connaissances et 0.426 pour les pratiques).

Les résultats des tests U de Mann-Whitney and de Kruskal-Wallis destinés à comparer les scores en fonction des différentes variables démographiques sont présentés dans le **tableau** XII. Quatre variables ont été significativement associées aux scores moyens de connaissances et pratiques (p-values < 0.05) à l'analyse univariée : niveau d'éducation, profession, district de résidence et historique familial de maladies arbovirales. Une comparaison post-hoc par paires au moyen du test de Dunn-Bonferroni a permis de montrer que les participants ayant un niveau d'éducation inférieur à l'école primaire avaient des scores CP significativement moins élevés que ceux ayant un niveau correspondant au lycée (p-value = 0.035) ou à l'université (p-value = 0.025) (**tableau XIII**). De plus, les habitants du district rural de Chuong My présentaient des scores de pratiques moins élevés que ceux de Ba Dinh (p-value = 0.0197) et Ha Dong (p-value = 0.0264). Un test de Dunn (sans correction de Bonferroni) a montré que les agriculteurs, ouvriers/vendeurs et personnes sans emploi obtenaient des scores CP inférieurs aux autres professions (p-values < 0.05). Enfin, les participants dont un membre de la famille avait été infecté par le virus de la dengue avaient des scores CP significativement plus élevés.

Tableau XII : Scores moyens en fonction des variables démographiques

Variable	Score C		Score P		Score total	
	(med ± EI)		(med ± EI)		(med ± EI)	
	7 ± 4	p-value	3 ± 1	p-value	11 ± 6	p-value
Genre*						
Homme	8 ± 3	0.138	4 ± 1	0.610	12 ± 5	0.176
Femme	7 ± 5		3 ± 2		10 ± 7	
Âge**						
18 - 39	7 ± 5.5	0.429	3 ± 2	0.697	11 ± 7.5	0.478
40 -49	7 ± 3.5		3 ± 2		10.5 ± 4	
50 - 59	8 ± 6		3 ± 2		12 ± 8	
60+	$7.5 \pm 5$		3.5 ± 1		10.5 ± 5.5	
District**						
Chuong My	7 ± 4	0.065	3 ± 2	0.019	10 ± 4	0.029
Ha Dong	8 ± 5		4 ± 2		12.5 ± 7.5	
Ba Dinh	8 ± 3		4 ± 2		12 ± 5	
Niveau d'éducation**						
≤ École primaire	6 ± 5	0.003	3 ± 2	0.041	8.5 ± 5.5	0.002
Collège	7 ± 3.5		3 ± 2.5		10 ± 5.5	
Lycée	8.5 ± 4		4 ± 2		12 ± 6	
≥ Université	8 ± 4		3 ± 2		12 ± 6	

Profession**						
Sans emploi	6 ± 1	0.022	3 ± 2	0.003	10 ± 2	0.004
Agriculteur	7 ± 4.5		3 ± 2		$9.5 \pm 5.5$	
Ouvrier/Vendeur	7 ± 2.5		$3 \pm 0.5$		10 ± 3	
Services publics/privés	9 ± 5		5 ± 2		12 ± 5	
Profession libérale	8 ± 6		5 ± 3		13 ± 8	
Retraité	9 ± 5		4 ± 2		13 ± 7	
Étudiant	3.5 ± 1		2 ± 4		$5.5 \pm 5$	
Historique familial de maladie arbovirale*						
Oui	12 ± 6	0.047	4 ± 1	0.032	16 ± 7	0.028
Non	7 ± 4		3 ± 1		11 ± 4	

<sup>\*</sup> Test U de Mann-Whitney

<u>Tableau XIII</u>: Comparaison des scores du groupe d'éducation "≤ École primaire" avec les autres niveaux d'éducation par test de Dunn-Bonferroni

Niveau d'éducation	p-value (score C)	p-value (score P)	p-value (score total)
Collège	0.5602	0.2978	0.2103
Lycée	0.0157	0.0160	0.0035
Université	0.004	0.1266	0.0025

Cependant, seuls le niveau d'éducation et l'historique familial de maladies arbovirale sont apparus comme significativement associés aux scores CP à l'analyse multivariée, suggérant l'existence de facteurs de confusion (tableau XIV).

<u>Tableau XIV</u>: Régression négative binomiale testant l'association entre les scores CP et les différentes variables démographiques

Variable	K score (p-value)	P score (p-value)	Total score (p-value)
District	0.092	0.142	0.045
Niveau d'éducation	0.001	0.233	0.001
Profession	0.396	0.319	0.849
Historique familial	0.050	0.188	0.040

<sup>\*\*</sup> Test de Kruskal Wallis

Un test de comparaison du  $\chi^2$  a révélé une différence significative de proportions des différentes catégories d'éducation entre les trois districts (p-value = 0.014), le district central de Ba Dinh possédant une plus forte proportion d'individus ayant un niveau d'éducation supérieur au collège. Une association significative entre les variables "Niveau d'éducation" et "Profession" a été également été mise en évidence par un test du  $\chi^2$  (p-value = 0.004). Ces résultats suggèrent que les variables "District" et "Profession" sont probablement des facteurs de confusion.

# Corrélation entre connaissances et pratiques :

Le test de corrélation de Spearman a permis de mettre en évidence une forte corrélation positive entre les scores de connaissances et de pratiques (coefficient rho = 0.6161 et p-value < 0.001) (figure 28).

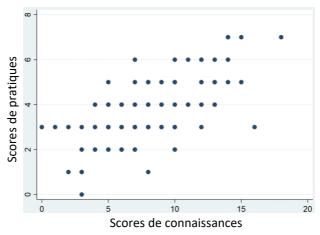


Figure 28 : Corrélation entre les scores de connaissances et pratiques (réalisé sous STATA 15)

## • Résultats de l'étude post-intervention :

#### > Scores CP:

Le test des rangs signés de Wilcoxon utilisé pour comparer les scores avant et après intervention dans les groupes de contrôle et d'intervention a montré une augmentation significative des scores CP dans les deux groupes (p-value < 0.05) (tableau XV). Cette hausse n'était pas significativement différente entre les deux groupes (test U de Mann-Whitney avec une p-value = 0.6194 pour le score C; 0.2230 pour le score P; 0.9012 pour le score total).

Toutefois, seul le groupe ayant reçu l'intervention a obtenu des scores de pratiques plus élevés (p-value = 0.0121).

<u>Tableau XV :</u> Test des rangs signés de Wilcoxon pour la comparaison des scores CP avant et après intervention

	K score p-value	P score p-value	Total score p-value
Control	0.0083	0.1473	0.0173
Intervention	0.0125	0.0121	0.0048

## Analyse qualitative :

Sur les onze participants du groupe d'intervention, dix ont rapporté avoir utilisé le piège lumineux qui leur avait été fourni, principalement durant la nuit. La plupart ne se souvenaient pas des informations sur l'écologie des vecteurs mais cinq ont affirmé se rappeler des méthodes de prévention décrites sur l'éventail. Sur les deux groupes, dix répondants (quatre "interventions" et six "contrôles") sont parvenus à identifier correctement les périodes d'activité des moustiques (tableau XI). Seule une minorité de participants se sont inscrits sur le groupe de l'application Zalo, soit parce qu'ils ne possédaient pas de téléphone adapté soit parce qu'ils n'étaient pas à l'aise avec son utilisation.

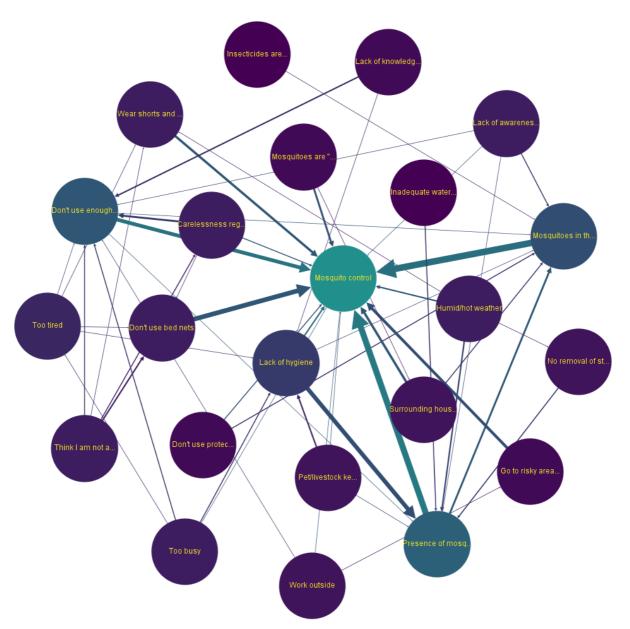
Une majorité 78.3% (huit "interventions" et dix "contrôles") s'estimaient à risque d'infection par une maladie arbovirale et 69.6% (six "interventions" et dix "contrôles") considéraient ne pas se protéger suffisamment. Cependant, seules trois personnes (13%) ont rapporté un changement dans leurs pratiques suite à notre visite (ex : élimination plus fréquente des eaux stagnantes, recherche des gîtes de reproduction) dont seulement une issue du groupe d'intervention. Interrogées à propos des raisons pour lesquelles elles ne se protégeaient pas plus, la plupart expliquaient qu'elles ne se pensaient pas capables d'agir efficacement sur l'environnement extérieur et rejetaient généralement la responsabilité sur leurs voisins, estimant leur propre maison exempte de gîtes de reproduction. Certains ont expliqué être trop occupés pour mettre en place des mesures de contrôle et d'autres ont suggéré plus d'implication des autorités locales avec par exemple la mise en place de campagnes de pulvérisation massive d'insecticide.

## Exercice de « cartographie du risque » :

L'examen visuel du graphe agrégé (figure 29) associé à la mesure des degrés entrant et sortant pour chaque variable causale (figure 30) indiquent qu'un grand nombre de participants a identifié la présence de gîtes de reproduction des moustiques dans l'environnement comme un facteur de risque déterminant. Le manque d'hygiène ainsi que des mesures de protection insuffisantes ou inadéquates, en particulier l'usage de moustiquaires, constituaient également des nœuds présentant une forte connectivité au sein du réseau (figure 30). A contrario, des facteurs tels que « Climat chaud et humide » et « Présence d'animaux d'élevage » se situaient en marge du réseau avec peu de connections aux autres variables. Seuls quatre participants ont mentionné un stockage de l'eau inadéquat ou un manque d'élimination des eaux stagnantes comme facteurs responsables de la prolifération des moustiques. Des croyances culturelles ont également été mentionnées : certains pensaient ainsi que les personnes étrangères au foyer, de groupe sanguin O ou « ayant un sang sucré » étaient plus susceptibles de se faire piquer. De façon générale, la plupart des personnes interrogées rejetaient la responsabilité du manque de lutte anti-vectorielle sur les foyers voisins.

Cet exercice a par ailleurs permis d'identifier des obstacles à l'adoption de mesures de protection, les principaux étant un manque de connaissances concernant les moyens de prévention et une faible conscience du risque. Ainsi, certains participants nous ont expliqué

ne pas savoir où trouver des produits anti-moustiques ou à quel moment les utiliser. Près d'un tiers des répondants ont aussi admis négliger la protection parce qu'ils ne percevaient pas le risque d'attraper une arbovirose comme sérieux, estimant par exemple qu'il y avait peu de moustiques dans leur propre maison ou devant l'absence d'épidémie récente. Les moustiques n'étaient pas toujours perçus comme une menace, leur présence dans l'environnement étant considérée par certains comme normale. De plus, des connaissances lacunaires sur la biologie des vecteurs conduisaient à une mauvaise utilisation des méthodes de protection : par exemple, certains participants n'utilisaient jamais de moustiquaires lorsqu'ils dormaient en journée car ils pensaient que les moustiques ne piquaient que la nuit, ce qui n'est pas le cas d'Aedes sp. vecteur de la dengue et de l'encéphalite Japonaise.



