

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES

FACULTY OF SCIENCE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES

DEPARTMENT OF ANIMAL BIOLOGY AND PHYSIOLOGY

LABORATOIRE DE PARASITOLOGIE ET ECOLOGIE

PARASITOLOGY AND ECOLOGY LABORATORY

**Diversité et répartition spatio-temporelle des *Aedes* et
détection du virus de la dengue chez ces moustiques à
l'Université de Yaoundé 1 et ses environs**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie des
Organismes Animaux

Option : Parasitologie et Ecologie

Par

GOOMIBELA MEFIKE Sara

Licenciée es-Sciences

Matricule : 19R2234

Sous :

et

la direction de

YOUNOUSSA Lame

Chargé de cours

Université de Yaoundé I

la supervision de

NCHINDA Godwin

Directeur de Recherches

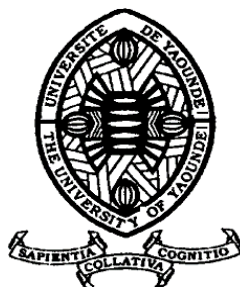
CIRCB



Année 2025

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES

FACULTY OF SCIENCE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES

DEPARTMENT OF ANIMAL BIOLOGY AND PHYSIOLOGY

LABORATOIRE DE PARASITOLOGIE ET ECOLOGIE

PARASITOLOGY AND ECOLOGY LABORATORY

**Diversité et répartition spatio-temporelle des *Aedes* et
détection du virus de la dengue chez ces moustiques à
l'Université de Yaoundé 1 et ses environs**

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master en Biologie des
Organismes Animaux

Option : Parasitologie et Ecologie

Par

GOOMIBEL A MEFIKE Sara

Licenciée es-Sciences

Matricule : 19R2234

Sous :

et

la direction de

YOUNOUSSA Lame

Chargé de cours

Université de Yaoundé I

la supervision de

NCHINDA Godwin

Directeur de Recherches

CIRCB

Année 2025

DEDICACE

Je dédie ce mémoire à :

- Mon père Docteur MEFIKE Richard et
- Ma mère BOMBOGO Elisabeth épouse MEFIKE

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à dire infiniment merci à Dieu celui sans qui ce travail n'aurait jamais été rendu possible ; celui-là qui m'a soutenue, donné la force et le courage d'accomplir ce modeste travail.

Mes sincères remerciements s'adressent particulièrement à mon encadreur Docteur YOUNOUSSA Lame pour avoir accepté de diriger ce travail. Je tiens aussi à le remercier pour ses précieux conseils, son soutien matériel et ses remarques pertinentes.

Je voudrais exprimer également ma gratitude à mon superviseur Docteur NCHINDA Godwin qui grâce à lui j'ai pu effectuer mes manipulations au laboratoire de vaccinologie et bio-banque du Centre International de référence de Chantal Biya pour la recherche sur la prévention et la prise en charge du VIH/SIDA (CIRCB), qui m'a initié aux techniques de diagnostic de virus et qui m'a soutenue durant cette période. Ses orientations, conseils et encouragements m'ont permis d'achever ce travail.

Mes remerciements vont également à l'égard de tous les enseignants et personnels de la Faculté des Sciences en général et particulièrement de ceux du Département de Biologie et Physiologie Animales, pour leur contribution à ma formation universitaire.

Je remercie le laboratoire de Vaccinologie et Bio-banque du Centre Internationale de Recherches de Chantal BIYA(CIRCB) qui m'ont prêté leurs espaces, matériels et équipements, pour la réalisation de ce travail.

J'exprime ma profonde gratitude à toute ma famille plus précisément M. IROUME Jean-Pierre, M. et Mme ABOUEM, Mme KEDI Audree Victoire, M. et Mme NKOA, M. MBASSA Samuel et M. BELAKEM Job, qui m'ont apporté leurs aides, amour, prières et motivations durant l'accomplissement de ce modeste travail.

Je remercie également le Docteur DI-MAISSOU Jean-Albert mon binôme personnel pour son amour, ses encouragements, ses prières et ses précieux conseils.

Ma profonde gratitude va aussi à l'égard de mon camarade et ami NDOUM ANIGUE Gaspard pour ses encouragements et pour son aide dans la collecte des échantillons des *Aedes* utilisés dans ce présent travail.

J'adresse aussi mes remerciements à mon aîné de laboratoire M. MBALLA NZIE Arnaud, pour ses conseils et multiples remarques pertinentes et corrections.

Je remercie également M. TCHADJI Jules Collins, chercheur au laboratoire de vaccinologie et bio-banque du Centre International de référence de Chantal Biya pour la recherche sur la prévention et la prise en charge du VIH/SIDA (CIRCB), pour mon initiation aux techniques de manipulations des virus, ses précieux conseils et pour le soutien qu'il a manifesté à mon égard et son aide lors de mes manipulations.

J'exprime ma profonde gratitude à mes camarades et amis NGAH MVILONGO Agriphine, DJEKORNONDE DJEKADON Aristote et TOUTCHA Wilfried, pour leurs encouragements.

Mes remerciements vont enfin à tous ceux qui de près ou de loin ont contribué directement ou indirectement à la réalisation et au succès du présent travail et dont les noms n'ont pas été mentionnés, je leur dis merci.

SOMMAIRE

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
SOMMAIRE	iv
LISTE DES ABREVIATIONS	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
RESUME.....	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 1 : REVUE DE LITTERATURE	4
I.1. Généralités sur les moustiques	5
I.2. Position systématique des <i>Aedes</i>	5
I.3. Morphologie générale des <i>Aedes</i>	6
I.3.1. Œufs	6
I.3.2. Larves.....	7
I.3.3. Nymphes	8
I.3.4. Adultes	9
I.4. Ecologie et biologie des <i>Aedes</i>	10
I.4.1. Ecologie des <i>Aedes</i>	10
I.4.2. Cycle de développement des <i>Aedes</i>	11
I.5. Identification des <i>Aedes</i>	12
I.5.1. Identification morphologique.....	12
I.5.2. Techniques moléculaires	12
I.5.3. Analyse d'interférences lumineuses	12
I.6. Maladies transmises par les espèces d' <i>Aedes</i>	12
I.6.1. Fièvre Jaune	12
I.6.2. Zika	13
I.6.3. Chikungunya	13
I.6.4. Dengue	13
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES.....	19
II.1. Site et période d'étude	20
II.2. Echantillonnage des larves et les nymphes d' <i>Aedes</i>	21
II.3. Capture des moustiques adultes	22

II.4. Identification des espèces d' <i>Aedes</i> collectées	23
II.5. Détection du virus de la dengue chez les femelles d' <i>Aedes</i>	23
II.5.1. Collecte des moustiques et préparation des échantillons à tester.....	23
II.5.3. Test de diagnostic rapide "Dengue NS1 Antigène".....	24
II.6. Analyses statistiques des données	26
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	28
III.1. RESULTATS.....	28
III.1.1. Diversité et abondance des espèces d' <i>Aedes</i> dans les sites d'étude	29
III.1. 2. Répartition spatiale des espèces d' <i>Aedes</i>	29
III.1.3. Répartition temporelle des espèces d' <i>Aedes</i>	33
III.1.4. Détection du virus de la dengue chez moustiques femelles d' <i>Aedes</i>	35
III.2. Discussion.....	36
III.2.1. Diversité des <i>Aedes</i>	36
III.2.2. Répartition spatiale des <i>Aedes</i>	37
III.2.3. Distribution temporelle des <i>Aedes</i>	38
III.2.4. Prévalence de la dengue	39
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	40
ANNEXES.....	40

LISTE DES ABREVIATIONS

ADN : Acide désoxyribonucléique
Ae : *Aedes*
AG : Antigène
ARN: Acide Ribonucléique
CDC: Centers for Disease Control and Prevention
CIRCB : Centre International de référence de Chantal Biya
COI : Cytochrome oxydase sous-unité 1
DENV : Virus de la dengue
ELISA : Enzyme Linked Immuno Assay
HCSP : Haute conseil de la santé publique
HIA: Hemmagglutination-Inhibition Assay
IgG : Immunoglobuline G
IgM : Immunoglobuline M
IVD : In vitro diagnostic
LSB : Laboratoire de sécurité biologique de niveau
LVB : Laboratoire de vaccinologie et bio-banque
NS1 : No-structural protein 1
OMS : Organisation mondial de la santé
PBS : Phosphate Buffered Saline
RT-PCR : Reverse Transcriptase-Polymerase chain reaction
SIDA : Syndrome d'immunodéficience acquise
TDR : Test de diagnostic rapide
UY1 : Université de Yaoundé 1
VIH : Virus d'immunodéficience humaine
ZIKV : Virus Zika

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Œufs des <i>Aedes</i>	7
Figure 2 : Morphologie générale d'une larve de <i>Aedes</i> sp.	8
Figure 3 : Nymphe des <i>Aedes</i>	8
Figure 4 : Aspect général d'un <i>Aedes</i> sp. adulte femelle.....	10
Figure 5 : Cycle de développement des <i>Aedes</i>	11
Figure 6 : Répartition de la dengue dans le monde en 2021	14
Figure 7 : Cycles de transmission des virus de la dengue	16
Figure 8 : Sites d'échantillonnages des <i>Aedes</i>	21
Figure 9 : Quelques gîtes de collecte des larves d' <i>Aedes</i>	21
Figure 10 : Différents dispositifs d'élevage des <i>Aedes</i>	22
Figure 11 : Matériel de capture des <i>Aedes</i> adultes	22
Figure 12 : Identification des espèces d' <i>Aedes</i> adultes à la loupe binoculaire.....	23
Figure 13 : Cassette du test de diagnostic rapide de l'antigène NS1	24
Figure 14 : Procédure de réalisation du test de détection du virus de la dengue chez les espèces femelles d' <i>Aedes</i>	25
Figure 15 : Résultats possibles du test de diagnostic rapide "Dengue NS1 Antigène"	26

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Diversité des espèces d' <i>Aedes</i> collectées à l'Université de Yaoundé I et ses environs.....	29
Tableau II : Répartition spatiale des espèces d' <i>Aedes</i> selon les Sites.....	30
Tableau III : Indices de diversités écologiques des espèces d' <i>Aedes</i> en fonction des Sites.....	30
Tableau IV : Distribution des espèces d' <i>Aedes</i> en fonction des gites de collectes	32
Tableau V : Indices de diversités écologies des espèces d' <i>Aedes</i> en fonction des gites de collecte	33
Tableau VI : Répartition des espèces d' <i>Aedes</i> en fonction des mois	34
Tableau VII : Indices de diversités écologiques des espèces d' <i>Aedes</i> en fonction des mois.....	35
Tableau VIII : Prévalence de la dengue chez les <i>Aedes</i>	35

RESUME

Les moustiques du genre *Aedes* constituent un problème majeur de santé publique en Afrique subsaharienne car ils sont impliqués dans la transmission de plusieurs maladies telles que la dengue, la fièvre jaune, le chikungunya, Zika, etc., aux humains. Pour lutter efficacement contre ces maladies, la connaissance sur la diversité et la répartition des espèces d'*Aedes* impliquées dans la transmission de ces maladies reste un prérequis. En plus, la détection précoce de ces arboviroses chez les hôtes (moustiques et l'homme) pousserait les décideurs de prendre rapidement des mesures afin d'éviter les épidémies. Ainsi, l'objectif de ce travail était de déterminer la diversité et la répartition spatio-temporelle des moustiques du genre *Aedes* et aussi de détecter le virus de la dengue chez ces moustiques femelles dans le campus de l'Université de Yaoundé 1 (UY1) et ses environs. Les *Aedes* à l'état larvaire et adulte ont été échantillonnés dans 4 sites situés dans et autour du campus de l'UY1. Les spécimens à l'état larvaire ont été élevés au laboratoire jusqu'à l'émergence des adultes. Les adultes émergés et ceux capturés dans la nature ont été identifiés en utilisant les clés dichotomiques d'identification morphologique des *Aedes* établies par Robert *et al.*, 2022 ; Edwards, 1941 et Jupp, 1996. La détection du virus de la dengue chez les *Aedes* femelles a été réalisée en utilisant le test de diagnostic rapide de l'antigène NS1 de la dengue. Au total, 1023 *Aedes* ont été échantillonnés dans le campus de l'UY1 et ses environs pendant 06 mois d'échantillonnage. Après identification, 08 (huit) espèces ont été répertoriées à savoir *Aedes albopictus* (65,00%), *Ae. aegypti* (21,90%), *Ae. vexans* (7,20%), *Ae. fowleri* (2,30%), *Ae. africanus* (1,80%), *Ae. dentatus* (1,50%), *Ae. japonicus* (0,20%), et *Ae. sp.* (0,10%). La diversité spécifique a varié dans le temps et l'espace, le quartier Obili (5 espèces) a été le quartier où les espèces d'*Aedes* ont été le plus diversifiées et le mois d'avril regorgeait le plus d'espèces (5 espèces). L'espèce *Ae. albopictus* était la plus dominante dans toutes les Sites et durant tous les mois de l'étude, à l'exception du quartier Melen où elle a été absente. Les pneus ont été identifiés comme les gîtes les plus productifs d'*Aedes*, avec la dominance d'*Ae. albopictus* dans ces habitats. Sur les 50 spécimens d'*Aedes* testés, 1 seul moustique femelle portait le virus de la dengue. Ainsi, le milieu étudiantin de l'UY1 est diversifié en espèces d'*Aedes*, vecteurs des arbovirus, il participerait activement à la circulation du virus de la dengue dans la ville de Yaoundé en général et autour du campus de l'UY1 en particulier.

Mots clés : Dengue, *Aedes*, diversité, répartition spatio-temporelle, milieu étudiantin.

ABSTRACT

The mosquitoes of the genus *Aedes* constitute a major public health problem in sub-Saharan Africa because they are involved in the transmission of several diseases such as dengue, yellow fever, chikungunya, Zika, etc., to humans. To effectively combat these diseases, knowledge of the diversity and distribution of *Aedes* species involved in their transmission is a prerequisite. Moreover, the early detection of these arboviruses in hosts (mosquitoes and humans) would prompt decision-makers to take rapid measures to prevent epidemics. Thus, the objective of this study was to determine the diversity and spatio-temporal distribution of *Aedes* mosquitoes and also to detect the dengue virus in these female mosquitoes on the campus of the University of Yaoundé 1 (UY1) and its surroundings. *Aedes* larvae and adults were sampled at 4 sites located in and around the UY1 campus. Larval specimens were reared in the laboratory until adult emergence. Emerged adults and those captured in the field were identified using the morphological dichotomous keys for *Aedes* identification established by Robert et al., 2022 ; Edwards, 1941 ; and Jupp, 1996. Detection of the dengue virus in female *Aedes* was performed using the dengue NS1 antigen rapid diagnostic test. In total, 1023 *Aedes* mosquitoes were sampled on the UY1 campus and its surroundings during 6 months of sampling. After identification, 8 (eight) species were recorded, namely *Aedes albopictus* (65,00%), *Ae. aegypti* (21,90%), *Ae. vexans* (7,20%), *Ae. fowleri* (2,30%), *Ae. africanus* (1,80%), *Ae. dentatus* (1,50%), *Ae. japonicus* (0,20%), and *Ae. sp.* (0,10%). Species diversity varied over time and space; the Obili neighborhood (5 species) was the area with the highest *Aedes* species diversity, and the month of april had the greatest number of species (5 species). *Ae. albopictus* was the most dominant species in all sites and during all months of the study, except in the Melen neighborhood where it was absent. Tires were identified as the most productive breeding sites for *Aedes*, with *Ae. albopictus* dominating these habitats. Among the 50 *Aedes* specimens tested, only one female mosquito carried the dengue virus. Thus, the student environment of UY1 is diverse in *Aedes* species, vectors of arboviruses, and likely contributes actively to the circulation of the dengue virus in the city of Yaoundé in general and around the UY1 campus in particular.