<u>Figure 29</u>: Cartographie agrégée représentant la perception générale du risque et des barrières à la lutte anti-vectorielle (réalisé sous System Effects)

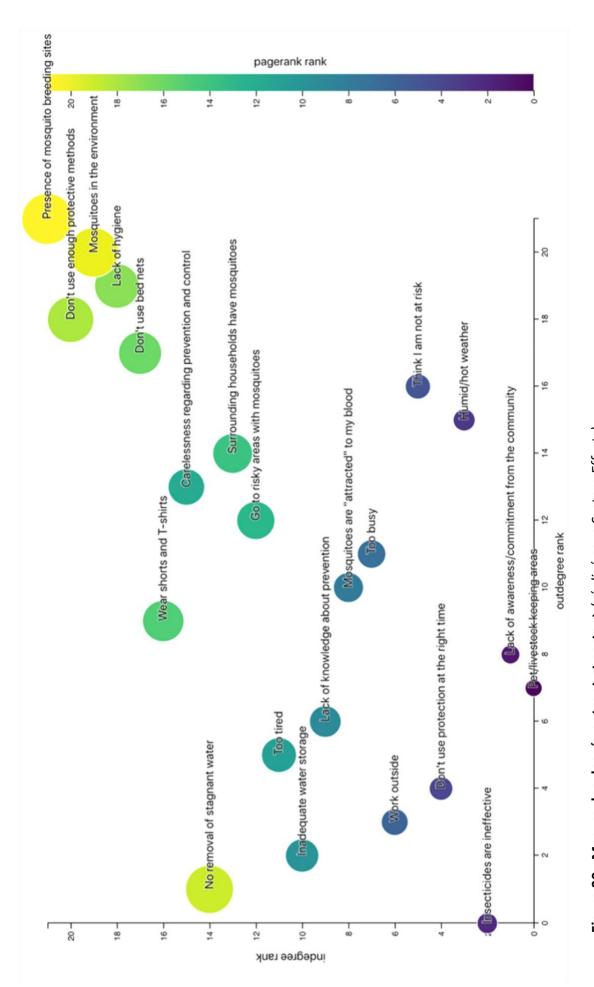


Figure 30 : Mesure des degrés entrant et sortant (réalisé sous System Effects)

## 3) Discussion:

Les résultats de l'étude ont permis de révéler des lacunes dans les connaissances des participants au sujet des maladies arbovirales. Si la plupart connaissaient l'existence de la dengue, peu ont mentionné celles d'autres arboviroses d'importance telles que l'encéphalite Japonaise. Paradoxalement, une majorité avaient fait vacciner leurs enfants contre l'encéphalite Japonaise, ce qui suggère que les communications en matière de santé publique sont insuffisantes ou inadéquates. Il est également possible que les répondants n'aient pas conscience qu'il s'agit d'une maladie transmise par les moustiques. Environ un tiers de l'échantillon n'était pas capable de citer de symptômes de maladies arbovirales et les deux tiers restants mentionnaient principalement la fièvre, ce qui les rend peu susceptibles de solliciter des soins appropriés et d'obtenir un diagnostic. Les connaissances au sujet des vecteurs se sont également révélées incomplètes, seul un faible nombre étant conscient de la possibilité pour les moustiques de se reproduire dans les collections d'eau claire et de piquer à n'importe quel moment de la journée. Il est possible qu'une confusion avec Anopheles en soit la cause : ainsi lors d'une étude similaire au Laos, un tiers des personnes interrogées pensaient que la dengue et la malaria étaient la même maladie (80). Les autres études du même type rapportent en général de meilleures connaissances sur les maladies que sur les vecteurs (93). Par conséquent, les comportements de prévention étaient parfois inadéquats : beaucoup par exemple négligeaient l'utilisation de la moustiquaire en journée. L'usage de protections personnelles telles que les encens ou aérosols anti-moustiques s'est révélée moins répandu que les méthodes ciblant l'environnement (ex : pulvérisation d'insecticides, élimination des gîtes de reproduction).

A l'instar de précédentes études, le niveau d'éducation ainsi que l'historique familial de maladies arbovirales ont été significativement associés au niveau de connaissance dans l'analyse statistique multivariée (les individus ayant un haut niveau d'éducation et/ou un parent ayant contracté une arbovirose présentant de meilleurs scores de connaissances) (45,70,78,80,81). Bien que dans le cas présent l'analyse statistique ait conclu à l'existence d'une corrélation positive entre connaissances et pratiques, celle-ci n'est pas corroborée de façon consistante dans la littérature : un grand nombre d'études similaires remettent au contraire ce lien en question, ayant constaté qu'un haut niveau de connaissances ne se traduisait pas nécessairement par de meilleures pratiques de prévention (45,70,76,80,81,95,96,109). Cette dichotomie a aussi été observée lors de l'étude postintervention : bien qu'une majorité de personnes interrogées estimaient être à risque et ne pas se protéger suffisamment, très peu traduisaient cette prise de conscience par des changements dans leurs pratiques. De plus, malgré la mise en évidence de cette corrélation dans notre analyse, les variables significativement associées au score de connaissances ne l'étaient paradoxalement pas avec le score de pratiques, ce qui soulève la question du degré de confiance à apporter au modèle statistique utilisé. Cela suggère également l'existence d'obstacles à la mise en pratique des connaissances, que nous avons tenté d'identifier dans la deuxième partie de notre enquête.

Bien qu'une hausse du score CP total ait été observée à la fois dans le groupe contrôle et le groupe d'intervention, seuls les participants de ce dernier ont obtenu de meilleurs scores de pratiques. Ainsi, si notre intervention semble avoir eu un effet positif sur l'adoption de comportements de prévention, il apparaît que l'amélioration des connaissances n'en soit pas la cause principale, ce que suggéraient déjà les études n'ayant pas mis en évidence de lien entre connaissances et pratiques. Par ailleurs, lorsqu'il leur était demandé de se rappeler des messages transmis lors de l'intervention, les participants se souvenaient surtout des méthodes de prévention et peu des informations spécifiques sur les vecteurs et l'épidémiologie des maladies imprimées sur l'éventail. L'augmentation du score C du groupe contrôle suggère que notre visite en elle-même a eu plus d'impact sur la perception des maladies que le matériel de communication fourni au groupe d'intervention : le fait même d'être interrogé au sujet des arboviroses et voir les intervenants inspecter les lieux à la recherche de gîtes de reproduction a pu suffire à provoquer une prise de conscience chez tous les participants. De manière générale, toutes les personnes interrogées ont en effet rapporté se sentir plus concernées par le risque de maladies arbovirales suite à notre enquête. L'une d'entre elles a par exemple expliqué changer plus fréquemment l'eau de ses animaux après que les intervenants y aient détecté des larves de moustiques et même quelques participants du groupe contrôle ont affirmé avoir recherché des gîtes de reproduction sur leur propriété après notre visite. L'augmentation du score P observée seulement dans le groupe d'intervention souligne quant à elle la nécessité d'interagir avec les participants et d'expliquer les messages de prévention pour motiver leur mise en pratique (79,88). Ceci corrobore les observations de précédentes études ayant montré une efficacité limitée voire un effet négatif des seuls brochures et imprimés sur les changements comportementaux (85,88,90,92) : lors d'une campagne éducative menée aux États-Unis de 2010 à 2012, les intervenants ont ainsi observé une plus grande réduction des gîtes de ponte dans le groupe contrôle que chez les participants ayant reçu divers supports d'information (brochures, magnets, bloc-notes, calendrier) (95).

L'exercice de « cartographie du risque » a permis d'identifier plusieurs obstacles à la mise en place des mesures de lutte anti-vectorielle. Malgré une conscience accrue du risque, peu de participants estimaient en effet appliquer suffisamment les mesures de prévention. Beaucoup ont expliqué avoir un sentiment d'impuissance, la présence de moustiques dans l'environnement extérieur étant perçue comme une fatalité sur laquelle il ne leur était pas possible d'agir. Ces constats peuvent être rapprochés de ceux d'une étude conduite à la Martinique où, malgré une bonne perception du risque de dengue, les habitants entretiennent une attitude fataliste et une réticence à appliquer des mesures protectives. Ce phénomène peut s'expliquer par un processus de « normalisation » courant en zone d'endémie : au bout d'un certain temps, le risque fini par être considéré comme normal par la population (76). En outre, la croyance répandue que les moustiques ne piquent pas en journée conduisait les participants à sous-estimer le risque et par conséquent négliger la prévention durant le jour. De plus, bien que la présence de gîtes de reproduction dans l'environnement soit perçue comme problématique, peu s'en estimaient responsables et

rejetaient souvent la faute sur leurs voisins, conduisant à un manque général de contrôle des vecteurs. Un des participants travaillant comme chef du service de santé animale au Comité Populaire local a ainsi déploré le manque d'engagement de la communauté dans la lutte antivectorielle. Des barrières comparables ont été décrites lors d'une autre étude à Hanoï en 2017 (97) : de manière globale, le contrôle des vecteurs souffrait d'un manque d'intérêt et d'engagement de la population, des ONG et des pouvoirs publiques. Dans cette étude, les résidents ne se sentaient pas responsables du contrôle des vecteurs et préféraient s'en remettre aux travailleurs de santé locaux qui devaient eux-mêmes visiter les foyers pour éliminer les gîtes de ponte. Le manque de communication de la part du secteur de la santé et l'absence de directives claires ont également été pointés du doigt.

Cette étude présente plusieurs limites. Tout d'abord, l'échantillonnage a été réalisé en partie par commodité, plusieurs individus initialement sélectionnés n'étant pas accessibles ou refusant de répondre et ayant dû être remplacés sur le terrain. Les autorités nous ont notamment interdit l'accès aux fermes porcines pour cause d'épidémie de peste porcine africaine. Les entretiens avaient de plus lieu en journée à des moments où les actifs étaient absents du foyer, ce qui peut expliquer la forte proportion de personnes retraitées ou sans emploi et donc limiter la représentativité de l'échantillon. Des impératifs logistiques et administratifs nous ont également contraint à réduire la taille de l'échantillon : la nécessité d'être accompagné par un vétérinaire du district et un membre du Comité Populaire communal dans tous les foyers visités a conduit à nous limiter à quatre communes par district de façon à réduire l'aire géographique d'étude. N'ayant pas la possibilité de bénéficier de cet accompagnement pour l'étude post-intervention, la taille du sous-échantillon a été fortement restreinte, ce qui limite la significativité des résultats.

Les enquêtes CAP ont également pu être affectées par des biais de déclaration. Il est par exemple peu probable que près de la moitié des participants effectue une élimination quotidienne des gîtes de reproduction, et on peut penser que beaucoup aient été tentés de donner ce qu'ils estimaient être une « bonne réponse » plutôt que ce qu'ils effectuaient réellement. Lors d'une étude CAP similaire conduite au Cambodge en 2018, les intervenants ont ainsi pu constater que les pratiques observées ne coïncidaient pas avec celles rapportées par les habitants (80). Peut-être aussi n'avaient-ils pas conscience de tous les gîtes de reproduction existant sur leurs terrains. Enfin, il est possible que l'intervention dispensée aux participants ait varié entre les deux équipes de recherche qui travaillaient en parallèle.

Les réponses au questionnaire CAP de référence et les résultats de l'étude d'intervention ont montré que le recours aux réseaux sociaux pour communiquer en matière de santé publique n'était pas le moyen le plus approprié, en gardant toutefois à l'esprit que l'échantillon d'étude comportait principalement des personnes âgées et n'était donc pas nécessairement représentatif de la population globale. Bien qu'une diffusion de l'information via haut-parleurs ou la télévision puissent avoir potentiellement plus d'impact (87), elle aurait nécessité l'implication des autorités et le recours à des ressources logistiques dont nous ne disposions

pas. De façon intéressante, il a été constaté que le personnel de santé semblait peu intervenir dans la transmission de l'information sur les maladies arbovirales. D'autres études ont pourtant montré qu'il s'agissait de l'intermédiaire le plus efficace pour communiquer en matière de santé (84,87,94,97).

L'exercice de « cartographie du risque » aurait pu être optimisé en organisant une session d'entraînement en groupe afin de mieux expliquer le principe de l'exercice aux participants et limiter au maximum l'influence des enquêteurs lors de sa réalisation. Ceci n'a pas pu être réalisé faute du temps et des ressources logistiques nécessaires.

### 4) Conclusion:

L'étude réalisée cette année corrobore les conclusions de précédentes études ayant montré un impact positif des approches éducatives sur le contrôle des arboviroses. Une prise de conscience du risque et une augmentation des connaissances ont pu être constatés dans un petit sous-échantillon une semaine après l'intervention. Toutefois, il a également été démontré qu'il n'était pas suffisant d'informer pour motiver la mise en œuvre des mesures de prévention, suggérant l'existence de barrières limitantes. La perception du risque mais aussi de sa propre capacité à lutter contre les vecteurs se sont avérés être deux facteurs clés dans l'adoption des comportements de prévention : bien que conscient du risque d'infection, nombre de participants s'estimaient en effet impuissants à lutter contre les vecteurs. Il apparaît donc important non seulement de promouvoir des connaissances exactes, mais aussi de fournir des moyens d'action concrets pour montrer aux populations qu'elles peuvent avoir un contrôle sur la transmission des maladies (ex : distribution de couvercles pour les réservoirs ou de sacs poubelles pour ramasser les déchets). L'adoption de démarches participatives associant explication verbale et démonstration active y contribue fortement, en demandant par exemple aux participants de rechercher eux-mêmes les gîtes de reproduction sur leurs terrains. Comme souligné par un membre du Comité Populaire lors de son entretien, la responsabilisation et la mobilisation des communautés sont indispensables à la réussite des programmes de lutte anti-vectorielle. Plus d'implication de la part du personnel de santé dans le processus de diffusion de l'information au niveau local pourrait également se révéler bénéfique. Malheureusement, le manque de ressources reste le principal facteur limitant dans de nombreuses situations.

# CONCLUSION

On assiste actuellement à une expansion et une augmentation dramatiques du nombre et de l'intensité des épidémies d'arboviroses dans le monde. Les transformations économiques, démographiques et sociétales majeures liées à la mondialisation qu'a connues l'Asie du Sud-Est au cours de ces dernières décennies en font une région particulièrement touchée : l'explosion de sa population accompagnée d'une urbanisation mal planifiée, l'intensification des déplacements internationaux d'hommes et d'animaux ainsi que les changements climatiques ont fortement contribué à la résurgence et à la propagation des arbovirus et de leurs vecteurs. Les virus de la dengue, de l'encéphalite Japonaise et du chikungunya circulent à présent de manière endémique dans de nombreux pays tandis que les virus West Nile et de la fièvre jaune pourraient bientôt constituer de sérieuses menaces. Les dernières années ont également vu émerger le virus Zika comme urgence de santé publique au niveau mondial. Ce phénomène étant peu susceptible de s'atténuer dans un futur proche, il est urgent que les gouvernements et instances internationales consacrent à la lutte contre les arboviroses toutes l'attention et les ressources qu'elle nécessite.

Dans l'attente du développement de vaccins et d'antiviraux sûrs et efficaces, la lutte antivectorielle reste la principale stratégie de prévention contre la plupart des arboviroses. Elle repose encore très largement sur l'usage d'insecticides dont l'efficacité a toutefois montré ses limites: leur coût, l'apparition de résistances et les contraintes logistiques qu'ils imposent en font une méthode difficilement maintenable sur le long terme. Pour faire face à cette situation, de nouveaux moyens de contrôle sont explorés, parmi lesquels l'usage d'agents biologiques tels que Mesocyclops et Wolbachia montre des résultats prometteurs.

Le contrôle des vecteurs souffre également d'un manque d'engagement des populations locales, qui ne perçoivent pas le risque comme sérieux ou ne s'estiment pas capables d'agir. À ce titre, les bénéfices des approches éducatives participatives qui mobilisent les communautés sont de plus en plus reconnus : par l'amélioration des connaissances sur les maladies et la responsabilisation des individus, elles parviennent à motiver l'adoption de pratiques préventives indispensables à la réussite des programmes de lutte. L'exemple développé dans cette thèse illustre bien le potentiel de telles approches et les obstacles à leur mise en place : à Hanoï où la dengue sévit fortement, les autorités sanitaires ont échoué à contrôler la prolifération des vecteurs et les habitants se sentent globalement peu concernés par la lutte anti-vectorielle. Leur participation à une intervention éducative a permis de provoquer une prise de conscience et favorisé les comportements de prévention, notamment l'élimination des gîtes de ponte des moustiques. Pour être durables, il est toutefois essentiel que ces efforts soient encadrés et soutenus par les pouvoirs publics.

Pour conclure, il est clair qu'une seule modalité d'intervention ne suffira pas pour exercer un contrôle durable sur la transmission des arboviroses. Il convient de multiplier les angles d'approche en combinant lutte anti-vectorielle, vaccination et éducation des populations à risque. Pour ce faire, une collaboration intersectorielle forte doit s'établir entre les gouvernements, le secteur de la santé, les organisations internationales, les institutions de recherche et autres acteurs essentiels de façon à cibler l'ensemble des facteurs de l'émergence et optimiser l'allocation de ressources souvent limitées.

# **Bibliographie**

- 1. Gubler DJ. The Global Emergence/Resurgence of Arboviral Diseases As Public Health Problems. Arch Med Res. 2002 Jul;33(4):330–42.
- 2. Marchi S, Trombetta CM, Montomoli E. Emerging and Re-emerging Arboviral Diseases as a Global Health Problem. In: Majumder MdAA, Kabir R, Rahman S, editors. Public Health Emerging and Re-emerging Issues [Internet]. InTech; 2018 [cited 2019 Aug 9]. Available from: http://www.intechopen.com/books/public-health-emerging-and-re-emerging-arboviral-diseases-as-a-global-health-problem
- 3. Dash AP, Bhatia R, Sunyoto T, Mourya DT. Emerging and re-emerging arboviral diseases in Southeast Asia. J Vector Borne Dis. 2013;8.
- 4. Gould E, Pettersson J, Higgs S, Charrel R, de Lamballerie X. Emerging arboviruses: Why today? One Health. 2017 Dec;4:1–13.
- 5. Wilder-Smith A, Gubler DJ, Weaver SC, Monath TP, Heymann DL, Scott TW. Epidemic arboviral diseases: priorities for research and public health. Lancet Infect Dis. 2017 Mar;17(3):e101–6.
- 6. Gubler DJ. Human Arbovirus Infections Worldwide. Ann N Y Acad Sci. 2006 Jan 25;951(1):13–24.
- 7. World Health Organization (Regional Office for the Eastern Mediterranean). Besoin d'interventions urgentes pour la dengue, une maladie émergente en rapide expansion. 2011.
- 8. Bhatia R, Dash A, Sunyoto T. Changing epidemiology of dengue in South-East Asia. WHO South-East Asia J Public Health. 2013;2(1):23.
- 9. Srikiatkhachorn A, Mathew A, Rothman AL. Immune-mediated cytokine storm and its role in severe dengue. Semin Immunopathol. 2017 Jul;39(5):563–74.
- 10. Mackenzie JS, Gubler DJ, Petersen LR. Emerging flaviviruses: the spread and resurgence of Japanese encephalitis, West Nile and dengue viruses. Nat Med. 2004 Dec;10(S12):S98–109.
- 11. Eder M, Cortes F, Teixeira de Siqueira Filha N, Araújo de França GV, Degroote S, Braga C, et al. Scoping review on vector-borne diseases in urban areas: transmission dynamics, vectorial capacity and co-infection. Infect Dis Poverty. 2018 Dec;7(1):90.
- 12. Garcia M, Lévêque N. Référentiel de virologie: Arbovirus. 2016.
- 13. Duong V, Vong S, Buchy P. Dengue and other arbovial diseases in South-East Asia. Médecine Trop. 2009;(69):339–44.

- 14. Cuong HQ, Hien NT, Duong TN, Phong TV, Cam NN, Farrar J, et al. Quantifying the Emergence of Dengue in Hanoi, Vietnam: 1998–2009. Halstead SB, editor. PLoS Negl Trop Dis. 2011 Sep 27;5(9):e1322.
- 15. Ooi E-E, Gubler DJ. Dengue in Southeast Asia: epidemiological characteristics and strategic challenges in disease prevention. Cad Saúde Pública. 2009;25(suppl 1):S115–24.
- 16. Londono-Renteria B, Troupin A, Colpitts TM. Arbovirosis and potential transmission blocking vaccines. Parasit Vectors. 2016 Dec;9(1):516.
- 17. Andraud M, Hens N, Marais C, Beutels P. Dynamic Epidemiological Models for Dengue Transmission: A Systematic Review of Structural Approaches. Nishiura H, editor. PLoS ONE. 2012 Nov 6;7(11):e49085.
- 18. Nguyen-Tien T, Lundkvist Å, Lindahl J. Urban transmission of mosquito-borne flaviviruses a review of the risk for humans in Vietnam. Infect Ecol Epidemiol. 2019 Jan 1;9(1):1660129.
- 19. Solomon T. NEUROLOGICAL ASPECTS OF TROPICAL DISEASE: Japanese encephalitis. J Neurol Neurosurg Psychiatry. 2000 Apr 1;68(4):405–15.
- Mackenzie JS, Williams DT, Smith DW. Japanese Encephalitis Virus: The Geographic Distribution, Incidence, and Spread of a Virus with a Propensity to Emerge in New Areas.
   In: Perspectives in Medical Virology [Internet]. Elsevier; 2006 [cited 2019 Oct 18]. p. 201–68.
  - Available from: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0168706906160103
- 21. Shimoda H, Ohno Y, Mochizuki M, Iwata H, Okuda M, Maeda K. Dogs as Sentinels for Human Infection with Japanese Encephalitis Virus. Emerg Infect Dis. 2010 Jul;16(7):1137–9.
- 22. Shimoda H, Inthong N, Noguchi K, Terada Y, Nagao Y, Shimojima M, et al. Development and application of an indirect enzyme-linked immunosorbent assay for serological survey of Japanese encephalitis virus infection in dogs. J Virol Methods. 2013 Jan;187(1):85–9.
- 23. Ghosh D, Basu A. Japanese Encephalitis—A Pathological and Clinical Perspective. Brooker S, editor. PLoS Negl Trop Dis. 2009 Sep 29;3(9):e437.
- 24. PATH JE. Japanese Encaphalitis Morbidity, Mortality, and Disability: Reduction and Control by 2015. PATH; 2009.
- 25. Failloux A-B. Les émergences d'arboviroses : Chikungunya et zika. Bull Académie Natl Médecine. 2016 Nov;200(8–9):1589–603.
- 26. Wiwanitkit V. The current status of Zika virus in Southeast Asia. Epidemiol Health. 2016 Jun 16;38:e2016026.