Keywords : Dengue, *Aedes*, diversity, spatio-temporal distribution, student environment.

INTRODUCTION

La dengue est l'une des maladies virales transmises à l'homme par exemple par une pique de moustiques femelles du genre *Aedes*, elle affecte sérieusement les humains en termes de morbidité et de mortalité (Teo *et al.*, 2017). Cette maladie est causée par quatre sérotypes du virus de la dengue (DENV 1, DENV 2, DENV 3 et DENV 4) appartenant à la famille des Flaviviridae et transmise à l'homme par la pique des moustiques infectés du genre *Aedes* et principalement les espèces d'*Aedes aegypti* Linné, 1762 et *Aedes albopictus* Skuse, 1894 (Hanley *et al.*, 2013). Une infection par un sérotype confère une immunité à vie contre ce sérotype spécifique mais, cette immunité n'est pas croisée entre les différents sérotypes (Daude *et al.*, 2015). Ainsi, une personne peut être infectée plusieurs fois par des sérotypes différents de la dengue (Mieulet *et al.*, 2014). Les 4 sérotypes peuvent circuler simultanément dans certaines régions. Par exemple, la co-circulation de tous les sérotypes a été détectée dans 9 pays d'Amérique en 2023 (OMS, 2023). Cette maladie cause chez l'homme les mêmes symptômes que ceux des maladies fébriles tels que paludisme et la typhoïde (OMS, 2023).

La dengue sévit principalement dans les zones urbaines et suburbaines, en particulier dans les régions tropicales et subtropicales du monde entier. Cette virose s'est rapidement répandue à travers le monde et, actuellement, plus de la moitié de la population mondiale vit dans des zones à risque (Guzman *et al.*, 2016). Approximativement, 390 millions de personnes sont infectées chaque année (Bhatt *et al.*, 2015), soit plus de trois fois le chiffre prédit par l'Organisation Mondiale de la Santé en 2012. L'Asie est le continent le plus touché, suivi de l'Amérique et, plus récemment, de l'Afrique (OMS, 2023).

En Afrique, la situation de la dengue était moins critique car les cas humains étaient principalement associés à des symptômes bénins (Kamgang *et al.*, 2019) et les syndromes hémorragiques n'ont été signalés seulement qu'en Afrique de l'Est. Mais plus récemment des épidémies de dengue ont été rapportées dans certains pays d'Afrique de l'Ouest et Centrale ; ce qui suggère un changement dans la dynamique épidémiologique de la dengue dans le continent (CDC, 2024). La dengue a commencé à être étudiée au Cameroun pour la première fois en 2000 (Demanou *et al.*, 2009) et dès lors, les recherches continuent à s'intensifier sur l'émergence de cette maladie. La plupart de ces études menées durant ces dernières décennies reposaient beaucoup plus sur le niveau d'infestation de la population humaine et les lutttes antivectorielles révélant ainsi la circulation des différents sérotypes de la dengue (Tchadji *et al.*, 2023 ; Demanou *et al.*, 2014 ; Younoussa *et al.*, 2014 ; Younoussa *et al.*, 2019 ; Younoussa *et al.*, 2020 ; Djiappi *et al.*, 2022). Mais, jusqu'ici très peu d'études ont été menés sur la surveillance entomologique de la dengue sur l'étendue du territoire camerounais bien que les vecteurs de ce

virus soient bel et bien présents (Akono Ntonga *et al.*, 2010 ; Tedjou *et al.*, 2019 ; Younoussa *et al.*, 2019 ; Younoussa *et al.*, 2020). En effet, plusieurs études antérieures ont rapporté l'abondance des espèces d'*Aedes* dans différentes Sites du Cameroun (Borel *et al.*, 2019 ; Ngoagouni *et al.*, 2015 ; Tedjou *et al.*, 2019 ; Simo, 2021). Ainsi, la connaissance de cette abondance serait une information d'importance capitale dans la lutte efficace contre cette infection. Par ailleurs, le milieu estudiantin est une zone où chaque année de nouveaux étudiants camerounais et étrangers arrivent et pourraient être porteurs de ce virus et ainsi favoriser la transmission de celui-ci à travers les *Aedes*. Ainsi, la présente étude a été entreprise dans le but de déterminer la diversité et la répartition spatio-temporelle des moustiques du genre *Aedes* et aussi de détecter la présence du virus de la dengue chez les femelles adultes de ce genre au campus l'université de Yaoundé I et ses environs. Plus spécifiquement, il s'est agi :

- d'inventorier les espèces d'*Aedes* présentes au sein du campus de l'Université de Yaoundé I et ses environs ;
- de déterminer la répartition spatio-temporelle des espèces d'*Aedes* au sein du campus de l'Université de Yaoundé I et ses environs ;
- de rechercher potentiellement le virus de la dengue chez les *Aedes* femelles capturés au sein du campus de l'Université de Yaoundé I et ses environs.

Hormis cette introduction, la conclusion, les recommandations et les perspectives de recherche, le présent travail comporte 03 chapitres : le premier chapitre porte sur revue de littérature, le second chapitre est consacré au matériel et méthodes et le troisième chapitre présente les différents résultats et leur discussion.

CHAPITRE 1 : REVUE DE LITTERATURE

I.1. Généralités sur les moustiques

Les moustiques, insectes diptères appartenant à la famille des Culicidae, comprennent plus de 3 500 espèces classées en 112 genres. Ces genres sont eux-mêmes répartis en trois sous-familles (Harbach, 2008). Parmi les genres les plus significatifs en termes d'abondance de cette famille, se trouvent les *Aedes*, les *Anopheles* et les *Culex*. Le genre *Aedes* est divisé en 21 sous-genres, compte actuellement 263 espèces et représente le 5^e genre le plus abondant de la famille des Culicidae (Harbach, 2007). Ces moustiques jouent un rôle important en santé publique car sont responsables de nombreuses maladies à l'instar du virus de la dengue, du chikungunya, du Zika et de la fièvre jaune (Bisimwa *et al.*, 2018 ; Jupp *et al.*, 1996).

I.2. Position systématique des *Aedes*

La classification des *Aedes* dans le règne animal d'après Fontenille (2010) est la suivante :

Embranchement des Arthropodes :

- corps à symétrie bilatérale ;
- corps métamérisé et recouvert d'une cuticule ;

Sous-Embranchement des Mandibulates (ou Antennates) :

- présence d'une paire d'antennes à rôle sensoriel ;
- présence d'une paire de mandibules ;

Classe des Insectes :

- respiration trachéenne ;
- trois paires d'appendices locomoteurs ;

Sous-Classe des Ptérygotes :

- présence de deux paires d'ailes ;

Section des Oligonéoptères :

- champ jugal évolué ;
- ailes repliées en arrière au repos ;

Super-ordre des Mécoptéroïdes :

- pièces buccales de type suceur ou piqueur ;
- stipes des maxilles divisés transversalement ;

Ordre des Diptères :

- présence d'une seule paire d'ailes et une paire d'haltères ;
- tarses pentamères ;

Sous-ordre des Nématocères :

- antennes longues, filiformes et à nombreux articles ;

- palpes grêles de deux à cinq articles ;

Infra-ordre des Culicimorphes :

- antennes des mâles touffues spécialisées pour entendre les femelles ;
- pédicelles bulbeux dans les deux sexes ;

Superfamille des Culicoïdea :

- spiracle ouvert ;

Famille des Culicidae :

- appareil buccal constitué d'une trompe allongée ;
- présence d'écailles sur les nervures alaires ;

Sous-famille des Culicinae :

- palpes plus courtes que la trompe chez les femelles ;
- présence d'un siphon respiratoire chez les larves ;

Genre *Aedes* Meigen, 1818 :

- surface des ailes avec des écailles larges plutôt symétriques ;
- larve à siphon court.

I.3. Morphologie générale des *Aedes*

I.3.1. Œufs

Les œufs d'*Aedes* sont généralement pondus isolément, souvent sur des supports proches de l'eau, comme des feuilles ou des objets flottants. Ce qui les aide à se maintenir à proximité des milieux aquatiques nécessaires à leur développement. Ces œufs ont une forte capacité à résister à la dessiccation. Ils peuvent survivre plusieurs mois dans des conditions sèches, ce qui leur permet de rester viables jusqu'à ce que des conditions favorables à l'éclosion se présentent (Service, 2012).

Les œufs sont généralement allongés et ellipsoïdaux, mesurant environ 1 à 2 millimètres de longueur ; leur couleur est souvent sombre, ce qui leur permet de se camoufler dans leur environnement afin d'échapper à la prédation.

Contrairement aux œufs de certains autres genres comme ceux des culex par exemple, les œufs d'*Aedes* ne possèdent pas de flotteurs. Cela signifie qu'ils ne forment pas de structures flottantes, mais sont plutôt dispersés individuellement (Service, 2012).



Figure 1 : Œufs des *Aedes*(<https://images.app.goo.gl/JMgzxpTPoSdM9oDn8>).

I.3.2. Larves

Lorsque les conditions de températures sont réunies les œufs éclosent et les larves (figure 2) sont libérées. Ces larves sont apodes mesurant 1 à 10 mm présentant une morphologie distincte composée de trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen ils possèdent un siphon respiratoire qui leur permet de respirer à la surface de l'eau (Service, 2012).

La tête est bien distincte et mobile, capable de mouvements rapides. Elle porte des antennes insérées sur les côtés, généralement spiculées avec une touffe de soies. Les pièces buccales sont ventrales, du type broyeur. Le labre porte une paire de brosses buccales constituées de longues soies courbes qui produisent un courant amenant la nourriture à la bouche (Service, 2012).

Le thorax est généralement ovale ou légèrement arrondi ; sa taille est relativement grande par rapport au reste du corps ; sa couleur varie en fonction de l'espèce ; il est également recouvert d'écailles qui peuvent être de différentes couleurs et formes.

L'abdomen est généralement allongé et cylindrique, avec une taille généralement longue par rapport au reste du corps et comporte souvent 7 à 9 segments. Sa couleur varie en fonction de l'espèce.

Les larves ont un corps vermiforme et nagent en effectuant des mouvements ondulatoires (différence observée par rapport aux autres espèces de moustiques). On distingue 4 stades larvaires comparables morphologiquement, au niveau de la taille et du durcissement de la cuticule. La croissance de ces larves est discontinue, séparée par des mues. Les larves se

nourrissent de particules alimentaires en suspension (Nasci et Miller, 1996 ; Service, 2012 ; Vacus, 2012).

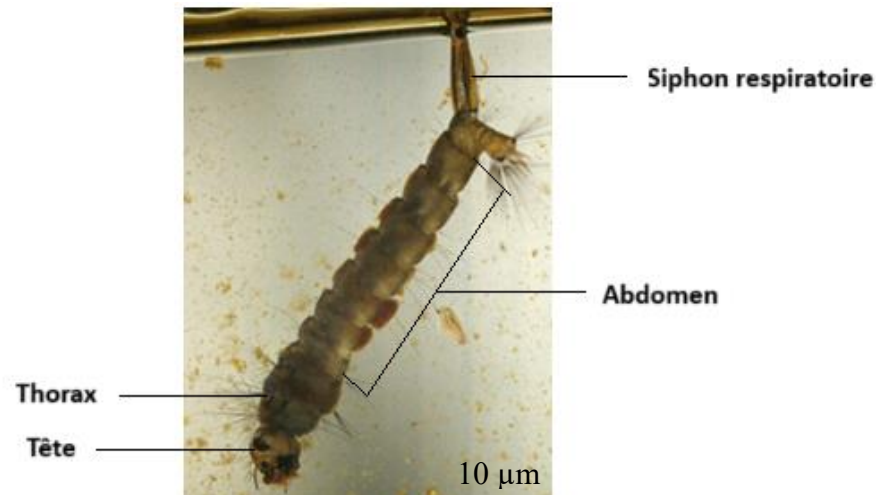


Figure 2 : Morphologie générale d'une larve de *Aedes* sp. (<https://images.app.goo.gl/nQUqhXPzbG3wCk9p9>).

I.3.3. Nymphes

Les nymphes (figure 3), également appelées pupes, sont également aquatiques. Contrairement à d'autres pupes d'insectes, celles des moustiques sont actives et mobiles. Leur forme rappelle celle d'un point-virgule et elles possèdent deux trompettes qui leur permettent d'aspirer l'air lorsqu'elles sont immergées. À ce stade de développement, elles ne s'alimentent pas (Nasci et Miller, 1996). Elles sont suspendues comme chez la larve juste sous la surface de l'eau et nagent activement lorsqu'elles sont dérangées (lorsque l'eau est agitée). Le stade nymphal dure environ 2 à 3 jours (Nasci et Miller, 1996) en fonction des paramètres climatiques du milieu.



Figure 3 : Nympe des *Aedes* (<https://images.app.goo.gl/JMgzxpTPoSdM9oDn8>).

I.3.4. Adultes

A la fin du stade nymphal, le moustique sorti de la cuticule marque un léger temps de repos (environ 10-15 minutes) pour laisser durcir sa cuticule (Vacus, 2012). Les adultes d'*Aedes* ont un corps plus allongé et cylindrique que celui des autres moustiques. Ils ont généralement une couleur brune ou noire avec des marques blanches ou jaunes sur leur corps. Ces adultes ont généralement une activité diurne contrairement aux autres moustiques qui ont une activité nocturne. Le moustique adulte d'*Aedes* (figure 4) tout comme les autres moustiques possède trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen.

➤ Tête

La tête des moustiques est essentielle pour la perception sensorielle et l'alimentation. Elle porte les yeux ainsi qu'une paire d'antennes longues, qui jouent un rôle crucial dans la détection, tant des odeurs des hôtes que celles des sites de reproduction où les femelles déposent leurs œufs. La tête comprend également une trompe (proboscis), de forme allongée qui sert de canal alimentaire ainsi que deux palpes maxillaires (Nasci et Miller, 2004 ; Vacus, 2012).