- 27. Haby MM, Pinart M, Elias V, Reveiz L. Prevalence of asymptomatic Zika virus infection: a systematic review. Bull World Health Organ. 2018 Jun 1;96(6):402-413D.
- 28. Wimalasiri-Yapa BMCR, Stassen L, Huang X, Hafner LM, Hu W, Devine GJ, et al. Chikungunya virus in Asia Pacific: a systematic review. Emerg Microbes Infect. 2019 Jan;8(1):70–9.
- 29. Hierlihy C, Waddell L, Young I, Greig J, Corrin T, Mascarenhas M. A systematic review of individual and community mitigation measures for prevention and control of chikungunya virus. Samy AM, editor. PLOS ONE. 2019 Feb 27;14(2):e0212054.
- 30. Hapuarachchi HC, Bandara KBAT, Sumanadasa SDM, Hapugoda MD, Lai Y-L, Lee K-S, et al. Re-emergence of Chikungunya virus in South-east Asia: virological evidence from Sri Lanka and Singapore. J Gen Virol. 2010 Apr 1;91(4):1067–76.
- 31. Platt KB. Characterization of West Nile Virus infection in Swine. 2004.
- 32. Trevejo RT, Eidson M. West Nile Virus. J Am Vet Med Assoc. 2008;232(9).
- 33. Didier C. Etude de l'émergence récente d'arboviroses zoonotiques en Europe de l'Ouest dengue et chikungunya. :135.
- 34. Kraemer MU, Sinka ME, Duda KA, Mylne AQ, Shearer FM, Barker CM, et al. The global distribution of the arbovirus vectors Aedes aegypti and Ae. albopictus. eLife. 2015 Jun 30;4:e08347.
- 35. Minh An DT, Rocklöv J. Epidemiology of dengue fever in Hanoi from 2002 to 2010 and its meteorological determinants. Glob Health Action. 2014 Dec;7(1):23074.
- 36. Vu HH, Okumura J, Hashizume M, Tran DN, Yamamoto T. Regional Differences in the Growing Incidence of Dengue Fever in Vietnam Explained by Weather Variability. Trop Med Health. 2014;42(1):25–33.
- 37. Bashar K, Rahman MdS, Nodi IJ, Howlader AJ. Species composition and habitat characterization of mosquito (Diptera: Culicidae) larvae in semi-urban areas of Dhaka, Bangladesh. Pathog Glob Health. 2016 Feb 17;110(2):48–61.
- 38. Leta S, Beyene TJ, De Clercq EM, Amenu K, Kraemer MUG, Revie CW. Global risk mapping for major diseases transmitted by Aedes aegypti and Aedes albopictus. Int J Infect Dis. 2018 Feb;67:25–35.
- 39. Higa Y, Thi Yen N, Kawada H, Hai Son T, Thuy Hoa N, Takagi M. Geographic Distribution of Aedes aegypti and Aedes albopictus Collected from Used Tires in Vietnam. J Am Mosq Control Assoc. 2010 Mar;26(1):1–9.
- 40. Rozendaal JA. Mosquitoes and other biting Dipteria. In: Vector control Methods for use by individuals and communities. World Health Organization; 1997.

- 41. Carrington LB, Simmons CP. Human to Mosquito Transmission of Dengue Viruses. Front Immunol [Internet]. 2014 Jun 17 [cited 2019 Oct 12];5. Available from: http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fimmu.2014.00290/abstract
- 42. Lindahl J, Chirico J, Boqvist S, Thu HTV, Magnusson U. Occurrence of Japanese Encephalitis Virus Mosquito Vectors in Relation to Urban Pig Holdings. Am J Trop Med Hyg. 2012 Dec 5;87(6):1076–82.
- 43. Ruiz EF, Vasquez-Galindo CM, Aquije-Pariona XM, Torres-Roman JS. Outbreaks caused by Aedes aegyptis due to El Niño in a coastal area of Peru. Travel Med Infect Dis. 2018 Jan;21:78–9.
- 44. Brady OJ, Gething PW, Bhatt S, Messina JP, Brownstein JS, Hoen AG, et al. Refining the Global Spatial Limits of Dengue Virus Transmission by Evidence-Based Consensus. 2012;6(8):15.
- 45. Hung PT, Nam V. FACTORS DETERMINING DENGUE IN VIET NAM AND VECTOR CONTROL STRATEGY: A LITERATURE REVEW. :65.
- 46. Lee HS, Nguyen-Viet H, Nam VS, Lee M, Won S, Duc PP, et al. Seasonal patterns of dengue fever and associated climate factors in 4 provinces in Vietnam from 1994 to 2013. BMC Infect Dis. 2017 Dec;17(1):218.
- 47. Bhatt S, Gething PW, Brady OJ, Messina JP, Farlow AW, Moyes CL, et al. The global distribution and burden of dengue. Nature. 2013 Apr;496(7446):504–7.
- 48. Ruget A-S. « FACTEURS INFLUENÇANTS LA CIRCULATION DE L'ENCEPHALITE JAPONAISE EN ASIE DU SUD-EST». 2016;39.
- 49. Campbell G, Hills S, Fischer M, Jacobson J, Hoke C, Hombach J, et al. Estimated global incidence of Japanese encephalitis: Bull World Health Organ. 2011 Oct 1;89(10):766–74.
- 50. Ruget A-S, Beck C, Gabassi A, Trevennec K, Lecollinet S, Chevalier V, et al. Japanese encephalitis circulation pattern in swine of northern Vietnam and consequences for swine's vaccination recommendations. Transbound Emerg Dis. 2018 Dec;65(6):1485–92.
- 51. Hamel R, Liégeois F, Wichit S, Pompon J, Diop F, Talignani L, et al. Zika virus: epidemiology, clinical features and host-virus interactions. Microbes Infect. 2016 Jul;18(7–8):441–9.
- 52. Pham Thi KL, Briant L, Gavotte L, Labbe P, Perriat-Sanguinet M, Cornillot E, et al. Incidence of dengue and chikungunya viruses in mosquitoes and human patients in border provinces of Vietnam. Parasit Vectors. 2017 Dec;10(1):556.
- 53. Chancey C, Grinev A, Volkova E, Rios M. The Global Ecology and Epidemiology of West Nile Virus. BioMed Res Int. 2015;2015:1–20.

- 54. Lan D, Ji W, Yu D, Chu J, Wang C, Yang Z, et al. Serological evidence of West Nile virus in dogs and cats in China. Arch Virol. 2011 May;156(5):893–5.
- 55. Resnick MP, Grunenwald P, Blackmar D, Hailey C, Bueno R, Murray KO. Juvenile Dogs as Potential Sentinels for West Nile Virus Surveillance. Zoonoses Public Health. 2008 Apr 9;0(0).
- 56. Truong QH, TRuong UN, Nguyen VT, Nguyen VH, Nguyen DC. Risk Assessment of the Pilot Release of Aedes aegypti mosquitoes containing Wolbachia. 2011.
- 57. Amelia-Yap ZH, Chen CD, Sofian-Azirun M, Low VL. Pyrethroid resistance in the dengue vector Aedes aegypti in Southeast Asia: present situation and prospects for management. Parasit Vectors. 2018 Dec;11(1):332.
- 58. Zuharah WF, Fadzly N, Yusof NA, Dieng H. Risky Behaviors: Effects of *Toxorhynchites* splendens (Diptera: Culicidae) Predator on the Behavior of Three Mosquito Species. J Insect Sci. 2015;15(1):128.
- 59. Kawada H, Higa Y, Komagata O, Kasai S, Tomita T, Thi Yen N, et al. Widespread Distribution of a Newly Found Point Mutation in Voltage-Gated Sodium Channel in Pyrethroid-Resistant Aedes aegypti Populations in Vietnam. Aksoy S, editor. PLoS Negl Trop Dis. 2009 Oct 6;3(10):e527.
- 60. Hamid PH, Ninditya VI, Prastowo J, Haryanto A, Taubert A, Hermosilla C. Current Status of *Aedes aegypti* Insecticide Resistance Development from Banjarmasin, Kalimantan, Indonesia. BioMed Res Int. 2018 Dec 20;2018:1–7.
- 61. Andersson N, Nava-Aguilera E, Arosteguí J, Morales-Perez A, Suazo-Laguna H, Legorreta-Soberanis J, et al. Evidence based community mobilization for dengue prevention in Nicaragua and Mexico ( *Camino Verde*, the Green Way): cluster randomized controlled trial. BMJ. 2015 Jul 8;h3267.
- 62. World Health Organization. Global strategy for dengue prevention and control, 2012-2020. [Internet]. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 2012 [cited 2019 Aug 9].

Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/75303/1/9789241504034\_eng.pdf

- 63. Chang MS, Christophel EM, Gopinath D, Abdur RM. Challenges and future perspective for dengue vector control in the Western Pacific Region. West Pac Surveill Response. 2011 Jul 5;2(2):e1–e1.
- 64. Hustedt J, Doum D, Keo V, Ly S, Sam B, Chan V, et al. Determining the efficacy of guppies and pyriproxyfen (Sumilarv® 2MR) combined with community engagement on dengue vectors in Cambodia: study protocol for a randomized controlled trial. Trials. 2017 Dec;18(1):367.
- 65. Azevedo-Santos VM, Vitule JRS, Pelicice FM, García-Berthou E, Simberloff D. Nonnative Fish to Control *Aedes* Mosquitoes: A Controversial, Harmful Tool. BioScience. 2017 Jan 1;67(1):84–90.