➤ Thorax

Le thorax est globuleux et résulte de la fusion de trois segments (prothorax, mésothorax et métathorax). Chaque segment porte une paire de longues pattes. Le thorax porte une paire d'ailes fonctionnelles et une paire d'ailes vestigiales, appelées haltères, qui sont essentielles pour l'équilibre en vol. Sur chaque côté du thorax se trouvent deux orifices respiratoires, appelés spiracles (Vacus, 2012). Le thorax est constitué de plusieurs plaques chitinisées, dont les tergites, sternites et pleurites, qui contribuent à sa rigidité et à sa protection. Le thorax est principalement dédié à la locomotion. La structure du thorax, avec ses plaques reliées par des membranes souples, permet une flexibilité nécessaire pour les contractions musculaires et la respiration (Nasci et Miller, 2004 ; Vacus, 2012).

➤ Abdomen

L'abdomen est étroit et allongé, composé de 10 segments distincts. Il se termine par deux petits cerques, qui sont des appendices sensoriels. Chez les femelles, l'abdomen contient un orifice de ponte, tandis que chez les mâles, il abrite des appendices copulateurs bien visibles. L'abdomen est souvent orné d'écailles et peut présenter des motifs variés, ce qui aide à l'identification des espèces (Service, 2012). Chez les femelles, l'abdomen est adapté pour le stockage des œufs, ce qui est crucial pour leur reproduction. L'abdomen joue également un rôle dans la respiration, permettant aux moustiques de contrôler leur flottabilité lorsqu'ils sont dans l'eau. Les segments de l'abdomen sont équipés de récepteurs sensoriels qui aident les

moustiques à détecter les stimuli environnementaux, tels que les odeurs et les vibrations. L'abdomen est impliqué dans le mouvement de vol, car sa flexibilité permet aux muscles du thorax de se contracter efficacement pour le vol (Nasci et Miller, 1996 ; Service, 2012 ; Vacus, 2012).

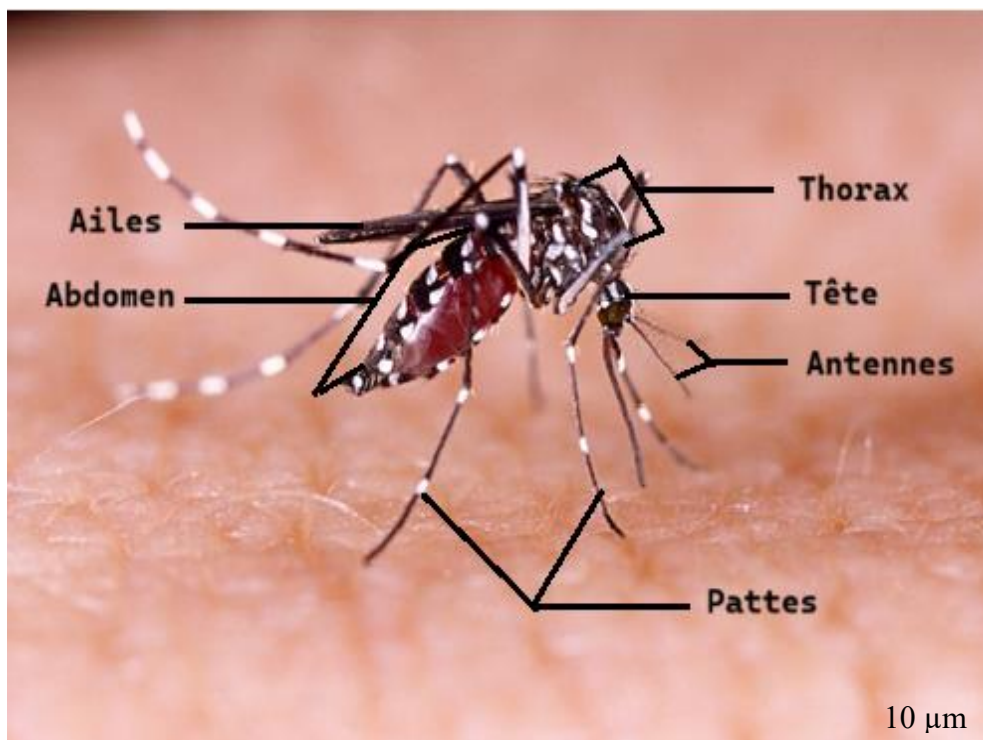


Figure 4 : Aspect général d'un *Aedes* sp. adulte femelle (<https://images.app.goo.gl/kq98KtSZTR9F8gHK7>).

I.4. Ecologie et biologie des *Aedes*

I.4.1. Ecologie des *Aedes*

Les *Aedes* sont des moustiques qui jouent un rôle important dans l'écosystème. Ils préfèrent les zones urbaines, les régions tropicales avec des températures chaudes et précipitations abondantes (kamgang *et al.*, 2009 ; Kamgang *et al.*, 2010 et Kamgang *et al.*, 2013). Ils se trouvent généralement dans les zones où la présence des eaux stagnantes est observée, telles que les gîtes naturels (troncs d'arbres, vieilles cabosses de cacaoyers, creux de rochers...), et les gîtes artificiels à savoir les gîtes péri-domestiques (pneus, égouts ...) et gîtes domestiques (pots de fleurs, récipients abandonnés, boîtes de conserves, gouttières, canaris, vieilles chaussures...) (Djiappi-Tchamen *et al.*, 2021, 2022 ; Tedjou *et al.*, 2019 ; Simo, 2021). Ces moustiques ont plusieurs prédateurs naturels, tels que les poissons, les grenouilles, les lézards et les oiseaux.

Les *Aedes* peuvent avoir un impact négatif sur l'environnement en transmettant des maladies aux humains et aux animaux (Demanou *et al.*, 2009 ; Diallo *et al.*, 2003 ; Daude *et*

al., 2015). Ils peuvent également contribuer à la propagation de plantes envahissantes en transportant des graines et des spores.

I.4.2. Cycle de développement des *Aedes*

Les *Aedes* sont des insectes holométaboles dont le cycle de vie se déroule entre le milieu aquatique stagnant (œuf et juvéniles) et le milieu aérien (imago). Le cycle de développement dure environ 8-12 jours (Service, 2012). En général, la femelle ne s'accouple qu'une seule fois, mais pond périodiquement pendant toute son existence (Himmi, 2007) (figure 5).

La prise du repas sanguin sur leurs hôtes, garantit l'apport de protéines nécessaires pour l'ovogenèse qui est indispensable pour les femelles.

Les femelles d'*Aedes* lorsqu'elles sont gravides (1) vont se mettre à la quête d'un lieu favorable à la ponte. Une fois qu'elles y ont déposé leurs œufs (2), elles vont retourner prendre un autre repas sanguin, afin de pondre à nouveau et ainsi de suite jusqu'à leur mort (Himmi, 2007). Après éclosion (3), les larves vont subir une succession de quatre mues et la dernière mue va aboutir à la formation de la nymphe (4) ; de cette nymphe sera libéré l'adulte quelques jours plus tard et le cycle recommence.

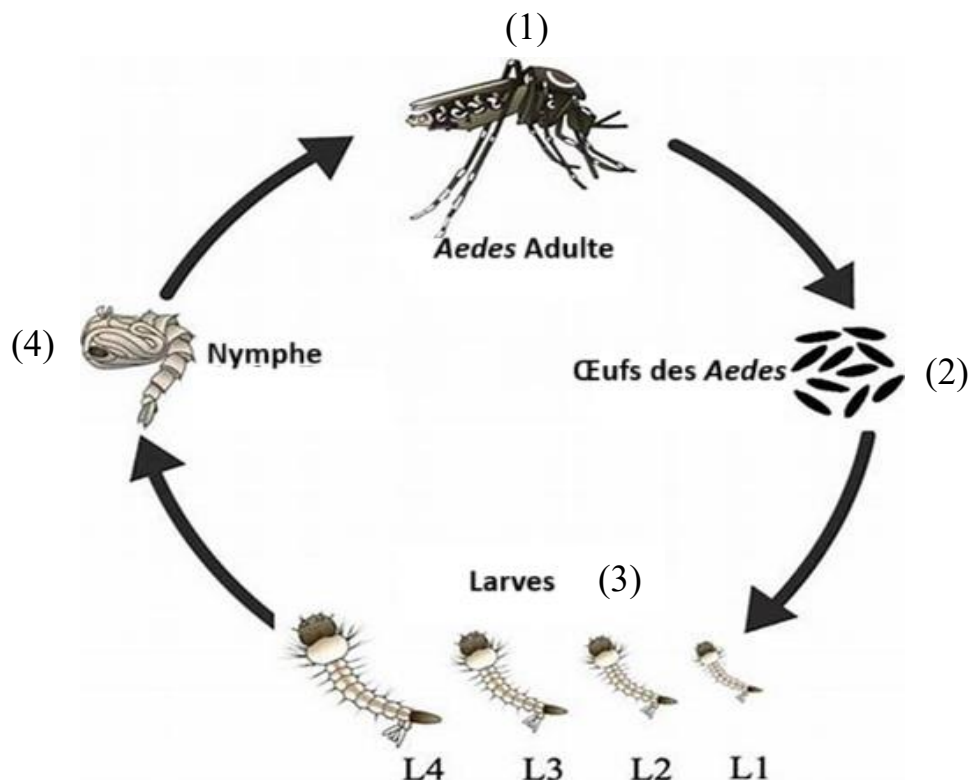


Figure 5 : Cycle de développement des *Aedes* (<https://www.animalia-life.club/qa/pictures/dengue-mosquito-life-cycle.html>).

I.5. Identification des *Aedes*

Pour identifier les espèces d'*Aedes*, plusieurs techniques sont utilisées à savoir l'identification morphologie, les techniques moléculaires et l'analyse d'interférences lumineuses.

I.5.1. Identification morphologique

Cette identification consiste à faire ressortir les caractères physiques (la forme du corps, la disposition des soies sur le corps, des traits présents sur le corps, et bien d'autres) en utilisant les clés d'identification dichotomiques basées sur des traits spécifiques (Yssouf *et al.*, 2016 ; Schaffner *et al.*, 2020).

I.5.2. Techniques moléculaires

Comme techniques moléculaires l'on a :

➤ **PCR (Polymerase chain reaction)** : qui est une technique d'amplification des séquences d'ADN spécifiques, souvent du gène CO1(cytochrome oxydase sous-unité 1), pour une identification précise (Schaffner *et al.*, 2020).

➤ **Séquençage et Barcoding ADN** : qui consiste en la comparaison des séquences d'ADN avec des bases de données pour identifier les espèces. Elle est utilisée pour identifier les espèces d'*Aedes* en fonction de leur séquence d'ADN (Schaffner *et al.*, 2020).

➤ **Maldi-TOF (Spectrométrie de masse)** : Utilisée pour identifier les œufs, offrant une méthode rapide et efficace (Schaffner *et al.*, 2020).

I.5.3. Analyse d'interférences lumineuses

C'est une méthode innovante utilisant des motifs d'ailes, facilitée par l'apprentissage automatique, permettant une identification rapide des espèces de moustique sans équipement sophistiqué (IRD, 2024).

I.6. Maladies transmises par les espèces d'*Aedes*

Les moustiques du genre *Aedes* sont des vecteurs de plusieurs maladies graves qui affectent les humains et les animaux : la fièvre jaune, le virus de Zika, le virus de chikungunya et le virus de la dengue.

I.6.1. Fièvre Jaune

La fièvre jaune est une maladie virale décrite pour la première fois au milieu du XVI^e siècle au Yucatén (Mexique). Elle est due au virus de la fièvre jaune, un arbovirus (virus transmis par un insecte vecteur) isolé en 1927 simultanément au Ghana et au Sénégal, à l'Institut

Pasteur de Dakar. La maladie sévit en Afrique, en Amérique du Sud et en Amérique Centrale. Le taux de mortalité de la fièvre jaune est élevé, entre 20 et 60 % selon les épidémies. Il n'existe pas de traitement antiviral spécifique pour la fièvre jaune. La prise en charge de cette maladie virale repose sur des soins de soutien, notamment la réhydratation et la surveillance des symptômes. Il existe un vaccin efficace et sûr, qui permet une protection à long terme. L'OMS estime chaque année à 200 000 le nombre de cas de fièvre jaune et à 30 000 le nombre de décès dus à cette maladie dans le monde (Ousmane *et al.*, 2020).

I.6.2. Zika

Le virus Zika (ZIKV), est un arbovirus membre de la famille des Flaviviridae du genre *Flavivirus* comme ceux de la dengue et de la fièvre jaune. Il s'agit d'un virus à ARN positif d'un diamètre de 40 nm, enveloppé d'une bicouche lipidique. Ce virus a été isolé pour la première fois chez un singe Rhésus en 1947 en Ouganda dans la forêt Zika (Yarrington *et al.*, 2019 ; Simo, 2021). On l'a ensuite identifié chez l'Homme en 1952 en Ouganda et en République Unie de Tanzanie (Dick *et al.*, 1952). Après sa découverte en 1947, le ZIKV a circulé en Afrique et en Asie, entraînant des infections humaines sporadiques. En 2007, son émergence a été signalée dans les États fédérés de Micronésie (îles de Yap) ; il s'agissait de la première détection du virus en dehors de l'Afrique et de l'Asie, donnant lieu à la première flambée urbaine du Zika enregistrée (Simo, 2021).

I.6.3. Chikungunya

Le virus du chikungunya appartient à la famille des Togaviridae, du genre *Alphavirus* appartenant au complexe antigénique Semliki Forest (Powers *et al.*, 2000). Il a été isolé pour la première fois en Ouganda en 1953, lors d'une épidémie survenue en Afrique de l'Est. L'appellation « chikungunya » vient du Makondé ; qui signifie « l'Homme qui marche étant courbé » ou « qui se recroqueville », et fait référence à l'arthralgie invalidante dont sont atteints les patients qui ont contracté le virus du chikungunya. C'est un virus à ARN⁺ sphérique d'un diamètre de 60-70 nm et avec une enveloppe lipoprotéique. Le chikungunya sévit en Amérique centrale, Amérique du Sud, Inde, dans les îles de l'océan Indien, dans les îles du pacifique, dans les caraïbes et en Afrique (Demanou *et al.*, 2010 ; Kuniholm *et al.*, 2006).

I.6.4. Dengue

La dengue est l'arbovirose la plus importante en termes de mortalité et de morbidité au sein de la population humaine. Elle sévit principalement dans les régions tropicales et subtropicales du monde (figure 6) et est transmise d'un homme à un autre par des moustiques

anthropophiles du genre *Aedes*. Selon l'OMS (2018), 3,9 milliards de personnes dans 138 pays ont été exposées au risque d'infection de dengue. Chaque année il y aurait environ 390 millions d'infections dans le monde, dont 96 millions de malades, un demi-million d'hospitalisés (dengue sévère), et 20 000 décès au rang desquels une très forte proportion d'enfants (OMS, 2020). Le nombre de cas de dengue notifiés à l'OMS a été multiplié par plus de huit au cours des deux dernières décennies, passant de 505 430 cas en 2000 à plus de 2,4 millions de cas en 2010 et 4,2 millions de cas en 2019 (OMS, 2020).

La dengue sévit dans plus de 100 pays à travers le monde : Afrique, Amériques, Méditerranée orientale, Asie du Sud-Est et Pacifique occidental (WHO, 2009), ces deux dernières régions étant les plus touchées par cette pathologie. Le virus de la dengue existe sous quatre sérotypes distincts mais étroitement apparentés (DENV-1, DENV-2, DENV-3 et DENV-4). Cependant, l'immunité acquise par l'un des sérotypes ne protège pas contre les infections par les autres (Aubry et Gaüzère, 2020 ; Morsy *et al.*, 2020).

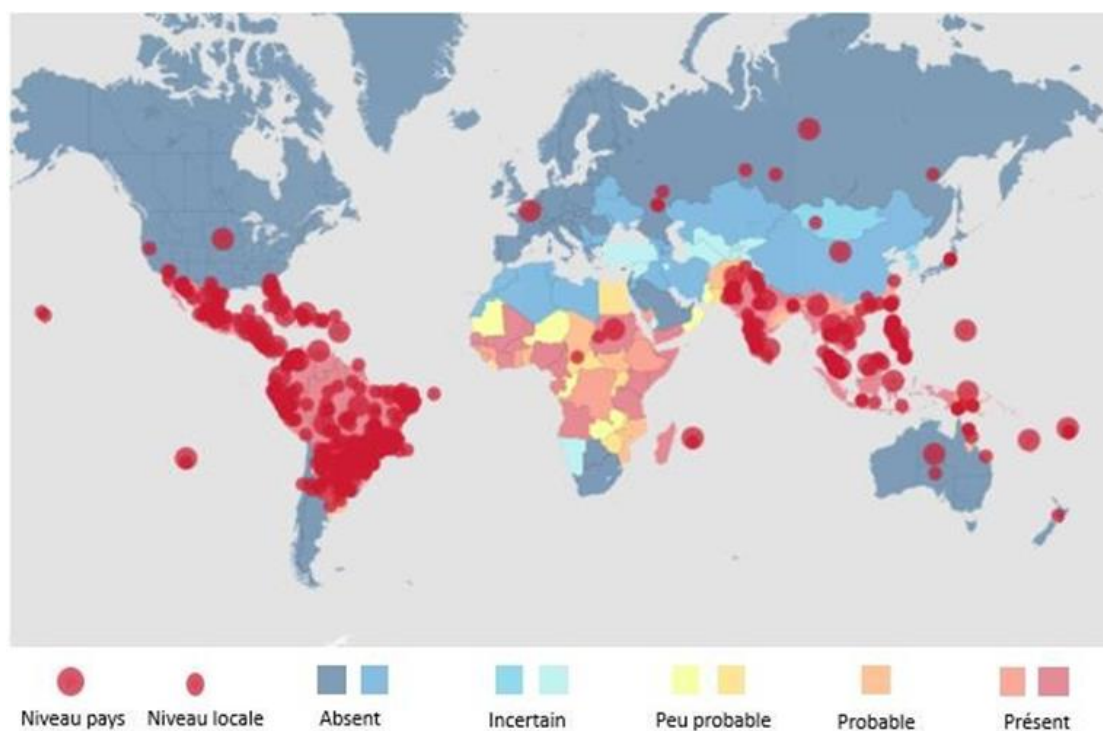


Figure 6 : Répartition de la dengue dans le monde en 2021 (<https://www.breakdengue.org/building-the-ultimate-tool-for-global-denguesurveillance/>).

I.6.4.1. Facteurs responsables de l'émergence de la dengue

Plusieurs facteurs complexes souvent mal connus sont à l'origine de l'émergence de la dengue virus ; ces facteurs peuvent être les changements d'ordre écologiques, démographiques, et sociaux survenus au cours des 5 dernières années. Tous ces facteurs sont interconnectés.

La progression la plus rapide de la dengue dans les dernières décennies a été observée dans les régions tropicales où la maladie était en émergence. Plusieurs facteurs contribueraient à la progression et à la dispersion géographique de la maladie, à savoir : l'urbanisation, la surpopulation, la pauvreté, la déficience des infrastructures de santé publique en place, l'absence de politiques publiques concernant les mesures de contrôle environnemental, le commerce international ainsi que les voyages internationaux. Dans la plupart des régions urbaines tropicales, plusieurs sérotypes co-circulent, créant un état d'hyper-endémicité pouvant accroître le risque de dengue hémorragique.

I.6.4.2. Cycle de transmission de la dengue

La transmission des virus de la dengue est assurée essentiellement par la piqure des moustiques femelles du genre *Aedes*. La transmission transovarienne du virus chez les moustiques (adulte-œuf-larve) a été souvent évoquée dans plusieurs régions du monde. Des voies de transmission autre que la transmission vectorielle ont été parfois mentionnées (Yarrington *et al.*, 2019).

Cette transmission du virus de la dengue se fait par l'intermédiaire de trois cycles qui sont : le cycle sauvage, le cycle rural et le cycle urbain (figure 7).

Les cycles sauvages, ou cycles selvatiques, se déroulent dans des milieux non anthropisés, souvent forestiers, et impliquent la faune sauvage, notamment les primates. Dans le contexte de dengue, ces cycles se caractérisent par des interactions entre les vecteurs et les animaux, avec une possibilité d'implication accidentelle de l'Homme. Les moustiques du genre *Aedes*, qui habitent la canopée des forêts humides ou des savanes, jouent un rôle clé dans ces cycles. En Afrique, plusieurs espèces du sous-genre *Stegomyia*, telles que *Aedes luteocephalus*, *Aedes africanus* et *Aedes opok*, ainsi que des espèces du sous-genre *Diceromyia*, notamment *Aedes furcifer* et *Aedes taylori*, ont été identifiées comme vecteurs selvatiques des virus de la dengue (Diallo *et al.*, 2003).

Les cycles ruraux sont quant à eux ceux qui se déroulent en zone rurale dans des villages ou des îles peu peuplées. La majorité de la population sensible présente dans la zone serait alors infectée lors d'épidémies. Selon la région, plusieurs moustiques du sous-genre *Stegomyia* pourraient intervenir comme vecteurs dans le cycle rural, notamment *Ae. aegypti* et *Ae. albopictus*, et *Ae. polynesiensis* (Gubler, 1998).

Les cycles de transmission les plus importants en termes d'impact sur la santé publique, sont ceux urbains endémiques/épidémiques se déroulant dans les grands centres urbains, et des villages des zones tropicales et intertropicales du globe. Dans ce milieu, l'Homme constitue l'unique hôte vertébré (réservoir et amplificateur) intervenant dans les cycles de transmission

des virus de la dengue. Il était admis que la transmission en milieu urbain était majoritairement assurée par *Ae. aegypti*. Mais depuis quelques années, on note une recrudescence d'épisodes épidémiques impliquant *Ae. albopictus*. De nos jours, ces deux moustiques sont reconnus comme les vecteurs majeurs des virus de la dengue dans le monde.

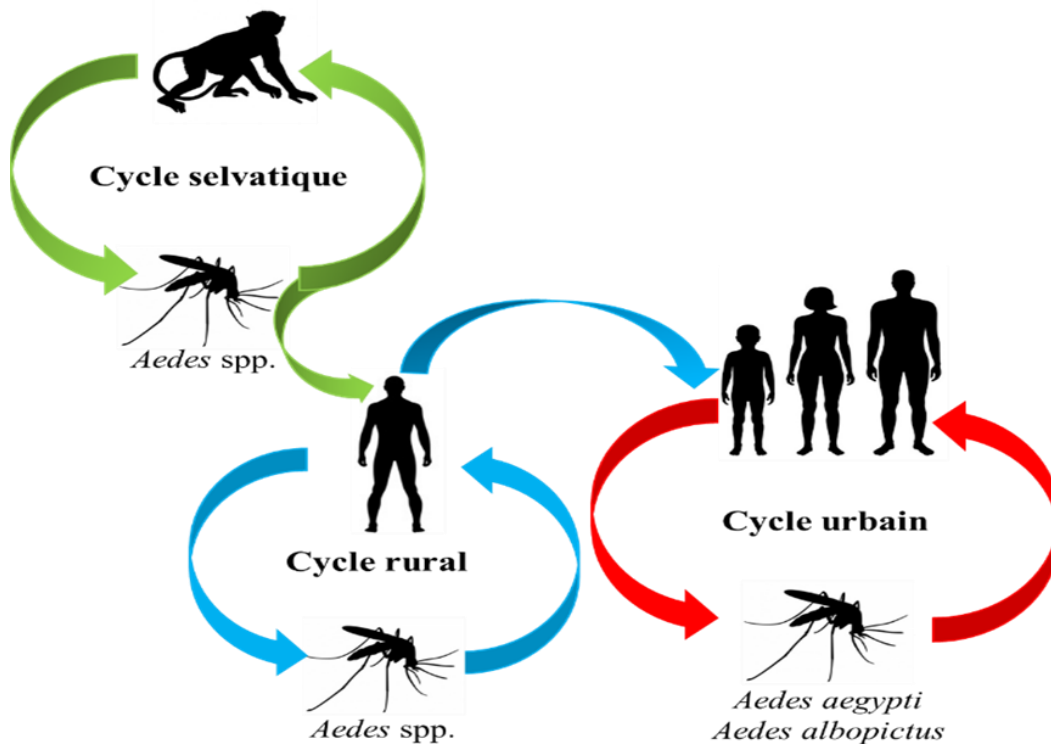


Figure 7 : Cycles de transmission des virus de la dengue
(<https://th.bing.com/th/id/OIP.u2z4SOTtjz8GBqTPsLRfBwHaE8?rs=1&pid=ImgDetMain>).

I.6.4.3. Circulation de la dengue au Cameroun

Au Cameroun, plusieurs études ont été menées sur les arbovirus au cours des deux dernières décennies (Kuniholm *et al.*, 2010 ; Kamgang *et al.*, 2017 et Tadjou *et al.*, 2019). Il en ressort que ce virus circule au Cameroun mais pourraient être largement sous diagnostiqués en raison de l'absence de symptômes spécifiques. En fait, leurs signes cliniques similaires à ceux d'autres maladies chez les hôtes cibles sont caractérisées par la présence de fièvre telles que dans le cas du paludisme et la typhoïde (Gulati et Maheshwari, 2012). Cette hypothèse est soutenue par le fait que plusieurs études ont révélé la présence du virus responsable de cette maladie (Yousseu *et al.*, 2018 ; Demanou *et al.*, 2014 ; Tchadji *et al.*, 2023) ou des anticorps dirigés contre cet agent épidémiologique chez les populations humaines au Cameroun (Kuniholm *et al.*, 2006 ; Demanou *et al.*, 2014 ; Tchadji *et al.*, 2023).

I.6.4.4 Techniques de diagnostic de la dengue virus

Le diagnostic biologique de la dengue fait appel à la détection du virus, de son génome ou d'antigènes viraux, constituant le diagnostic direct réservé au stade précoce de la maladie. La détection d'anticorps, ou diagnostic indirect, est quant à elle privilégiée à partir du 5^e jour de la maladie (Shu & Huang, 2004). Le diagnostic direct et indirect intègre plusieurs approches.

A) Diagnostic direct ou précoce

Il repose sur les méthodes suivantes :

➤ **Isolement du virus** : L'isolement viral est une méthode traditionnelle de diagnostic de la dengue qui consiste à cultiver le virus dans des cellules en laboratoire. Bien que cette approche soit fiable, elle est longue et laborieuse. Les tests moléculaires (RT-PCR) et les tests antigéniques (NS1) ont progressivement remplacé cette méthode, offrant des résultats plus rapides et plus sensibles. Cependant, l'isolement viral reste pertinent dans certains contextes. Néanmoins, la présence d'anticorps à réactivité croisée chez les patients ayant déjà été infectés peut compliquer la détection du virus par isolement (Muller *et al.*, 2017 ; Mishra *et al.*, 2011 ; Dos Santos *et al.*, 2008).

➤ **Détection du virus ou de son génome par RT-PCR** : Les méthodes moléculaires, en particulier la RT-PCR, ont révolutionné le diagnostic de la dengue. En amplifiant spécifiquement l'ARN viral, ces techniques permettent une détection précoce et précise de l'infection, dès la phase aiguë de la maladie (Lanciotti *et al.*, 1992). L'évolution vers des tests multiplex en temps réel a encore amélioré leur performance, permettant de détecter simultanément plusieurs sérotypes de dengue (Chien *et al.*, 2006). Bien que ces méthodes soient plus rapides, plus sensibles et moins coûteuses que les techniques d'isolement viral, elles nécessitent un laboratoire équipé et un personnel formé (Santiago *et al.*, 2018 ; Dos Santos *et al.*, 2008).

➤ **Détection antigénique : la protéine NS1** : fabriquée par le virus de la dengue est une cible intéressante pour détecter la maladie. Elle est libérée dans les échantillons tests et peut être détectée rapidement, souvent dès l'apparition des premiers symptômes. Cette protéine est donc un bon indicateur de l'infection par le virus de la dengue. Cependant, mesurer précisément la quantité de NS1 dans les échantillons tests reste un défi pour les chercheurs. Les tests commerciaux actuels permettent seulement de dire si la protéine est présente ou non, mais ne la quantifient pas. De plus, chez les sujets qui ont déjà eu la dengue, la présence de NS1 peut être plus difficile à interpréter en raison d'une réponse immunitaire particulière (Oyero *et al.*, 2014 ; Dussart *et al.*, 2008).

B) Diagnostic indirect ou sérologique

Il repose sur la détection d'IgM, d'IgG et NS1 spécifiques en fonction de leur cinétique d'apparition au cours du temps. Les méthodes utilisées sont :

➤ **Techniques immunoenzymatiques d'inhibition de l'hémagglutination** : (HIA Hemmagglutination-Inhibition Assay) et la technique ELISA permettent la détection des anticorps IgM et IgG (OMS, 2013 ; HCSP, 2011) en fonction de leur cinétique d'apparition au cours du temps.

➤ **Tests immunochromatographiques** : Ce sont les tests de diagnostic rapide (TDR) qui permettent de mettre en évidence la protéine NS1 et les Immunoglobulines M et G (Horstick *et al.*, 2015 ; OMS, 2013).

➤ **Test de séroneutralisation virale** : Les tests d'identification des IgM permettent un dépistage tardif d'une infection en cours. L'identification des IgG permet un diagnostic tardif d'une infection en cours ou passée. La cinétique d'apparition des IgM et des IgG étant différente en cas d'infection secondaire et d'infection primaire, le ratio IgM/IgG peut être utilisé pour différencier une dengue primaire d'une dengue secondaire (OMS, 2013, Najioullah *et al.*, 2012).

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II.1. Site et période d'étude

L'étude a été menée au sein du campus de l'Université de Yaoundé 1 et ses quartiers environnants (figure 8). Ce site est situé en plein cœur de la ville de Yaoundé, capitale politique du Cameroun et chef-lieu de la région du Centre. Il est situé au sommet de la colline Ngoa-Ekelle au lieu-dit plateau Atemengue, dans l'arrondissement de Yaoundé III, Département du Mfoundi, avec pour coordonnées géographiques 32 hémisphère Nord à 777873 m du méridien central et à 426826 m de l'équateur.