- 66. Nam VS, Yen NT, Duc HM, Tu TC, Thang VT, Le NH, et al. Community-Based Control of Aedes aegypti By Using Mesocyclops in Southern Vietnam. Am J Trop Med Hyg. 2012 May 1;86(5):850–9.
- 67. Aaskov JG, Kay BH, Mai LQ, Ryan PA, Lo LV, Nam VS, et al. ELIMINATION OF DENGUE BY COMMUNITY PROGRAMS USING MESOCYCLOPS(COPEPODA) AGAINST AEDES AEGYPTI IN CENTRAL VIETNAM. Am J Trop Med Hyg. 2005 Jan 1;72(1):67–73.
- 68. Iturbe-Ormaetxe I, Walker T, O' Neill SL. Wolbachia and the biological control of mosquito-borne disease. EMBO Rep. 2011 Jun;12(6):508–18.
- 69. Arunachalam N, Tyagi BK, Samuel M, Krishnamoorthi R, Manavalan R, Tewari SC, et al. Community-based control of *Aedes aegypti* by adoption of eco-health methods in Chennai City, India. Pathog Glob Health. 2012 Dec;106(8):488–96.
- 70. Abeyewickreme W, Wickremasinghe AR, Karunatilake K, Sommerfeld J, Axel K. Community mobilization and household level waste management for dengue vector control in Gampaha district of Sri Lanka; an intervention study. Pathog Glob Health. 2012 Dec;106(8):479–87.
- 71. Heffelfinger JD, Li X, Batmunkh N, Grabovac V, Diorditsa S, Liyanage JB, et al. Japanese Encephalitis Surveillance and Immunization Asia and Western Pacific Regions, 2016. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 2017 Jun 9;66(22):579–83.
- 72. Liang G-D, Huanyu W. Epidemiology of Japanese encephalitis: past, present, and future prospects. Ther Clin Risk Manag. 2015 Mar;435.
- 73. Boo CS. Legislation for Control of Dengue in Singapore. 2001;25:5.
- 74. Reiner RC, Achee N, Barrera R, Burkot TR, Chadee DD, Devine GJ, et al. Quantifying the Epidemiological Impact of Vector Control on Dengue. Harris E, editor. PLoS Negl Trop Dis. 2016 May 26;10(5):e0004588.
- 75. Lee HS, Thanh TL, Ly NK, Nguyen-Viet H, Thakur KK, Grace D. Seroprevalence of leptospirosis and Japanese encephalitis in swine in ten provinces of Vietnam. Devleesschauwer B, editor. PLOS ONE. 2019 Aug 1;14(8):e0214701.
- 76. Setbon M, Raude J. Population response to the risk of vector-borne diseases: lessons learned from socio-behavioural research during large-scale outbreaks. Emerg Health Threats J [Internet]. 2009 [cited 2019 Jul 5];2. Available from: http://www.ehtforum.org/ehtj/journal/v2/full/ehtj09006a.html?fileId=ehtj09006a&page=recent
- 77. Sreedevi A, Burru R, Rao G, Yalamanchili P, Subhaprada C, Kumari V, et al. Study on awareness about vector borne diseases and education about preventive measures in rural field practice areas of Kurnool medical college, Kurnool. Int J Med Sci Public Health. 2016;5(9):1803.
- 78. Yasuoka J, Mangione TW, Spielman A, Levins R. IMPACT OF EDUCATION ON KNOWLEDGE, AGRICULTURAL PRACTICES, AND COMMUNITY ACTIONS FOR MOSQUITO

- CONTROL AND MOSQUITO-BORNE DISEASE PREVENTION IN RICE ECOSYSTEMS IN SRI LANKA. Am J Trop Med Hyg. 2006 Jun 1;74(6):1034–42.
- 79. Kusuma YS, Burman D, Kumari R, Lamkang AS, Babu BV. Impact of health education based intervention on community's awareness of dengue and its prevention in Delhi, India. Glob Health Promot. 2019 Mar;26(1):50–9.
- 80. Kumaran E, Doum D, Keo V, Sokha L, Sam B, Chan V, et al. Dengue knowledge, attitudes and practices and their impact on community-based vector control in rural Cambodia. Simmons CP, editor. PLoS Negl Trop Dis. 2018 Feb 16;12(2):e0006268.
- 81. Huynh T, Tsuzuki A, Luu L, Tsunoda T, Takagi M, Kawada H. Effect of Existing Practices on Reducing Aedes aegypti Pre-adults in Key Breeding Containers in Ho Chi Minh City, Vietnam. Am J Trop Med Hyg. 2009 May 1;80(5):752–7.
- 82. Godin G. L'éducation pour la santé : les fondements psycho-sociaux de la définition des messages éducatifs. Sci Soc Santé. 1991;9(1):67–94.
- 83. Janz NK, Becker MH. The Health Belief Model: A Decade Later. Health Educ Q. 1984 Mar;11(1):1–47.
- 84. World Health Organization. Communication for Behavioural Impact (COMBI): A toolkit for behavioural and social communication in outbreak response. World Health Organization; 2012.
- 85. Degroote S, Zinszer K, Ridde V. Interventions for vector-borne diseases focused on housing and hygiene in urban areas: a scoping review. Infect Dis Poverty. 2018 Dec;7(1):96.
- 86. Castro MC, Tsuruta A, Kanamori S, Kannady K, Mkude S. Community-based environmental management for malaria control: evidence from a small-scale intervention in Dar es Salaam, Tanzania. Malar J. 2009 Dec;8(1):57.
- 87. Swaddiwudhipong W, Lerdlukanavonge P, Khumklam P, Koonchote S, Nguntra P, Chaovakiratipong C. A SURVEY OF KNOWLEDGE, ATTITUDE AND PRACTICE OF THE PREVENTION OF DENGUE HEMORRHAGIC FEVER IN AN URBAN COMMUNITY OF THAILAND. SOUTHEAST ASIAN J TROP MED PUBLIC Health. 1992;23(2):5.
- 88. Paixão MM, Ballouz T, Lindahl JF. Effect of Education on Improving Knowledge and Behavior for Arboviral Diseases: A Systematic Review and Meta-Analysis. Am J Trop Med Hyg [Internet]. 2019 May 20 [cited 2019 Jul 5]; Available from: http://www.ajtmh.org/content/journals/10.4269/ajtmh.19-0170
- 89. Caprara A, De Oliveira Lima JW, Rocha Peixoto AC, Vasconcelos Motta CM, Soares Nobre JM, Sommerfeld J, et al. Entomological impact and social participation in dengue control: a cluster randomized trial in Fortaleza, Brazil. Trans R Soc Trop Med Hyg. 2015 Feb 1;109(2):99–105.

- 90. Healy K, Hamilton G, Crepeau T, Healy S, Unlu I, Farajollahi A, et al. Integrating the Public in Mosquito Management: Active Education by Community Peers Can Lead to Significant Reduction in Peridomestic Container Mosquito Habitats. Beebe N, editor. PLoS ONE. 2014 Sep 25;9(9):e108504.
- 91. Espinoza-Gomez F. Educational campaign versus malathion spraying for the control of Aedes aegypti in Colima, Mexico. J Epidemiol Community Health. 2002 Feb 1;56(2):148–52.
- 92. Al-Muhandis N, Hunter PR. The Value of Educational Messages Embedded in a Community-Based Approach to Combat Dengue Fever: A Systematic Review and Meta Regression Analysis. Barrera R, editor. PLoS Negl Trop Dis. 2011 Aug 23;5(8):e1278.
- 93. Saurabh S. Effectiveness of individual health education on the practice of dengue fever prevention in an urban area of Puducherry, India. 2014;26(04):4.
- 94. Pengvanich V. Family Leader Empowerment Program Using Participatory Learning Process for Dengue Vector Control. 2011;94(2):7.
- 95. Bodner D, LaDeau SL, Biehler D, Kirchoff N, Leisnham PT. Effectiveness of Print Education at Reducing Urban Mosquito Infestation through Improved Resident-Based Management. Hansen IA, editor. PLOS ONE. 2016 May 12;11(5):e0155011.
- 96. Raju AK. Community Mobilization in Aedes aegypti Control Programme by Source Reduction in Peri-Urban District of Lautoka, Viti Levu, Fiji Islands. 2003;27:7.
- 97. Nguyen-Tien T, Probandari A, Ahmad RA. Barriers to Engaging Communities in a Dengue Vector Control Program: An Implementation Research in an Urban Area in Hanoi City, Vietnam. Am J Trop Med Hyg. 2019 Apr 3;100(4):964–73.
- 98. Gubler DJ. Dengue, Urbanization and Globalization: The Unholy Trinity of the 21st Century. Trop Med Health. 2011;39(4SUPPLEMENT):S3–11.
- 99. Nong DH, Lepczyk CA, Miura T, Fox JM. Quantifying urban growth patterns in Hanoi using landscape expansion modes and time series spatial metrics. Wilson RK, editor. PLOS ONE. 2018 May 7;13(5):e0196940.
- 100. Fox A, Whitehead S, Anders KL, Hoa LNM, Mai LQ, Thai PQ, et al. Investigation of Dengue and Japanese Encephalitis Virus Transmission in Hanam, Viet Nam. Am J Trop Med Hyg. 2014 May 7;90(5):892–6.
- 101. Rabaa MA, Simmons CP, Fox A, Le MQ, Nguyen TTT, Le HY, et al. Dengue Virus in Subtropical Northern and Central Viet Nam: Population Immunity and Climate Shape Patterns of Viral Invasion and Maintenance. Morrison AC, editor. PLoS Negl Trop Dis. 2013 Dec 5;7(12):e2581.
- 102. World Health Organization. Update on the Dengue situation in the Western Pacific Region. World Health Organization; 2017. (Dengue Situation Update). Report No.: 530.

- 103. Vietnam Ministry of Health. Joint Annual Health Review. Medical Publishing House; 2016.
- 104. Lindahl JF, Ståhl K, Chirico J, Boqvist S, Thu HTV, Magnusson U. Circulation of Japanese Encephalitis Virus in Pigs and Mosquito Vectors within Can Tho City, Vietnam. Turell MJ, editor. PLoS Negl Trop Dis. 2013 Apr 4;7(4):e2153.
- 105. Quan TM, Phuong HT, Vy NHT, Thanh NTL, Lien NTN, Hong TTK, et al. Evidence of previous but not current transmission of chikungunya virus in southern and central Vietnam: Results from a systematic review and a seroprevalence study in four locations. Althouse B, editor. PLoS Negl Trop Dis. 2018 Feb 9;12(2):e0006246.
- 106. Le D-C, Kubo T, Fujino Y, Pham T-M, Matsuda S. Health Care System in Vietnam: Current Situation and Challenges. Asian Pac J Dis Manag. 2010;4(2):23–30.
- 107. Duffy MR, Yen NT, Hills SL, Fischer M, Hien NT, Hong NM. Surveillance for Japanese Encephalitis in Vietnam, 1998–2007. Am J Trop Med Hyg. 2010 Oct 5;83(4):816–9.
- 108. Thongyuan S, Kittayapong P. First evidence of dengue infection in domestic dogs living in different ecological settings in Thailand. Coffey LL, editor. PLOS ONE. 2017 Aug 30;12(8):e0180013.
- 109. Rigau-Pérez JG, Clark GG, Ruiz-Pérez M, Winch PJ, Leontsini E, Gubler DJ. Community-based dengue prevention programs in Puerto Rico: impact on knowledge, behavior, and residential mosquito infestation. Am J Trop Med Hyg. 2002 Oct 1;67(4):363–70.

## **Annexes**

## Annexe 1 : Questionnaire CAP de l'étude de référence

ID à 5 chiffres (code du district et code du foyer).

#### Introduction

Bonjour. Mon nom est [...] et je travaille pour l'International Livestock Research Institute (ILRI) basé à Hanoi. Nous menons une étude pour évaluer et réduire le risque de maladies transmises par les moustiques en milieu urbain. Cette étude se compose de trois parties : 1) une enquête visant à évaluer les connaissances et pratiques au sujet des maladies transmises par les moustiques avant et après notre intervention ; 2) des captures de moustiques adultes et de larves ; 3) la délivrance de messages et d'outils de prévention contre les maladies transmises par les moustiques. Si vous acceptez de participer à cette étude, il vous sera demandé de répondre à un questionnaire d'une durée de 15 à 20 minutes comportant des questions sur vos informations personnelles, vos connaissances et vos pratiques à l'égard des maladies transmises par les moustiques. Nous solliciterons également votre consentement pour collecter des larves et des moustiques adultes sur votre propriété. À la suite de ce questionnaire, il vous sera remis des conseils et des outils pour vous aider à vous protéger contre les maladies transmises par les moustiques. Chaque semaine, nous vous enverrons des messages via l'application smartphone *Zalo* pour vous communiquer des informations de prévention et vous rappeler d'éliminer les gîtes de ponte des moustiques.

#### **Potential risks**

Votre participation à cette étude ne présente aucun risque physique. Toutes les informations que vous nous communiquerez serons traitées de manière anonyme et aucun résultat pouvant aboutir à votre identification ne sera publié.

## **Potential benefits**

Cette étude a pour but de réduire l'impact des maladies transmises par les moustiques à Hanoï en améliorant la perception du risque et les pratiques de prévention de la population.

# Confidentiality

L'équipe de recherche garantit la stricte confidentialité des informations que vous choisirez de communiquer. Ces informations ne seront diffusées qu'au sein de l'équipe de recherche et identifiées de manière anonyme. Vous pouvez choisir d'interrompre votre participation à l'étude à tout moment ou demander la suppression de vos données sans avoir à fournir de justification. L'équipe de recherche se réserve le droit de supprimer les données liées à votre participation à l'étude. Votre participation à l'étude ne vous fait renoncer à aucun droit ou revendication légale.

Si vous avez des questions au sujet de cette étude ou de votre participation, nous vous invitons à contacter les responsables de l'équipe de recherche :

- Dr Johanna Lindahl : [n° téléphone] (English)
- Mr. Nguyen Tien Thang : [n° téléphone]

Si vous avez des questions au sujet de vos droits en tant que participant à cette étude, nous vous invitons à contacter :

**Institutional Review Board**, Room 103 Building A – Hanoi University of Public Health. No 1A, Duc Thang str, Duc Thang ward, Bac Tu Liem district, HaNoi Tel: 024 6266 3024. Email: irb@huph.edu.vn

No	A. Informations générales	Options
A1	Sexe	Homme
	Jeke	Femme
A2	Âge	
		Aucun
		École primaire
А3	Niveau d'éducation	École secondaire
		Lycée
		Université
		Célibataire
		Marié
A4	Statut marital	Séparé/Divorcé
		Veuf/Veuve
		Autres :
		Fonction publique
		Agriculteur
A5	Profession	Sans emploi
		Retraité
		Autres :
A6	Avez-vous répondu au questionnaire de l'année	Non
	précédente ?	Oui
A7	Si non, étiez-vous au courant de notre visite l'année	Non
	précédente ?	Oui
A8	Quelle est votre relation avec la personne que nous avons interrogé l'année précédente ?	
	B. Animaux d'élevage et domestiques	Options
D4	Decedder vene decertiment 4/41 2	Oui
B1	Possédez-vous des animaux d'élevage ?	Non
		Porc
		Chèvre
		Poulet
B2	Nombre et type d'animaux d'élevage	Vache
		Canard
		Oie

		Autres:
В3	Type d'élevage	Intérieur À l'attache, en partie à l'extérieur Clôturé à l'extérieur En liberté Autres:
В4	Possédez-vous des animaux de compagnie ?	Chats Chiens Oiseaux Autres :
	C. Connaissances et pratiques	Options
C1	Avez-vous déjà entendu parler de maladies transmises à l'homme par les moustiques ?	Non Oui
C2	Si oui, de quelles maladies transmises par les moustiques avez-vous déjà entendu parler ? (plusieurs choix possibles)	Dengue Encéphalite Japonaise Zika Malaria Autres:
C3	Pouvez-vous citer des gîtes de reproduction des moustiques ? (plusieurs choix possibles)	Je ne sais pas Collections d'eaux claires Eaux d'écoulement/polluées Collections d'eaux stagnantes Pneus Réservoirs d'eau/seaux/bassins Vases Plantations ornementales (ex : bonsaïs) Déchets Autres :
C4	Qu'est-ce qui peut selon vous augmenter le risque de contracter une maladie transmise par les moustiques ?  (plusieurs choix possibles)	Je ne sais pas Saison chaude et humide Densité de population élevée Eaux stagnantes Présence d'animaux d'élevage Autres :

C5	Quelle(s) méthode(s) de prévention des maladies transmises par les moustiques connaissez-vous ? (plusieurs choix possibles)	Aucune Grillage sur les portes et fenêtres Crèmes et aérosols anti-moustiques Moustiquaires Raquettes électriques Encens anti-moustiques Vêtements couvrants Couvercles sur les réservoirs d'eau Larvicides dans les réservoirs d'eau Insecticides Élimination des gîtes de reproduction Poissons dans les réservoirs d'eau Pièges à moustique dans la maison Autres:
C6	Selon vous, à quelle fréquence les gîtes de reproduction des moustiques devraient être éliminés ?	Moins d'une fois par mois Une fois par mois 2-3 fois par mois Une fois par semaine 2-3 fois par semaine Tous les jours Autres:
C7	Pouvez-vous citer des symptômes de maladies transmises par les moustiques ? (plusieurs choix possibles)	Je ne sais pas Fièvre Douleurs musculaires Nausées/Vomissements Maux de tête Éruptions cutanées Hémorragies Autres:
C8	À quelle(s) saison(s) pensez-vous que le risque de contracter une maladie transmise par les moustiques soit le plus élevé?  (plusieurs choix possibles)	Printemps Été Automne Hiver Toute l'année Saison des pluies Autres :

C9	Quelle(s) méthode(s) utilisez-vous pour vous protéger des maladies transmises par les moustiques?  (plusieurs choix possibles)	Aucune Grillage sur les portes et fenêtres Crèmes et aérosols anti-moustiques Moustiquaires Raquettes électriques Encens anti-moustiques Vêtements couvrants Couvercles sur les réservoirs d'eau Larvicides dans les réservoirs d'eau Insecticides Élimination des gîtes de reproduction Poissons dans les réservoirs d'eau Pièges à moustique dans la maison Autres :
C10	À quelle fréquence utilisez-vous des méthodes de protection personnelles (répulsifs, moustiquaires, encens, vêtements couvrants)?	Seulement la nuit Seulement la journée Tout le temps Quelques jours par semaine Autres :
C11	À quelle fréquence éliminez-vous les gîtes de reproduction des moustiques chez vous (vases, réservoirs, seaux, etc.)?	Jamais Moins d'une fois par mois Une fois par mois 2-3 fois par mois Une fois par semaine 2-3 fois par semaine Tous les jours Autres:
C12	De quelles sources obtenez-vous des informations sur la santé ? (plusieurs choix possibles)	TV Radio Haut-parleurs Internet (Youtube, Google, etc.) Supports de communication Personnel médical Amis École Téléphone (SMS, applications)

		Facebook
		Autres :
		TV
		Radio
		Haut-parleurs
		Internet (Youtube, Google, etc.)
	Parmi celles-ci, lesquelles préférez-vous ?	Supports de communication
C13	(plusieurs choix possibles)	Personnel médical
	(plusieurs choix possibles)	Amis
		École
		Téléphone (SMS, applications)
		Facebook
		Autres :
	Avez-vous ou un membre de votre famille	Oui
C14	contracté une maladie transmise par les moustiques au cours des 3 dernières années ?	Non
		The state of the s
		Dengue
C15	Quelle(s) maladie(s) ont été diagnostiquées ?	Encéphalite Japonaise
		Malaria
		Pas de diagnostic
		Autres :

## Checklist (pour l'enquêteur)

•		Y a-t-il des réservoirs d'eau non couverts à l'extérieur de la maison ?
	[	] Oui → Combien:
	[	] Non
	[	] Pas de terrain extérieur
•		Contiennent-ils des larves de moustiques ?
	[	] Oui → Nombre d'échantillons prélevés:
	[	] Non
•		Y a-t-il des réservoirs d'eau non couverts à l'intérieur de la maison ?
	[	] Oui → Combien:
	[	] Non
•		Contiennent-ils des larves de moustiques ?
	[	] Yes → Nombre d'échantillons prélevés:
	[	] Non

### <u>Annexe 2 :</u> Questionnaire CAP de l'étude post-intervention

(même ID que pour l'étude de référence)

No	A. Informations générales	Options
A 4	Êtes-vous la personne que nous avons interrogé la	Non → A3 <sub>a</sub> - A3 <sub>e</sub>
A1	dernière fois que nous sommes venus?	Oui → A2
	Si oui, avez-vous parlé de notre visite à d'autres	Non
A2	membres de votre foyer?	Oui
A3 <sub>a</sub>	Si non, quels sont votre: Sexe / Àge / Statut marital / Niveau d'éducation / Profession	(choisir une réponse)
A3 <sub>b</sub>	Si non, quelle est votre relation avec la personne que nous avons interrogé?	
A3 <sub>c</sub>	Étiez-vous présent lors de l'interrogatoire?	Non
ASc	Etiez-vous present fors de l'interrogatoire:	Oui
	La personne que nous avons interrogé vous a-t-elle	Non
A3 <sub>d</sub>	parlé de notre visite?	Oui
	Avez-vous vu l'éventail et le piège qui ont été fourni?	Non
A3 <sub>e</sub>		Oui
	B. Connaissances et pratiques	Options
	B. Connaissances et pratiques	
		Options
B1	De quelles maladies transmises par les moustiques	<b>Options</b> Aucune
B1	De quelles maladies transmises par les moustiques avez-vous déjà entendu parler ?	Options  Aucune Dengue
B1	De quelles maladies transmises par les moustiques	Options  Aucune Dengue Encéphalite Japonaise
B1	De quelles maladies transmises par les moustiques avez-vous déjà entendu parler ?	Options  Aucune Dengue Encéphalite Japonaise Zika
B1	De quelles maladies transmises par les moustiques avez-vous déjà entendu parler ?	Options  Aucune Dengue Encéphalite Japonaise Zika Malaria
B1	De quelles maladies transmises par les moustiques avez-vous déjà entendu parler ?	Options  Aucune Dengue Encéphalite Japonaise Zika Malaria Autres:
B1	De quelles maladies transmises par les moustiques avez-vous déjà entendu parler ? (plusieurs choix possibles)	Options  Aucune Dengue Encéphalite Japonaise Zika Malaria Autres: Je ne sais pas
	De quelles maladies transmises par les moustiques avez-vous déjà entendu parler ?  (plusieurs choix possibles)  Pouvez-vous citer des symptômes de maladies	Options  Aucune Dengue Encéphalite Japonaise Zika Malaria Autres: Je ne sais pas Fièvre
B1	De quelles maladies transmises par les moustiques avez-vous déjà entendu parler ?  (plusieurs choix possibles)  Pouvez-vous citer des symptômes de maladies transmises par les moustiques ?	Options  Aucune Dengue Encéphalite Japonaise Zika Malaria Autres:  Je ne sais pas Fièvre Douleurs musculaires
	De quelles maladies transmises par les moustiques avez-vous déjà entendu parler ?  (plusieurs choix possibles)  Pouvez-vous citer des symptômes de maladies	Options  Aucune Dengue Encéphalite Japonaise Zika Malaria Autres:  Je ne sais pas Fièvre Douleurs musculaires Nausées/Vomissements
	De quelles maladies transmises par les moustiques avez-vous déjà entendu parler ?  (plusieurs choix possibles)  Pouvez-vous citer des symptômes de maladies transmises par les moustiques ?	Options  Aucune Dengue Encéphalite Japonaise Zika Malaria Autres:  Je ne sais pas Fièvre Douleurs musculaires Nausées/Vomissements Maux de tête