Le climat de la région est de type équatorial guinéen se caractérisant par une alternance de deux saisons des pluies et deux saisons sèches. Les précipitations annuelles peuvent atteindre 1600 mm et sont concentrées principalement de mars à juin et de septembre à novembre. Les températures moyennes sont comprises entre 19,2°C et 28,5°C, et sont relativement stables tout au long de l'année. L'humidité quant à elle est élevée en permanence dépassant généralement les 75%.

L'échantillonnage des moustiques du genre *Aedes* a été fait durant une période allant de mars à août 2024. Durant cette période une descente a été effectuée sur le terrain pour collecter les larves et capturer les adultes d'*Aedes* pendant trois jours successifs à savoir les 16e, 17e et 18e jours de chaque mois au sein du campus de l'UY1 et dans trois (03) quartiers environnants à savoir Obili, Quartier général et Melen (figure 8).

Le choix de ces sites a été fait après la première descente sur le terrain, au cours de laquelle différents types de gîtes potentiels de moustiques ont été prospectés. Au sein de l'université de Yaoundé I, à Obili, au Quartier général et à Melen la collecte a été réalisée en posant des pièges pour les larves (Ovitrap) et collecter dans les pneus et dans tous les endroits où il pouvait y avoir les réserves d'eaux naturelles.

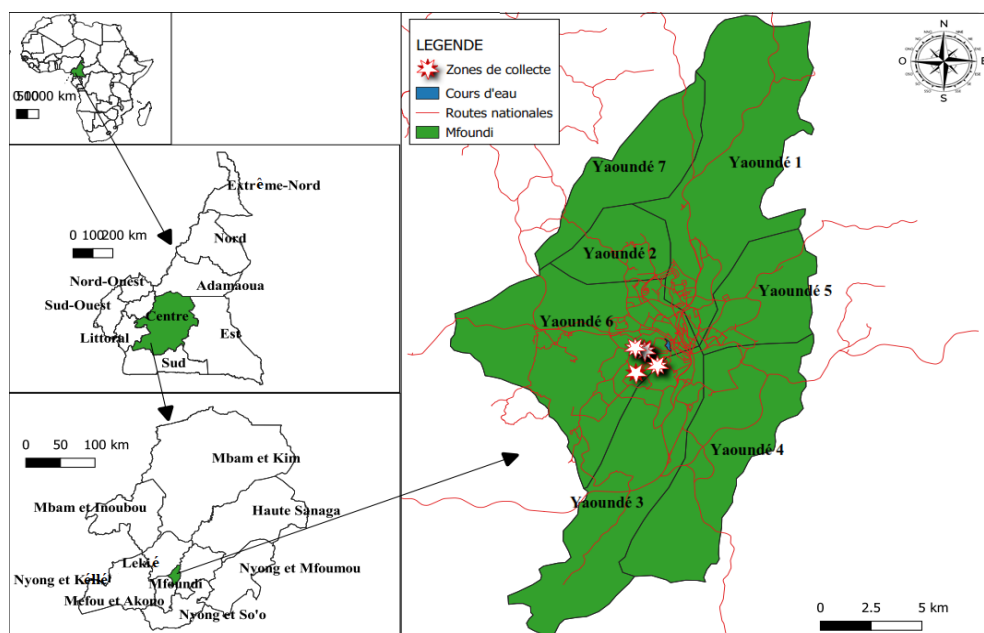


Figure 8 : Sites d'échantillonnages des *Aedes*

II.2. Echantillonnage des larves et les nymphes d'*Aedes*

Les larves et/ou les nymphes des moustiques du genre *Aedes* ont été collectées à trois reprises par mois dans les gîtes identifiés (figure 9) en utilisant la méthode de « dipping » ou de trempage (Service., 1993). Cette méthode a consisté à prélever l'eau du gîte à l'aide d'une louche, puis y observer la présence des larves d'*Aedes*. Une fois dans les louches, les larves ont été alors prélevées à l'aide d'une pipette et transférées dans un récipient portant les informations et contenant l'eau du gîte.



Figure 9 : Quelques gîtes de collecte des larves d'*Aedes* : Pneus (A) ; Ovitrap (B)

En plus, dans chaque site identifié positif aux *Aedes* les ovitrap ont été posés pour la collecte des larves d'*Aedes*. Ensuite, les larves récoltées ont été transportées à l'insectarium (figure 10 A) du laboratoire de Zoologie de l'université de Yaoundé 1 pour la mise en élevage. Après émergence des larves en adultes, les bacs contenant de l'eau des gîtes ont été retirés et

les imagos ont été laissés mourir d'une mort naturelle. Enfin, ces imagos ont été mis dans des boîtes de conservation (figure 10 C) pour une identification ultérieure à l'échelle spécifique.

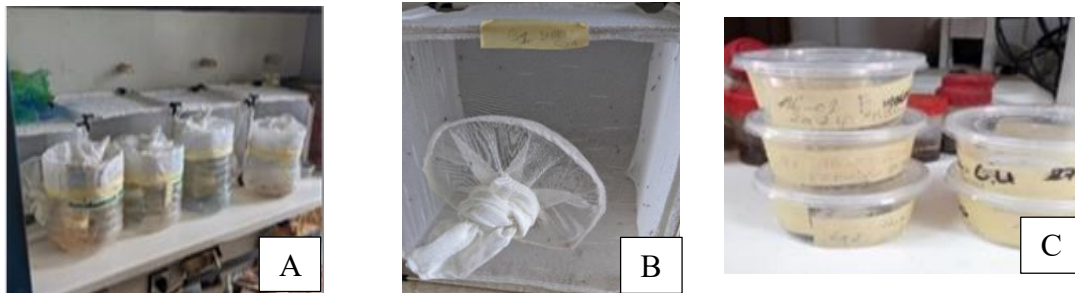


Figure 10 : Différents dispositifs d'élevage des *Aedes* : Cage (A et B) ; Boîtes de conservation des adultes morts (C)

II.3. Capture des moustiques adultes

Deux méthodes de capture à savoir la capture avec le piège lumineux (Figure 11B) et la capture à l'aide d'un filet faucheur (figure 11A) ont été utilisées durant les six mois d'échantillonnages dans le campus et ses environs en raison de trois jours successifs de collecte chaque mois.

La capture à l'aide du filet baladeur consistait à tenir le filet et cibler les endroits où les moustiques se posaient, ensuite effectuer un mouvement rapide pour les englober dans le filet. Lorsque les moustiques étaient capturés, l'ouverture du filet a été immédiatement refermée pour ensuite libérer les spécimens collectés dans les cages.

Pour la capture à l'aide du piège lumineux, les pièges ont été placés dans une zone où les moustiques étaient présents, comme dans les chambres à coucher et les endroits à proximité des lieux de reproduction de moustiques. Ces derniers étaient attirés par la lumière émise par les pièges. Les moustiques ont été retenus à l'intérieur des pièges, où ils ne pouvaient plus s'échapper. Les moustiques capturés sont morts et ont été conservés dans un contenant pour l'identification.



Figure 11 : Matériel de capture des *Aedes* adultes : Filet faucheur (A) ; Piège lumineux (B)

II.4. Identification des espèces d'*Aedes* collectées

Cette identification a été faite en utilisant les techniques classiques qui reposent sur l'examen des caractéristiques morphologiques visibles telles que la taille, la forme des antennes, les nervures alaires, les taches au niveau du corps, des pattes et de la tête.

Ainsi, une loupe binoculaire (figure 12) accompagnée des clés d'identification morphologiques établies par Robert *et al.*, (2022) ; Edwards, (1941) ; Jupp, (1996) ont été utilisées pour identifier les espèces d'*Aedes*. Les caractéristiques telles que les traits présents sur le thorax, la longueur et la forme des antennes, la nervation des ailes, la coloration et la forme du corps, ainsi que la longueur et la forme des pattes ont été utilisées pour déterminer les espèces.

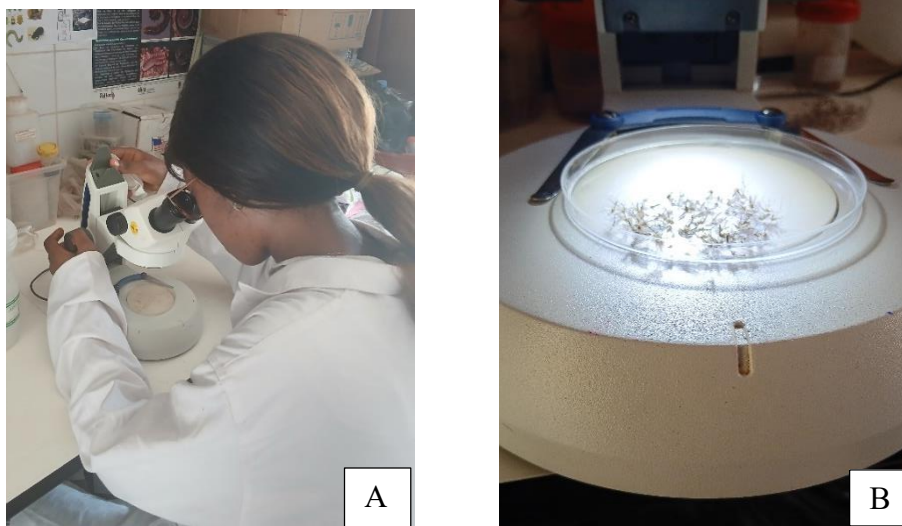


Figure 12 : Identification des espèces d'*Aedes* adultes à la loupe binoculaire : Observation à la loupe (A) ; échantillons de moustiques à identifier (B).

II.5. Détection du virus de la dengue chez les femelles d'*Aedes*

Le test de détection du virus de la dengue chez les *Aedes* s'est déroulé au laboratoire de vaccinologie et Bio-banque du Centre International de référence de Chantal Biya pour la recherche sur la prévention et la prise en charge du VIH/SIDA (CIRCB). Ce test a consisté en la mise en évidence de la protéine non structurale 1 (NS1) de l'antigène (Ag) spécifique du virus de la dengue (DENV) à l'aide du test rapide "Dengue NS1 Antigène" (MR Healthcare IVD, Espagne) suivant les instructions du fabricant.

II.5.1. Collecte des moustiques et préparation des échantillons à tester

Les femelles adultes d'*Aedes* utilisées ont été choisies au hasard dans les échantillons collectés des différents sites d'étude. Après capture et immédiatement identifiés au laboratoire

de zoologie du Département de Biologie et Physiologie Animales de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I, les *Aedes* femelles ont été conservés individuellement dans des cryotubes stériles et transportés au laboratoire de vaccinologie et bio-banque du Centre International de référence de Chantal Biya pour la recherche sur la prévention et la prise en charge du VIH/SIDA (CIRCB).

Une fois au laboratoire, chaque moustique a été broyé à l'aide d'un micro-pilon stérile (à usage unique) dans 200 µl de PBS 1X (Phosphate Buffered Saline ou solution tamponnée au phosphate et au sel 1X) préparé préalablement et laissée au repos pendant 15 minutes (Figure 13). Le surnageant a été utilisé comme échantillon pour la détection de la présence du virus de la dengue chez ces *Aedes* en utilisant le test de diagnostic rapide (TDR) "Dengue NS1 Antigène" (MR Healthcare IVD, Espagne) suivant les instructions du fabricant.

II.5.3. Test de diagnostic rapide "Dengue NS1 Antigène"

II.5.3.1. Principe du TDR

Le test de diagnostic rapide (TDR) "Dengue NS1 Antigène" (MR Healthcare IVD, Espagne) est un test immuno-chromatographique pour la détection de la protéine non structurale 1 (NS1) de l'antigène (Ag) spécifique du virus de la dengue (DENV) en même temps dans le plasma, le sérum, le sang total humain et les autres échantillons chez les sujets infectés par au moins l'un des 4 sérotypes du DENV (DENV-1, DENV-2, DENV-3 et DENV-4). Le dispositif du test (figure 13) contient une bande de membrane pré-revêtue de capture anti-NS1Ag du virus de la dengue sur une zone bien précise du test (T). En présence de l'échantillon, le mélange conjugué d'or anti-NS1Ag du virus de la dengue et l'échantillon se déplace chromatographiquement le long de la membrane vers la région de test et forme une ligne colorée issue de la formation du complexe particule d'or antigène-anticorps dans la zone du test (T). Un contrôle de qualité interne (C) est inclus dans le dispositif du test afin de s'assurer de la validité du test. Aucune bande n'est visible dans le dispositif du test avant la migration de l'échantillon. La bande de contrôle (C) est utilisée pour le contrôle de la procédure et doit apparaître si le test est effectué correctement et si les réactifs ne sont pas endommagés.

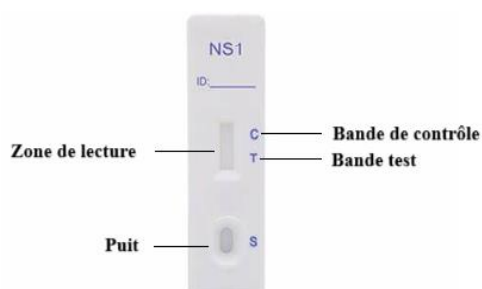


Figure 13 : Cassette du test de diagnostic rapide de l'antigène NS1

II.5.3.2. Procédure

La réalisation du TDR nécessite le respect de la procédure (figure 14) décrite ci-après pour la bonne réussite de ce dernier.

- Placer le dispositif (cassette) du test sur une surface plane et propre.
- Déposer 4 gouttes (80-100 μ L) de l'échantillon (échantillon) à tester verticalement dans le puits d'échantillon de la cassette tout en évitant de bulles.
- Lire le résultat du test après 15 minutes (maximum 20 minutes). Ne pas interpréter le résultat au-delà de 20 minutes car une lecture tardive peut donner un faux résultat.

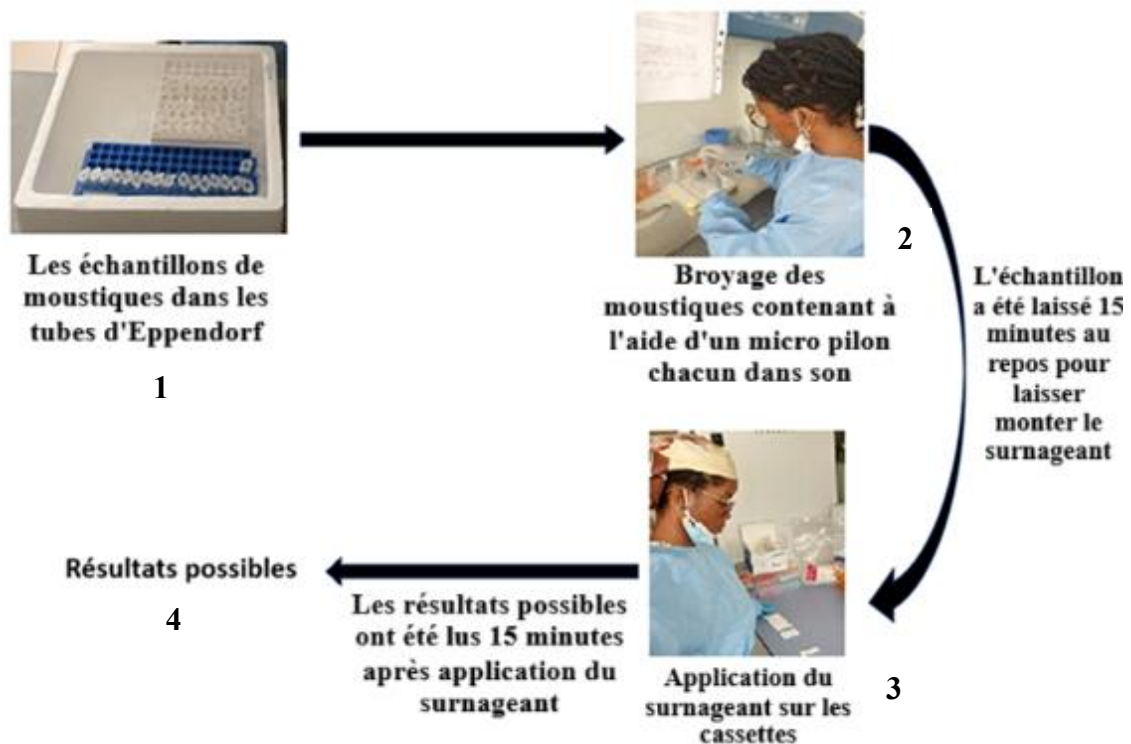


Figure 14 : Procédure de réalisation du test de détection du virus de la dengue chez les espèces femelles d'*Aedes*.

II.5.3.3. Résultats possibles et interprétation

Après lectures des cassettes, les résultats probables peuvent être obtenus comme présenté dans la figure 15.

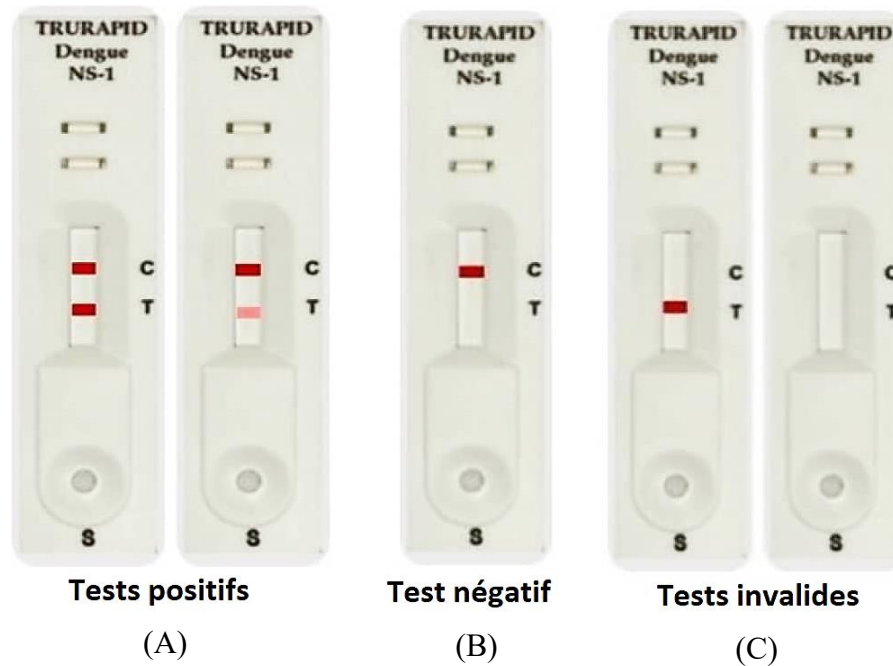


Figure 15 : Résultats possibles du test de diagnostic rapide "Dengue NS1 Antigène"

➤ **Résultat négatif :** La présence d'une seule ligne de couleur de contrôle (C) dans la fenêtre des résultats de la cassette indique un résultat négatif pour l'antigène (Ag) (Figure 15B).

➤ **Résultat positif :** La présence de deux lignes de couleur dans la fenêtre des résultats de la cassette : la ligne de contrôle (C) et la ligne du test (T), indique un résultat positif (présence de 2 lignes de couleur quelle que soit la ligne qui apparaît en premier lieu) pour l'antigène (Ag) (Figure 15A).

➤ **Résultat invalide :** L'absence de la ligne de contrôle (C) dans la fenêtre des résultats de la cassette indique un résultat invalide même s'il y a apparition de la ligne du test (T). Dans ces conditions, les instructions du fabricant n'ont pas été correctement suivies ou le test est détérioré et le test de l'échantillon concerné est alors repris (Figure 15C).

II.6. Analyses statistiques des données

La diversité et la répartition des *Aedes* dans les différents types d'habitats et selon les mois de collecte ont été déterminées à l'aide de la richesse spécifique (S), l'indice de Shannon (H'), l'indice Hmax et l'indice d'équitabilité de Pielou (J) ; les abondances, les fréquences absolues et relatives des taxons inventoriés ont été calculés par site d'étude.

L'indice de Shannon et Wiener (H') ou l'indice d'entropie de Shannon est donné par la formule $H' = \sum_{i=1}^S (P_i \log_2 p_i)$, avec $P_i = \frac{n_i}{n}$ et $n = \sum_{i=1}^S n_i$, où n_i est le nombre d'individus de l'espèce i , p_i est la proportion de l'espèce i dans la communauté. L'indice de Shannon varie de 0 (diversité nulle) à $\log_2 S$ (diversité maximale) donc $0 \leq H \leq \log_2 S$.

L'indice d'équitabilité ou de régularité de Pielou (J) a été calculé à l'aide de la relation suivante : $E = \frac{H'}{H_{max}}$ où H' représente l'indice de diversité de Shannon et

$H_{max} = \log_2 S$ est la diversité maximale d'un peuplement de même richesse spécifique.

Le test du chi-carré (χ^2) de Pearson a été utilisé pour établir la relation entre les espèces d'*Aedes* et les Sites, les gîtes de reproduction et les mois de collecte.

La prévalence (P) de la pathologie cible est la proportion d'individus d'*Aedes* atteints de la dengue dans la population totale. $P = \frac{n_i}{N} \times 100$ Où n_i est le nombre d'individus positifs de la population étudiée et, N est le nombre total des individus de la population examinée.

Ces analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS version 16.00 pour calculer les abondances, les fréquences absolues et relatives des taxons et le logiciel Past version 3.2 pour le calcul des indices de diversité à un seuil d'erreur $\alpha = 5\%$.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. RESULTATS

III.1.1. Diversité et abondance des espèces d'*Aedes* dans les sites d'étude

Au total, 1023 moustiques appartenant au genre *Aedes* ont été collectés dans le campus de l'Université de Yaoundé I et ses quartiers environnant, à savoir Obili, Melen et Quartier général, de mars août 2024. Après identification morphologique des moustiques collectés, huit (08) espèces d'*Aedes* ont été répertoriées (tableau I).

Parmi ces 08 espèces d'*Aedes* identifiées, *Aedes albopictus* était la plus abondante (65%), suivis de *Ae. aegypti* qui était moyennement (21,90%), puis des espèces *Ae. vexans* Meigen, 1830 (7,20%), *Ae. fowleri* Charmony, 1908 (2,30%), *Ae. africanus* Theobald, 1901 (1,80%), *Ae. dentatus* avec 15(1,50%), qui ont été peu abondantes et des espèces *Ae. japonicus* Theobald, 1901 (0,20%), et l'espèce qui n'a pas pu être identifiée *Aedes* sp. (0,10%) était rare.

Tableau I : Diversité des espèces d'*Aedes* collectées à l'Université de Yaoundé I et ses environs.

Espèces	Abondances
<i>Aedes aegypti</i> (Linnaeus 1871)	224(21,90%)
<i>Aedes africanus</i> (Theobald, 1901)	18(1,80%)
<i>Aedes albopictus</i> (Skuse, 1894)	665(65,00%)
<i>Aedes dentatus</i> (Theo. Garnham, 1949)	15(1,50%)
<i>Aedes fowleri</i> (Charmony, 1908)	24(2,30%)
<i>Aedes japonicus</i> (Theobald, 1901)	2(0,20%)
<i>Aedes</i> sp.	1(0,10%)
<i>Aedes vexans</i> (Meigen, 1830)	74(7,20%)
Total	1023(100%)

III.1. 2. Répartition spatiale des espèces d'*Aedes*

III.1.2.1 Répartition spatiale des espèces d'*Aedes* selon les sites

Le tableau II présente la distribution spatiale des espèces d'*Aedes* selon les différentes Sites inspectées. Globalement, le nombre des espèces d'*Aedes* a varié significativement ($\chi^2=4,588$, dl=35, $P<0,0001$) d'une Site à une autre (Tableau II). Le quartier Obili a été le plus riche en espèces d'*Aedes*, avec 05 espèces identifiées à savoir *Ae. aegypti* (51 individus), *Ae. africanus* (18 individus), *Ae. albopictus* (93 individus), *Ae. dentatus* (2 individus) et *Ae. vexans* (26 individus). L'espèce *Ae. albopictus* était la plus fréquente dans la plupart des Sites, avec 93 individus à Obili, avec 165 individus au Campus de l'UY1 et significativement abondant au quartier général avec 407 individus recensés. *Ae. aegypti* était moyennement représenté dans les différentes Sites avec 134 individus au quartier général (59.80%), contre 51 individus à Obili et 39 individus au Campus de l'UY1.

Tableau II : Répartition spatiale des espèces d'*Aedes* selon les Sites.

Espèces	Sites				Total	χ^2
	Obili	Campus UY1	Melen	Quartier général		
<i>Aedes aegypti</i>	51(22,80%)	39(17,40%)	--	134(59,80%)	224(21,9%)	$\chi^2 = 1103$ $df = 21$ $P < 0,0001$
<i>Aedes africanus</i>	18(100,00%)	--	--	--	18(1,76%)	
<i>Aedes albopictus</i>	93(14,00%)	165(24,80%)	--	407(61,20%)	665(65%)	
<i>Aedes dentatus</i>	2(13,30%)	--	13(86,70%)	--	15(1,47%)	
<i>Aedes fowleri</i>	--	--	24(100,00%)	--	24(2,35%)	
<i>Aedes japonicum</i>	--	--	--	2(100,00%)	2(0,2%)	
<i>Aedes sp.</i>	--	1(100,00%)	--	--	1(0,1%)	
<i>Aedes vexans</i>	26(35,10%)	--	--	48(64,90%)	74(7,23%)	
Total	190(18,60%)	205(20,00%)	37(3,60%)	591(57,80%)	1023(100%)	

--= n'ont pas été déterminées à cause de l'absence de ces espèces d'*Aedes* dans ces sites

Les indices de diversité et de distribution des espèces d'*Aedes* dans les différentes Sites sont présentés dans le tableau III. La richesse spécifique a varié d'une Site à l'autre. Elle était de 5 espèces à Obili, 4 espèces au Quartier général, 3 espèces au Campus et 2 espèces à Melen. L'indice de Shannon H' a montré que le quartier Obili ($H'=1,246$) a été la plus riche en espèces suivit du quartier général ($H'=0,8165$), Melen ($H'=0,6483$) et au sein du campus de l'UY1 ($H=0,5164$).

Les quartiers Melen ($H'_{\max}=0,9561$) et Obili ($H'_{\max}=0,6953$) ont montré une répartition équilibrée des espèces comparée au Quartier général ($H'_{\max}=0,5656$) et au sein du campus de l'UY1 ($H'_{\max}=0,5586$) où les espèces d'*Aedes* ont été inégalement réparties.

En ce qui concerne l'indice d'équitabilité (E), le campus de l'UY1 ($E=0,47$) et le Quartier général ($E=0,589$) ont présenté une dominance d'une espèce qui est *Ae. albopictus* comparé au Obili ($E=0,7742$) et au quartier Melen ($E=0,9353$) où l'absence de dominance a été observée entre les espèces collectées.

Tableau III : Indices de diversités écologiques des espèces d'*Aedes* en fonction des Sites

Indices écologiques	Sites			
	Obili	Campus UY1	Melen	Quartier général
Richesse spécifique (S)	5	3	2	4
Shannon H'	1,246	0,5164	0,6483	0,8165
$H'_{\max}$	0,6953	0,5586	0,9561	0,5656
Equitabilité $J(E)$	0,7742	0,47	0,9353	0,589

III.1.2.3. Distribution des abondances et des espèces d'*Aedes* en selon les gîtes collectés

La répartition des espèces de moustiques *Aedes* en fonction des gîtes est renseignée dans le **tableau IV**. Il ressort que l'abondance des espèces d'*Aedes* a varié significativement ($\chi^2=1,436$; $dl=42$ et $P<0,001$) d'un gîte à l'autre. En général, sur le total 1023 *Aedes* collectés, la forte abondance a été observée au niveau des pneus avec 403 individus échantillonnés contre une faible abondance au niveau des fosses avec 1 individu enregistré. Dans les pneus, la population de moustiques *Aedes* était dominée par *Ae. albopictus* (257 individus), tandis que *Ae. aegyti* était moyennement représenté (142 individus). *Ae. dentatus* (2 individus) et *Ae. japonicum* (2 individus) étaient faiblement représentés. Tandis que *Ae. africanus*, *Ae. fowleri*, *Ae. sp* et *Ae. vexans* étaient absents.

Avec la collecte réalisée avec le filet, l'espèce *Ae. albopictus* a été la plus représentée (243 individus) alors que l'espèce *Ae. aegyti* (37 individus) était faiblement représentée. Les six autres espèces étaient absentes (*Ae. africanus*, *Ae. japonicum*, *Ae. fowleri*, *Ae. dentatus*, *Ae. vexans* et *Ae. sp*).

Dans les Ovitrap, *Ae. albopictus* était encore la plus abondante avec 165 individus suivit *Ae. aegypti* qui était moyennement présente avec 38 individus. L'espèce *Ae. sp* a été représentée avec 1 individu. Les autres espèces étaient absentes (*Ae. africanus*, *Ae. japonicum*, *Ae. fowleri*, *Ae. dentatus* et *Ae. vexans*).

En utilisant les pièges lumineux, les espèces présentes étaient l'espèce *Ae. vexans* (45 individus), suivie de l'espèce *Ae. fowleri* (24 individus) et enfin *Ae. dentatus* avec 13 individus.

Dans les caniveaux, *Ae. vexans* (28 individus), *Ae. africanus* (18 individus) et enfin *Ae. aegyti* (4 individus) étaient espèces présentes rencontrés.

Dans les fosses la seule espèce enregistrée était *Ae. aegyti* avec un seul individu capturé, dans les flaques d'eaux *Ae. aegyti* (2 individus) et *Ae. vexans* (1 individu) qui étaient présentes.