В3	Qu'est-ce qui peut selon vous augmenter le risque de contracter une maladie transmise par les moustiques? <i>(plusieurs choix possibles)</i>	Je ne sais pas Saison chaude et humide Densité de population élevée Eaux stagnantes Présence d'animaux d'élevage Autres :
B4	Quelle(s) méthode(s) de prévention des maladies transmises par les moustiques connaissez-vous ? (plusieurs choix possibles)	Aucune Grillage sur les portes et fenêtres Crèmes et aérosols anti-moustiques Moustiquaires Raquettes électriques Encens anti-moustiques Vêtements couvrants Couvercles sur les réservoirs d'eau Larvicides dans les réservoirs d'eau Insecticides Élimination des gîtes de reproduction Poissons dans les réservoirs d'eau Pièges à moustique dans la maison Autres :
B5	À quel(s) moment(s) de la journée les moustiques peuvent-ils piquer ? (plusieurs choix possibles)	Pendant la nuit Pendant la journée À l'aube Au crépuscule À tout moment Autres :
В6	Pouvez-vous citer des gîtes de reproduction des moustiques ? (plusieurs choix possibles)	Je ne sais pas Collections d'eaux claires Eaux d'écoulement/polluées Collections d'eaux stagnantes Pneus Réservoirs d'eau/seaux/bassins Vases Plantations ornementales (ex : bonsaïs) Déchets Autres :

В7	À quelle(s) saison(s) pensez-vous que le risque de contracter une maladie transmise par les moustiques soit le plus élevé ?  (plusieurs choix possibles)	Printemps Été Automne Hiver Toute l'année Saison des pluies Autres:
	C. Pratiques préventives	Options
C1	Quelle(s) méthode(s) utilisez-vous pour vous protéger des maladies transmises par les moustiques ? (plusieurs choix possibles)	Aucune Grillage sur les portes et fenêtres Crèmes et aérosols anti-moustiques Moustiquaires Raquettes électriques Encens anti-moustiques Vêtements couvrants Couvercles sur les réservoirs d'eau Larvicides dans les réservoirs d'eau Insecticides Élimination des gîtes de reproduction Poissons dans les réservoirs d'eau Pièges à moustique dans la maison Autres:
C2	À quelle fréquence utilisez-vous ces méthodes ? (demander pour: répulsifs, moustiquaires, encens, larvicides, insecticides)	Seulement la nuit Seulement la journée Tout le temps Quelques jours par semaine Moins d'une fois par mois Une fois par mois 2-3 fois par mois Une fois par semaine Seulement pendant la saison des pluies Autre:
C3	À quelle fréquence éliminez-vous les gîtes de reproduction des moustiques chez vous (vases, réservoirs, seaux, etc.)?	Jamais Moins d'une fois par mois Une fois par mois 2-3 fois par mois

	Une fois par semaine
	2-3 fois par semaine
	Tous les jours
	Autre:

D1       À la suite de notre visite, avez-vous recherché des gîtes de reproduction sur votre propriété ?       Non → D3         D2       Si oui, en avez-vous trouvé ? (préciser lesquels)		D. Impact de l'intervention	Options
gîtes de reproduction sur votre propriété ?  D2 Si oui, en avez-vous trouvé ? (préciser lesquels)  D3 Avez-vous utilisé le piège électrique qui vous a été remis ?  D4₀ Si oui, à quelle fréquence ?  D5 Avez-vous toujours les éventails qui vous ont été remis ?  D6 Avez-vous toujours les éventails qui vous ont été remis ?  D7 Si non, pourquoi ?  D8 Avez-vous lu les messages de prévention postés sur Zalo ?  D8 De quoi vous rappelez-vous à propos des messages inscrits sur l'éventail et sur Zalo ?  D9 Avez-vous modifié vos pratiques de lutte contre les vecteurs depuis notre visite ?  D10 Si oui, qu'avez-vous modifié ?  Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie  Non	D1	À la suite de notre visite, avez-vous recherché des	Non → D3
D2 (préciser lesquels)  Avez-vous utilisé le piège électrique qui vous a été remis ?  D4a Si oui, à quelle fréquence ?  D5 Avez-vous toujours les éventails qui vous ont été remis ?  D6 AVez-vous lu les messages de prévention postés sur Zalo ?  D7 Si non, pourquoi ?  D8 De quoi vous rappelez-vous à propos des messages inscrits sur l'éventail et sur Zalo ?  D9 Avez-vous modifié vos pratiques de lutte contre les vecteurs depuis notre visite ?  D10 Si oui, qu'avez-vous modifié ?  Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie	DI	gîtes de reproduction sur votre propriété ?	Oui → D2
(préciser lesquels)       Non → D4b         D3       Avez-vous utilisé le piège électrique qui vous a été remis ?       Non → D4b         D4a       Seulement la nuit Seulement le jour         Tout le temps       Quelques jours par semaine Autre :	D2	Si oui, en avez-vous trouvé ?	
remis?  Oui → D4a  Seulement la nuit Seulement le jour Tout le temps Quelques jours par semaine Autre:  D4b Si non, pourquoi?  D5 Avez-vous toujours les éventails qui vous ont été remis?  Non Oui  Non → D7 Oui → D8  D7 Si non, pourquoi?  D8 De quoi vous rappelez-vous à propos des messages inscrits sur l'éventail et sur Zalo?  D9 Avez-vous modifié vos pratiques de lutte contre les vecteurs depuis notre visite?  D10 Si oui, qu'avez-vous modifié?  Non P11 Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie  Non Non Non	DZ	(préciser lesquels)	
Tremis ?  Oui → D4a  Seulement la nuit Seulement le jour Tout le temps Quelques jours par semaine Autre:  D4b Si non, pourquoi ?  Avez-vous toujours les éventails qui vous ont été remis ?  Non Oui  AVez-vous lu les messages de prévention postés sur Zalo ?  Non, pourquoi ?  D8 inon, pourquoi ?  D9 Quoi vous rappelez-vous à propos des messages inscrits sur l'éventail et sur Zalo ?  Non → D1 Oui → D8  Non → D1 Oui → D10  Si oui, qu'avez-vous modifié ?  Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie  Non	D3	Avez-vous utilisé le piège électrique qui vous a été	Non → D4 <sub>b</sub>
Seulement le jour Tout le temps Quelques jours par semaine Autre :	D3	remis ?	Oui → <b>D4</b> a
D4a Si oui, à quelle fréquence ?  Tout le temps Quelques jours par semaine Autre :			Seulement la nuit
D4b Si non, pourquoi?   D5 Avez-vous toujours les éventails qui vous ont été remis? Non Oui   D6 AVez-vous lu les messages de prévention postés sur Zalo? Non → D7 Oui → D8   D7 Si non, pourquoi?			Seulement le jour
Autre:	D4 <sub>a</sub>	Si oui, à quelle fréquence ?	Tout le temps
D4b Si non, pourquoi?  Avez-vous toujours les éventails qui vous ont été remis?  Oui  AVez-vous lu les messages de prévention postés sur Zalo?  Oui → D8  D7 Si non, pourquoi?  D8 De quoi vous rappelez-vous à propos des messages inscrits sur l'éventail et sur Zalo?  D9 Avez-vous modifié vos pratiques de lutte contre les vecteurs depuis notre visite?  D10 Si oui, qu'avez-vous modifié?  Non  Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie  Non			Quelques jours par semaine
Avez-vous toujours les éventails qui vous ont été remis ?  D6 AVez-vous lu les messages de prévention postés sur Zalo ?  D7 Si non, pourquoi ?  D8 De quoi vous rappelez-vous à propos des messages inscrits sur l'éventail et sur Zalo ?  D9 Avez-vous modifié vos pratiques de lutte contre les vecteurs depuis notre visite ?  D10 Si oui, qu'avez-vous modifié ?  Non  Non  Non  Non  Non  Non			Autre :
remis?  Oui  AVez-vous lu les messages de prévention postés sur Zalo?  Oui → D8  D7 Si non, pourquoi?  D8 De quoi vous rappelez-vous à propos des messages inscrits sur l'éventail et sur Zalo?  D9 Avez-vous modifié vos pratiques de lutte contre les vecteurs depuis notre visite?  D10 Si oui, qu'avez-vous modifié?  Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie  Non	D4 <sub>b</sub>	Si non, pourquoi ?	
remis?  Oui  AVez-vous lu les messages de prévention postés sur Zalo?  Oui → D8  D7  Si non, pourquoi?  D8  D9  De quoi vous rappelez-vous à propos des messages inscrits sur l'éventail et sur Zalo?  Avez-vous modifié vos pratiques de lutte contre les vecteurs depuis notre visite?  D10  Si oui, qu'avez-vous modifié?  D11  Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie  Non	DE	Avez-vous toujours les éventails qui vous ont été	Non
D6 sur Zalo?  D7 Si non, pourquoi?  D8 De quoi vous rappelez-vous à propos des messages inscrits sur l'éventail et sur Zalo?  D9 Avez-vous modifié vos pratiques de lutte contre les vecteurs depuis notre visite?  D10 Si oui, qu'avez-vous modifié?  D11 Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie  Non	כט	remis ?	Oui
Si non, pourquoi?  De quoi vous rappelez-vous à propos des messages inscrits sur l'éventail et sur Zalo?  Avez-vous modifié vos pratiques de lutte contre les vecteurs depuis notre visite?  Non → D11  Oui → D10  Si oui, qu'avez-vous modifié?  Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie  Non	DC	AVez-vous lu les messages de prévention postés	Non → D7
De quoi vous rappelez-vous à propos des messages inscrits sur l'éventail et sur Zalo ?  De quoi vous rappelez-vous à propos des messages inscrits sur l'éventail et sur Zalo ?  Non → D11  Oui → D10  Si oui, qu'avez-vous modifié ?  Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie  Non	סט	sur Zalo ?	Oui <b>→ D8</b>
inscrits sur l'éventail et sur Zalo ?  Avez-vous modifié vos pratiques de lutte contre les vecteurs depuis notre visite ?  D10 Si oui, qu'avez-vous modifié ?  Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie  Non  Non	D7	Si non, pourquoi ?	
vecteurs depuis notre visite ?  D10 Si oui, qu'avez-vous modifié ?  Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie  D11 Non	D8		
vecteurs depuis notre visite ?  D10 Si oui, qu'avez-vous modifié ?  Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie  D11 Non	50	Avez-vous modifié vos pratiques de lutte contre les	Non → D11
Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie D11 Non	ט9		Oui <b>→ D10</b>
D11	D10	Si oui, qu'avez-vous modifié ?	
	D11	Pensez-vous être à risque d'attraper une maladie	Non
	חוו	transmise par les moustiques ?	Oui

D12	Pensez-vous vous protéger suffisamment ?	Non <b>→ D12</b> Oui <b>→ Fin</b>
D13	Si non, qu'est-ce qui vous empêche de vous protéger plus ?	

# Checklist (pour l'enquêteur)

Des m	oustiques ont-ils été collecté dans le piège électrique ?
[ ]	Oui
[ ]	Non
Si oui .	Où le piège était-il placé dans la maison ?
Si oui .	: Avait-il déjà été vidé auparavant ?
[]	Oui → quand:
[ ]	Non

<u>Annexe 3</u>: Éventails portant des messages de prévention distribués aux participants à l'intervention



#### Traduction:

#### Les moustiques transmettent des maladies!

- Les moustiques peuvent transmettre des maladies telles que la dengue, Zika ou l'encéphalite Japonaise
- Certaines espèces de moustiques piquent le jour et d'autres la nuit. Le risqué est plus élevé à l'aube et au crépuscule.
- Les moustiques qui transmettent la dengue et Zika se reproduisent dans les collections d'eau claires et stagnantes (ex : réservoirs d'eau, bassins...).
- Les moustiques qui transmettent l'encéphalite Japonaise se reproduisent dans les collections d'eau sales (ex : gouttières bouchées, rizières...).

#### Protégez-vous contre les moustiques!

- Utilisez toujours une moustiquaire lorsque vous dormez
- Portez des vêtements couvrants ou utilisez des répulsifs
- Éliminez les gîtes de ponte en vidant les récipients d'eau autour de votre maison
- Rappelez-vous que les moustiques peuvent également se reproduire dans l'eau des plantes ou collectée dans les déchets

#### Annexe 4 : Exemples de messages de prévention postés sur Zalo

Symptômes de la dengue

Informations sur la dengue





#### Sites de reproduction des moustiques



"Informations sur l'épidémie "L'élimination des sites de reproduction est "Propagation rapide de la de dengue actuelle" une méthode de prévention efficace" dengue au nord du Vietnam"

Các gia đình đọc thêm thông tin về dịch sốt xuất huyết ở bài sau đây ạ https://www.vinmec.com/vi/tin-tuc/thong-tin-suc-khoe/sot-xuat-huyet-dang-bung-phat-tren-ca-nuoc-chuy-trieu-chung-phong-benh/



#### www.vinmec.con

Sốt xuất huyết đang bùng phát trên cả nước: Chú ý triệu chứng, phòng bênh

Dịch sốt xuất huyết đang bùng phát và diễn biến rất phức tạp ở khắp các tỉnh thành trên cả nước. Năm nay dịch bệnh sốt xuất huyết đến sớm hơn và số ca mắc tăng cao hơn nhiều so với cùng kỳ năm 2018.

04:28

#### Thang Nguyen

SAU CƠN MƯA TRONG TUẨN, THỜI TIẾT LẠI NẮNG NÓNG RỔI A. CÁC HỘ GIA ĐÌNH HÃY TÍCH CỰC DIỆT MUỖI, LOĂNG QUĂNG, BỌ GẬY VÀ PHÒNG TRÁNH BỊ MUỖI ĐỐT. ĐÂY CHÍNH LÀ CÁCH PHÒNG BỆNH DO MUỖI TRUYỀN TỐT NHẤT

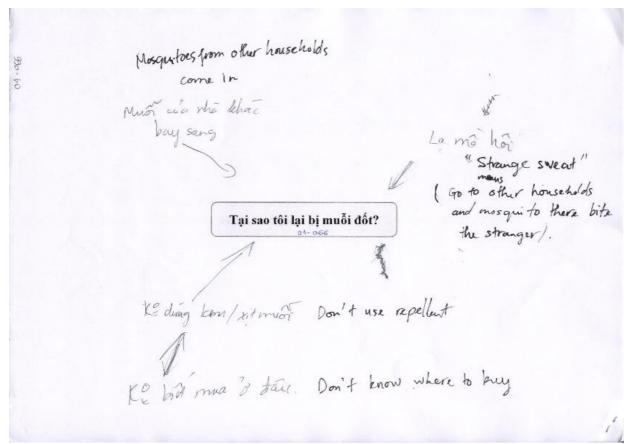


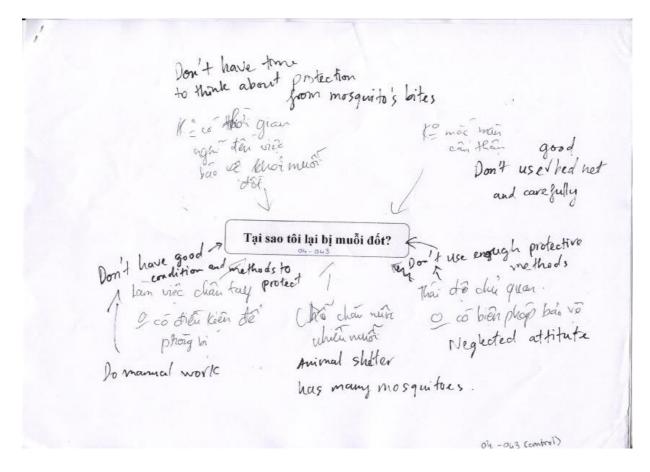
Tại phía Bắc, **dịch sốt xuất huyết** cũng đang diễn biến rất phức tạp và đang có dấu hiệu lan nhanh tại một số quận thuộc phía Tây Hà Nội. Đặc biệt, một số nơi trung bình mỗi nhà đang có ít nhất 1 người mắc

Thống kẻ tại thành phố Hà Nội cho thấy, các quận, huyện phía Tây thành phố hiện đang có số trưởng hợp mắc sốt xuất huyệt Dengue ở mức cao như: Hà Đông có 150 ca, Bắc Từ Liêm với 88 ca, Cầu Giấy có 73 ca, Đống Đa với 69 ca và Nam Từ Liêm là 65 ca... Chỉ trong 6 tháng đầu nằm nay, Hà Nội đã ghi nhận tổng cộng 820 trưởng hợp xuất hiện nhiều dấu hiệu bệnh ở vào các cấp độ khác nhau của sốt xuất huyết.

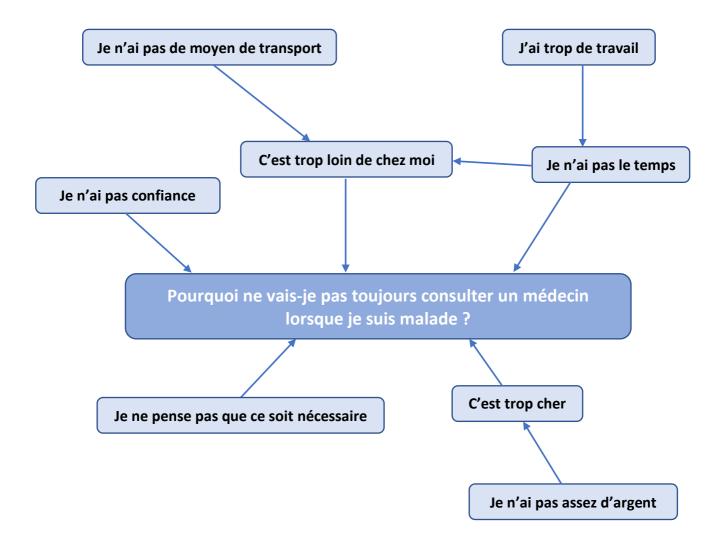


Annexe 5 : Exemples de graphes obtenus lors de l'exercice de « cartographie du risque »





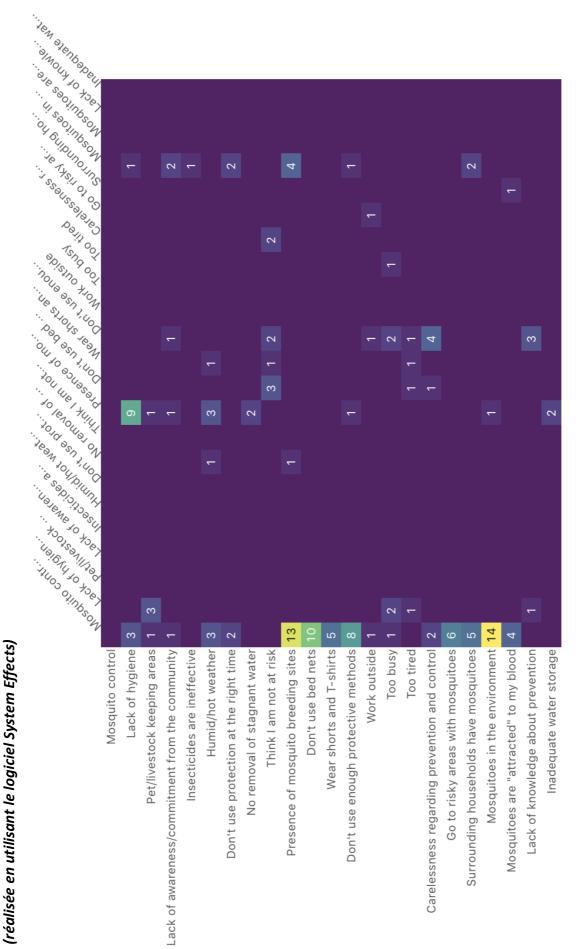
<u>Annexe 6 :</u> Exemple utilisé pour expliquer l'exercice de « cartographie du risque » aux participants (traduit en français)



# <u>Annexe 7</u>: Liste des 22 catégories de variables causales définies lors de l'exercice de « cartographie du risque »

- Manque d'hygiène
- Présence d'animaux d'élevage
- Manque de sensibilisation/d'engagement de la part des communautés
- Produits insecticides inefficaces
- Climat chaud et humide
- Mesures de protection utilisées au mauvais moment
- Absence d'élimination des eaux stagnantes
- Ne pense pas être à risque d'infection
- Présence de sites de reproduction des moustiques dans l'environnement
- Absence/mauvais usage de la moustiquaire
- Port de vêtements peu couvrants
- Mesures de protection insuffisantes
- Travail en extérieur
- Trop occupé
- Trop fatigué
- Attitude négligente vis-à-vis de la lutte antivectorielle
- Va dans des zones à risques où les moustiques sont présents
- Présence de moustiques dans les maisons voisines
- Les moustiques sont présents dans l'environnement
- Les moustiques sont « attirés » par le sang de certaines personnes
- Manque de connaissances sur les méthodes de prévention
- Stockage de l'eau inadapté

Annexe 8 : Matrice d'adjacence agrégée traduisant les 31 modèles individuels obtenus lors de l'exercice de « cartographie du risque »



#### **CHAPOT Lorraine**

# ÉMERGENCE ET RÉ-ÉMERGENCE DES ARBOVIROSES EN ASIE DU SUD-EST: FACTEURS DE RISQUE ET ÉVALUATION D'UNE INTERVENTION DE CONTRÔLE À HANOÏ, VIETNAM

Thèse d'État de Doctorat Vétérinaire : Lyon, le 13 décembre 2019

**RESUME :** Depuis plusieurs décennies, on assiste à une résurgence dramatique des arboviroses en Asie du Sud-Est : les virus de la dengue, de l'encéphalite Japonaise et du chikungunya y imposent un lourd fardeau tandis que les virus Zika, West Nile et de la fièvre jaune constituent des menaces toujours grandissantes. Les méthodes de lutte actuelles ayant montré leurs limites, il est aujourd'hui nécessaire de s'orienter vers des stratégies multidisciplinaires combinant éducation sanitaire, lutte anti-vectorielle et vaccination dans une perspective « One Health ».

Après une revue de l'état actuel des connaissances concernant l'épidémiologie et les caractéristiques cliniques et virologiques des principales arboviroses en Asie du Sud-Est, ce travail décrit les différentes méthodes de contrôle et prévention des arboviroses et explore le potentiel d'approches nouvelles basées sur l'éducation et la mobilisation communautaire en s'appuyant sur l'exemple d'une intervention menée en juin 2019 à Hanoï au Vietnam.

#### **MOTS CLES:**

- Arboviroses

- Éducation sanitaire

Épidémiologie

- Anthropologie médicale

- Moustiques – Lutte contre

#### JURY:

Président : Monsieur le Professeur Bruno LINA

1er Assesseur : Monsieur le Professeur Jean-Luc CADORE

2ème Assesseur : Madame la Professeure Emmanuelle GILOT-FROMONT

DATE DE SOUTENANCE: 13 décembre 2019