Tableau IV : Distribution des espèces d'*Aedes* en fonction des gîtes de collectes

Espèces	Milieux de collecte ou de capture							Total	χ^2
	Caniveau	Filet fauchoir	Fosse	Piège Lumineux	Ovitrap	Pneu	Flaque d'eau		
<i>Aedes aegypti</i>	4(1,80%)	37(16,5%)	1(0,40%)	--	38(17,00%)	142(63,40%)	2(0,90%)	224(21,9%)	$\chi^2=1436$
<i>Aedes africanus</i>	18(100,00%)	--	--	--	--	--	--	18(1,76%)	
<i>Aedes albopictus</i>	--	243(36,50%)	--	--	165(24,80%)	257(38,60%)	--	665(65%)	
<i>Aedes dentatus</i>	--	--	--	13(86,70%)	--	--	--	15(1,47%)	dl= 42
<i>Aedes fowleri</i>	--	--	--	24(100,00%)	--	--	--	24(2,35%)	
<i>Aedes japonicum</i>	--	--	--	--	--	2(100,00%)	--	2(0,2%)	P<0,0001
<i>Aedes sp.</i>	--	--	--	--	1(100,00%)	--	--	1(0,1%)	
<i>Aedes vexans</i>	28(37,80%)	--	--	45(60,80%)	--	--	1(1,40%)	74(7,23%)	
Total	50(4,90%)	280(27,40%)	1(0,10%)	82(8,00%)	204(19,90%)	403(39,40%)	3(0,30%)	1023(100%)	

--= n'ont pas été déterminées à cause de l'absence de ces espèces d'*Aedes* dans ces gîtes

Les indices de diversité écologiques des espèces d'*Aedes* collectées dans les différents endroits sont présentés dans le tableau V. La richesse spécifique a varié d'un gîte à l'autre. Elle était de 4 espèces dans les Pneus ; de 3 espèces chacun dans les caniveaux, les pièges lumineux et dans les Ovitrap tandis que 2 espèces ont été enregistrées avec les filets fauchoir et la flaque d'eau et 1 espèce dans la fosse. L'indice de Shannon H' a montré que les pneus (H'=0,7071), le caniveau (H'=0,8946), le piège lumineux (H'=0,9809) et l'Ovitrap (H'=0,5107) ont été les plus riches en espèces suivis de flaque d'eau (H'=0,6365), et de la fosse (H'=0). Le caniveau (H'max=0,8154), la capture avec filet fauchoir (H'max=0,7388), le piège lumineux (H'max=0,8889), la flaque d'eau (H'max=0,9449) et la fosse (H'max=1) ont présenté une répartition équitable des espèces comparées à l'ovitrap (H'max=0,5555) et les pneus (H'max=0,507) où les espèces ont été inégalement réparties. En ce qui concerne l'indice d'équitabilité (E), les pneus (E=0,5101) et le filet fauchoir (E=0,5633), l'Ovitrap (E=0,4649) ont présenté une dominance d'une espèce qui est *Ae. albopictus* comparée au caniveau (E=0,8143), au piège lumineux (E=0,8929) et aux flaques d'eaux (E=0,9183) où l'absence de dominance entre les espèces a été observée.

Tableau V: Indices de diversités écologies des espèces d'*Aedes* en fonction des gîtes de collecte

Indices écologiques	Milieux de collecte ou de capture						
	Caniveau	Filet fauchoir	Fosse	Piège lumineux	Ovitrap	Pneu	Flaque d'eau
Richesse spécifique (S)	3	2	1	3	3	4	2
Shannon H'	0,8946	0,3904	0	0,9809	0,5107	0,7071	0,6365
H'max	0,8154	0,7388	1	0,8889	0,5555	0,507	0,9449
Equitabilité (E)	0,8143	0,5633	0	0,8929	0,4649	0,5101	0,9183

III.1.3. Répartition temporelle des espèces d'*Aedes*

La variation mensuelle de la population des espèces d'*Aedes* collectées de mars à août 2024 dans le campus de l'UY1 et ses environs est présentée dans le **Tableau V**.

Globalement, l'abondance des espèces d'*Aedes* collectées a varié significativement ($\chi^2=4,588$; dl=35 P<0,0001) d'un mois à l'autre. En général, les espèces d'*Aedes* ont été abondamment notées en avril (271 individus) tandis qu'une faible abondance a été observée au mois de juillet (92 individus). L'espèce *Ae. albopictus* représente 65% de capture totale au cours des 6 mois d'échantillonnage ; suivie d'*Ae. aegypti* qui a été moyennement représentée (21,9% de capture). L'espèce *Ae. albopictus* a été plus abondante durant le mois d'avril (250

individus recensés) et moins abondante durant les mois de juin (75 individus) et juillet (69 individus). Durant les mois de mars (99 individus), mai (108 individus) et août (99 individus) son abondance a été moyenne. L'espèce *Ae. aegypti* a été abondante au mois de mai (79 individus) et durant les autres mois elle a été moyennement présente. L'espèce *Ae. africanus* était présente uniquement durant le mois de mars (18 individus) avec l'espèce *Ae. japonicum* (2 individus) ; l'espèce *Ae. dentatus* quant à elle était présente seulement durant le mois d'Avril (15 individus) avec l'espèce *Ae. fowleri* (24 individus) et l'espèce *Ae. sp* a été présente uniquement au mois d'Aout (1 individu). L'espèce *Ae. vexans* était présente durant les mois d'avril (2 individus), mai (64 individus) et juin (8 individus).

Tableau VI : Répartition des espèces d'*Aedes* en fonction des mois

Espèces	Mois						Total	χ^2
	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août		
<i>Aedes aegypti</i>	33(21,70%)	20(7,20%)	79(31,50%)	37(30,60%)	23(25,00%)	32(24,40%)	224(21,90%)	
<i>Aedes africanus</i>	18(11,80%)	--	--	--	--	--	18(1,80%)	
<i>Aedes albopictus</i>	99(65,10%)	215(77,90%)	108(43,00%)	75(62,00%)	69(75,00%)	99(75,60%)	665(65,00%)	$\chi^2=4588$
<i>Aedes dentatus</i>	--	15(5,40%)	--	--	--	--	15(1,50%)	dl= 35
<i>Aedes fowleri</i>	--	24(8,70%)	--	--	--	--	24(2,30%)	P<0,0001
<i>Aedes japonicum</i>	2(0,013%)	--	--	--	--	--	2(0,20%)	
<i>Aedes sp.</i>	--	--	--	1(0,80%)	--	--	1(0,10%)	
<i>Aedes vexans</i>	--	2(0,70%)	64(25,50%)	8(6,60%)	--	--	74(7,20%)	
Total	152((14,86%)	276(26,98%)	251(24,54%)	121(11,83%)	92(8,99%)	131(12,81%)	1023(100%)	

--= n'ont pas été déterminées à cause de l'absence de ces espèces d'*Aedes* pendant ces mois.

Les indices de diversité écologique des espèces d'*Aedes* enregistrés durant les différents mois de collecte sont présentés dans le tableau VII. La richesse spécifique a varié d'un mois à l'autre. Elle était de 4 espèces au mois de mars, 5 espèces au mois d'avril, 3 espèces au mois de mai, 4 espèces au mois de juin, 2 espèces au mois de juillet et 2 espèces au mois d'août. L'indice de Shannon H' a révélé que le mois de mars (H'=0,9205), avril (H'=0,7911), Mai (H'=1,075) et juin (H'=0,878) ont été riches en espèces tandis que les mois de juillet (H'=0,5623) et Août (H'=0,556) ont eu une richesse modérée en espèce. Le mois de mars (H'max=0,6276), mai (H'max=0,9768), juin (H'max=0,6015), juillet (H'max=0,8774) et août (H'max=0,8718) ont montré une répartition égale entre les espèces comparée au mois d'avril (H'max=0,4412) où leur répartition était inégale. L'indice d'équitabilité (E) au mois de mars (E=0,664), Mai (E=0,9786), juin (E=0,6334), juillet (E=0,8113) et août (E=0,8021) ont montré un équilibre entre les espèces tandis qu'au mois d'avril (E=0,4915), la dominance d'une espèce (*Ae. albopictus*) a été observée.

Tableau VII : Indices de diversités écologiques des espèces d'*Aedes* en fonction des mois

Indices écologiques	Mois					
	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août
Richesse spécifique (S)	4	5	3	4	2	2
Shannon H'	0,9205	0,7911	1,075	0,878	0,5623	0,556
H'max	0,6276	0,4412	0,9768	0,6015	0,8774	0,8718
Equitabilité J (E)	0,664	0,4915	0,9786	0,6334	0,8113	0,8021

III.1.4. Détection du virus de la dengue chez moustiques femelles d'*Aedes*

Pour ce qui est de la détection du virus de la dengue, la prévalence totale enregistrée était de 2% (Tableau VIII). En fait, 50 femelles d'*Aedes* choisies aléatoirement ont été testées. Ainsi, 15 *Aedes* (12 *Ae. albopictus* et 3 *Ae. aegypti*) ont été sélectionnés au Campus de l'UY1 et un cas positif a été détecté chez *Ae. albopictus*. Sur les 35 autres *Aedes* choisies au quartier Obili (15 *Aedes* composé de 10 *Ae. albopictus* et 5 *Ae. aegypti*) et au Quartier général (20 *Aedes* composé de 16 *Ae. albopictus* et 4 *Ae. aegypti*), aucun cas positif n'a été signalé.

Tableau VIII : Prévalence de la dengue chez les *Aedes*

	Campus UY1	Obili	Quartier général	Total
Nombre de moustiques testés	15	15	20	50
Espèces <i>Ae. albopictus</i>	12	10	16	38
<i>Ae. aegypti</i>	3	5	4	12
Prévalence de la dengue	1(2%)	0	0	1(2%)

III.2. Discussion

Cette étude présentait la diversité et la répartition spatio-temporelle des moustiques du genre *Aedes* et la prévalence de la dengue chez les femelles de ces moustiques dans le campus de l'Université de Yaoundé 1 et ses environs. Globalement, les moustiques du genre *Aedes* sont bel et bien présents dans le milieu étudiantin et sont impliqués dans la circulation du virus de la dengue dans ce milieu.

III.2.1. Diversité des *Aedes*

Les maladies à arbovirus spécifiquement transmises par les moustiques du genre *Aedes* représentent un problème majeur de santé publique dans le monde et les informations sur la diversité et la dynamique de l'abondance des vecteurs de ces arbovirus constituent des éléments clés dans les stratégies de prévention de ces arboviroses. En effet, plusieurs études antérieures ont rapporté la présence de plusieurs espèces d'*Aedes* au Cameroun. Bamou *et al.* (2021) ont rapporté 77 espèces et 01 sous-espèce d'*Aedes* à partir de la revue de 290 publications/rapports des travaux réalisés au Cameroun.

Dans la présente investigation, durant la période allant de mars à août 2024 d'échantillonnages, 1023 *Aedes* ont été collectés, qui après identification ont été regroupés en 08 espèces et *Ae. albopictus* était de loin l'espèce la plus abondante durant toute la période de collecte et dans tous les gîtes inspectés. Ce résultat corrobore avec ceux de Djiappi-Tchamen *et al.* (2021) qui ont identifié 03 espèces d'*Aedes* et *Ae. albopictus* était la plus abondante dans les zones urbaine et péri-urbaine dans la ville de Yaoundé. De même, parmi les 30381 *Aedes* collectés entre mars et août 2017 dans 29 Sites du Cameroun suivant les transects Nord-Sud et Est-Ouest, 02 espèces majoritaires (*Ae. aegypti* et *Ae. albopictus*) ont été identifiées parmi lesquelles *Ae. albopictus* (69,3%) était majoritaire (Tedjou *et al.*, 2019). Cette même tendance a été rapportée aussi par Djiappi-Tchamen *et al.* (2022) dans les études menées de février 2020 à mars 2021 dans les zones urbaine (Obili, Mvan), périurbaine (Simbock, Ahala) et rurale (Lendom, Essomballa) dans lesquelles sur les 16264 *Aedes* collectées, 5 espèces d'*Aedes* ont été répertoriées et les 59,75% étaient les *Ae. albopictus*. La prédominance de cette espèce s'expliquerait par sa forte capacité d'adaptation dans les zones urbaines densément peuplées et aussi par le fait qu'elle peut coloniser des habitats plus variés. Cette espèce serait plus compétitive dans une situation où elle se trouverait avec plusieurs autres espèces de moustiques dans un même habitat (Bonizzoni *et al.*, 2013). L'espèce *Ae. aegypti* a été moyennement représentée avec 221 moustiques la présente étude. Ce résultat peut également être justifié par le fait *Ae. albopictus* tend à surplanter l'espèce indigène *Ae. aegypti* et cela suggère une bonne

adaptation d'*Ae. albopictus* en raison de sa grande plasticité écologique, lui permettant de s'adapter à différents environnements (Kamgang *et al.*, 2017). Bisimwa *et al.* (2018) ont obtenu lors de leurs travaux en Tanzanie sensiblement la même diversité que celle obtenue dans cette étude mais avec deux espèces qui diffèrent à savoir *Ae. simpsoni*, *Ae. pembaensis*. Selon ces auteurs, *Ae. aegypti* était la plus abondante contrairement aux résultats obtenus dans notre étude. De même, *Ae. aegypti* était la seule espèce recensée lors d'une étude réalisée en Ngaoundéré par Ngadvou *et al.* (2020) mais elle était très peu représentée, avec seulement 0,25% de la population totale de moustiques collectés, soit 4 individus sur 1619 moustiques collectés et appartenant à d'autres espèces. Ceci s'expliquerait par le fait que *Aedes aegypti* préfère généralement les environnements urbains dans des conteneurs artificiels d'eau pour se reproduire, comme des pneus, des bidons, et des récipients abandonnés.

III.2.2. Répartition spatiale des *Aedes*

Les informations sur le dynamique de l'abondance spatiale des moustiques vecteurs des arbovirus constituent un prérequis dans les stratégies de la prévention et de la lutte contre ces maladies. Dans le présent travail, l'abondance des espèces d'*Aedes* a de même varié significativement d'une Site à une autre et d'un gîte à un autre. Dans le même sens, les études entreprises dans la ville de Ngaoundéré par Ngadvou *et al.* (2020) ont montré une variation significative de la population des moustiques dans trois quartiers de cette ville. Les résultats similaires ont été également rapportés par Djiappi-Tchamen *et al.*, (2021) dans une étude conduite dans la ville de Yaoundé où l'abondance de la population d'*Aedes* a varié significativement entre les milieux urbains, péri-urbains et ruraux. Cette variation s'expliquerait par la présence des différents gîtes spécifiques des espèces de moustiques, les différents climats favorables à leur développement et la capacité d'adaptation de ces espèces de moustiques.

Le Quartier général a été de loin le site où les *Aedes* ont été beaucoup plus collectées. Ces mêmes observations ont été observées à Mvan et Obili, deux quartiers urbains de la ville de Yaoundé par Djiappi-Tchamen *et al.* (2021). Cela pourrait se justifier par le fait que dans ces Sites, de nombreux déchets (pneus, récipients...) stagnent les eaux en créant ainsi des environnements favorables au développement des *Aedes*. En plus, dans ces Sites se trouve beaucoup de la verdure qui constitue les milieux préférentiels de refuge des *Aedes* car ce genre de moustique préfère les zones ombragées à forte végétation (Bonizzoni *et al.*, 2013).

Le quartier Obili a été le site de collecte le plus diversifié avec 05 sur 08 espèces lors de cette étude. De même, Djiappi-Tchamen *et al.*, (2022) ont rapporté également 05 espèces d'*Aedes* dans les quartiers Simbock, Lendom et Elig-essomballa. La large diversité des espèces

Aedes dans ces quartiers s'expliquerait par leurs caractéristiques qui offrirait un environnement propice pour le développement de ces vecteurs car ils regorgent de nombreux gîtes d'eaux stagnantes. De plus, ces quartiers sont des zones fortement anthropisées.

Les pneus usagés ont été les gîtes les plus positifs pour le développement des *Aedes*. Ce résultat corrobore avec ceux rapportés en Afrique centrale, dans lesquels les pneus sont les gîtes les plus productifs pour *Aedes* spp. (Ngoagouni *et al.*, 2015 ; Tedjou *et al.*, 2019). En fait, les pneus offraient une protection contre les prédateurs à cause de leur couleur sombre et aussi une protection contre les perturbations car ces derniers offrent une surface lisse permettant aux femelles d'*Aedes* de pondre facilement ses œufs (Kamgang *et al.*, 2013). En plus, ces pneus ont été trouvés à proximité des habitations humaines facilitant ou favorisant à ces vecteurs d'entrer aisément en contact avec leurs hôtes (Homme) et puis revenir y pondre.

III.2.3. Distribution temporelle des *Aedes*

La connaissance des mois pendant lesquels les *Aedes* seraient abondants orienterait une intervention efficace dans la lutte et le contrôle des arboviroses transmises par ces derniers. En général, les espèces d'*Aedes* ont été présentes durant tous les mois de collecte allant de mars à août 2024. Leur répartition a varié significativement d'un mois à un autre. Pareillement, Tedjou *et al.*, (2019) ont observé une variation significative de l'abondance des *Aedes* lors de leur étude durant la période allant du mois de mars à août 2017 dans 29 Sites du Cameroun. La présence des *Aedes* durant ces mois d'étude s'expliquerait par le fait que ces mois coïncident souvent avec la saison des pluies dans la zone, et qui créerait des conditions favorables à la reproduction des *Aedes*. En plus, l'augmentation de l'humidité et la présence de plusieurs flaques d'eau stagnante durant ces mois auraient favorisées la formation de gîtes larvaires et par conséquent la prolifération des *Aedes*.

Les mois d'avril et de mai ont été les plus abondants en espèces d'*Aedes* lors de cette présente étude. De même, les études menées précédemment par Akono *et al.* (2010) ont révélé une abondance significative des populations d'*Aedes* durant les mois d'avril et mai à Nkolbisson, quartier périphérique de la ville de Yaoundé. En plus, Kamgang *et al.* (2009) ont rapporté une abondance significative d'*Aedes* pendant la saison pluvieuse dans les villes de Yaoundé, Douala et Garoua au Cameroun. En effet, l'abondance des moustiques durant cette période serait corrélée avec l'abondance des précipitations et des températures élevées, qui sont des conditions favorables au développement rapide des *Aedes*. En plus, le niveau d'urbanisation rapide des villes créerait davantage des gîtes propices à la reproduction des moustiques.

III.2.4. Prévalence de la dengue

Le diagnostic précoce du virus de la dengue chez les *Aedes* alerterait les décideurs à prendre rapidement des mesures de lutte efficace et durable contre cette infection. En effet, la présence de la dengue chez les humains a été révélée dans plusieurs études précédemment menées au Cameroun par de nombreux auteurs (Demanou *et al.*, 2009 ; Demanou *et al.*, 2014, Tietcheu *et al.*, 2022 et Tchadji *et al.*, 2023). Tchadji *et al.* (2023) ont montré que les enfants infectés de VIH-1 avaient une prévalence significativement de 58,33% plus élevée à l'antigène NS1 par rapport aux enfants non infectés qui était de 27,77%. De même, Demanou *et al.* (2014) lors de leur étude menée dans les villes de Garoua, Douala et Yaoundé ont rapporté qu'à Douala, 61,4 % des échantillons étaient positifs pour les anticorps IgG anti-dengue tandis que 24,2 % étaient positifs à Garoua et 9,8 % étaient positifs à Yaoundé. Ces auteurs ont aussi rapporté la prévalence des anticorps IgM de 0,3 % à Douala, 0,1 % à Garoua et 0 % à Yaoundé indiquant une infection récente, les positivités étaient très rares.

Dans la présente étude, il a été relevé que la dengue circule dans le milieu étudiantin de la ville de Yaoundé et les *Aedes* en sont porteurs. De cette étude, la prévalence enregistrée était de 2% soit 01 *Aedes* sur les 50 testés. De même une faible prévalence de 0,12% de la dengue chez *Ae. aegypti* a été rapportée dans les études entreprises en Indonésie par Rahayu *et al.* (2019). Cette faible prévalence obtenue dans ce présent travail s'expliquerait par la taille de l'échantillon qui était faible et aussi les femelles d'*Aedes* testées étaient capturées sur une période d'un mois seulement. En plus, la quantité d'antigène NS1 présente chez les *Aedes* serait faible rendant ainsi sa révélation au test de diagnostic rapide d'où la nécessité d'utiliser la RT-PCR.

Par ailleurs en Malaisie, Teo *et al.* (2017) ont rapporté une prévalence significative du virus de la dengue de 23,5% sur les 284 *Ae. albopictus* testés ; largement supérieure à celle obtenue dans notre étude. Cette différence s'expliquerait par les différentes techniques de détection du virus de la dengue utilisées car ces auteurs ont utilisé la RT-PCR qui est beaucoup plus fiable que les TDR de l'antigène NS1.

CONCLUSION, RECOMMENDATIONS ET PERSPECTIVES

Notre travail visait à évaluer la diversité et la répartition spatio-temporelle des moustiques du genre *Aedes* au sein campus de l'UY1 et ses environs tout en recherchant aussi le virus de la dengue chez les moustiques femelles du foyer. Au total, 1023 *Aedes* ont été capturés qui après identification, ont été regroupés en huit (08) espèces d'*Aedes* à savoir *Aedes albopictus*, *Ae. aegypti*, *Ae. vexans*, *Ae. fowleri*, *Ae. africanus*, *Ae. dentatus*, *Ae. japonicus* et *Ae. sp.* L'espèce *Ae. albopictus* a été la plus abondante durant tous les mois et dans tous les milieux de collecte. Le quartier Obili a été le plus diversifié en espèces comparé aux autres quartiers. Les pneus étaient les gîtes préférentiels des *Aedes* avec la dominance d'*Ae. albopictus* dans cette zone d'étude. Les mois d'avril et mai ont été les plus productifs en espèces d'*Aedes*.

La prévalence de la dengue chez les femelles d'*Aedes* a été 2 % soit 1 femelle (*Ae. albopictus*) positive sur les 50 testées. Bien que cette prévalence soit relativement faible, elle indique que le virus de la dengue est présente dans la zone d'étude et que des mesures de contrôle et de prévention sont nécessaires pour éviter la propagation de cette maladie. Ces résultats suggèrent que la zone d'étude est à risque pour la transmission de la dengue en raison de la présence de l'espèce *Ae. albopictus*.

RECOMMANDATIONS

Sur la base des résultats obtenus, nous recommandons :

- aux autorités administratives, de mettre sur pied un système de surveillance efficace régulier pour le contrôle de ces vecteurs, d'élaborer des stratégies de contrôle pour réduire les populations de moustiques, d'organiser des campagnes de sensibilisation et d'éducation pour informer les populations sur les risques liés à la dengue et les mesures de prévention ;
- aux populations, d'éviter de laisser les eaux stagner, les pneus abandonnés et de garder les environs des maisons toujours propres afin d'empêcher la reproduction des moustiques et aussi d'adopter les mesures de protection personnelle afin d'éviter les piqûres des moustiques surtout du genre *Aedes*;
- aux chercheurs, à développer des stratégies de contrôle plus efficaces, en collaborant avec les autorités sanitaires et communautés locales, de mettre régulièrement à jour les données sur la dynamique du système vectoriel et proposer des stratégies efficaces de lutte contre ces maladies en général et les arboviroses en particulier.

PERSPECTIVES

En perspectives, il serait important :

- d'étendre cette étude dans toute la ville de Yaoundé et couvrir la période 12 mois afin d'échantillonner le maximum d'individus possible ;
- de procéder à l'identification moléculaire des espèces d'*Aedes* ;
- d'utiliser la RT-PCR pour détecter les différents sérotypes du virus de la dengue ;
- de prolonger cette étude sur la détection des autres arbovirus chez les espèces d'*Aedes*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akono, Ntonga, H., Bakwo, E., Kekeunou, S., Kolo, G. & Messi, J. 2010.** Abondance et diversité de la faune culicidienne à Yaounde (Cameroun). *Faunistic Entomology*, 62 : 115-124.
- Aubry, P. & Gaüzère, A. 2013.** Lutte antivectorielle. Diplôme de Médecine Tropicale des pays de l'Océan Indien. *Médecine Tropicale*, 1-17.
- Aubry, P. & Gaüzère, A. 2020.** Arboviroses tropicales. Institut de Médecine Tropicale, Université de Bordeaux. *Médecine Tropicale*, 1-15.
- Awono-Ambene, P., Djiappi-Tchamen, B., Nana-Ndjangwo, S., Nchoutpouen, E., Makoudjou, I., Ngangue, N., Talipouo, A., Mayi, A., Wondji, C. & Tchuinkam, T. 2022.** *Aedes* mosquito surveillance using ovitraps, sweep nets, and biogent traps in the city of Yaoundé, Cameroon. *Insects*, 13: 793.
- Bamou, R., Mayi, M., Djiappi-Tchamen, B., Nana-Ndjangwo, S., Nchoutpouen, E., Corne, J., Awono-Ambene, P., Parola, P., Tchuinkam, T. & Antonio-Nkondjio, C. 2021.** An update on the mosquito fauna and mosquito-borne diseases distribution in Cameroon. *Parasites & Vectors*, 14: 527.
- Bhatt, S., Gething, W., Brady, O., Messina, P., Farlow, A., Moyes, L., Drake, M., Brownstein, J., Hoen, A. & Sankoh, O. 2009.** The global répartition and burden of dengue. *Nature*, 496: 504–507.
- Bisimwa, P., Kinimi, E., Shayo, M., Ang wenyi, O., Weyer, J., Vuren, P., Paweska, T., Mboera, L., Rweyemamu, M., Misinzo, G. & Kasanga C. 2018.** Répartition and diversity of mosquitoes and the role of *Aedes* in the transmission of arboviruses in selected districts of Tanzania. *International Journal of Mosquito Research*, 5: 53-60.
- Bonizzoni, M., Gasperi, G., Xiao Guang, C. & Anthony, A. 2013.** The invasive mosquito species *Aedes albopictus*: current knowledge and future perspectives. *Trends in Parasitology*, 29(9) : 460-468.
- Cheong-Huat, T., Pei-Sze, J., Mei-Zhi, I., Indra, V. & Lee-Ching, N. 2011.** Evaluation of the dengue NS1 Ag strip for detection of dengue virus antigen in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Vector-borne and zoonotic diseases*, 11: 06-05.
- Chien, J., Liao, L., Shu, Y., Huang, H., Gubler, J. & Chang, J. 2006.** Development of real-time reverse transcriptase PCR assays to detect and serotype dengue viruses. *Journal of Clinical Microbiology*, 44 : 1295-1304.
- Daude, E., Vaguet, A. & Paul, R. 2015.** La dengue, maladie complexe. *Natures Sciences Sociétés*, 23 : 331-342.
- Demanou, M., Grandadam, M., Rogier, C., Tolou, H., Hervé, J., Paupy, C. & Rousset, D. 2009.** Séroprévalence de la dengue en milieu urbain au Cameroun. *Médecine Tropicale*, 69 : 363-364.
- Demanou, M., Nkondjio A., Ngapana E., Rousset D., Paupy C., Manuguerra C. & Zeller H. 2010.** Chikungunya outbreak in a rural area of Western Cameroon in 2006: A retrospective serological and entomological survey. *BioMed Central Research Notes*, 3: 1-7.
- Demanou, M., Pouillot, R., Grandadam, M., Boisier, P., Kamgang, B., Herve, J.P., Rogier, C., Rousset, D. & Paupy, C. 2014.** Evidence of dengue virus transmission and factors associated with the presence of anti-dengue virus antibodies in humans in three major towns in Cameroon. *Plos neglected tropical diseases*, 8: 29-50.
- Diallo, M., Ba, Y., Sall, A., Diop, O., Ndione, A., Mondo, M., Girault, L. & Mathiot C. 2003.** Amplification of the sylvatic cycle of dengue virus type 2, Senegal, 1999–2000: entomologic findings and epidemiologic considerations. *Emerging Infectious Diseases*, 9: 362.
- Djiappi-Tchamen, B., Nana-Ndjangwo, S., Nchoutpouen, E., Makoudjou, I., Ngangue, E., Talipouo, A., Mayi, M., Awono-Ambene, P., Wondji, C., Tchuinkam, T. & Christophe**

- A. 2022. *Aedes* Mosquito Surveillance Using Ovitraps, Sweep Nets, and Biogent Traps in the City of Yaoundé, Cameroon. *Insects*, 13: 793.
- Djiappi-Tchamen, B., Nana-Ndjangwo, S., Tchuinkam, T., Makoudjou, I., Nchoutpouen, E., Kopya, E., Talipouo, A., Bamou, R., Mayi, M., Awono-Ambene, P., Wondji, C. & Antonio-Nkondjio, C. 2021. *Aedes* Mosquito Repartition along a Transect from Rural to Urban Settings in Yaoundé, Cameroon. *Insects*, 12: 819.
- Dos Santos, H., Poloni T., Souza, K., Muller, M., Tremeschin, F., Nali, C., Fantinatti, R., Amarilla, A., Castro A., Nunes, R., Casseb, M., Vasconcelos, F., Badra, J., Figueiredo, M. & Aquino, H. 2008. A simple one-step real-time RT-PCR for diagnosis of dengue virus infection. *Journal of Medical Virology*, 80: 1426-1433.
- Dussart, P., Petit, L., Labeau, B., Bremand, L., Leduc, A., Moua, D., Matheus, S. & Baril, L. 2008. Evaluation of Two New Commercial Tests for the Diagnosis of Acute Dengue Virus Infection Using NS1 Antigen Detection in Human Serum. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 2(8): 280.
- Edwards, J. 1941. Mosquitoes of the Ethiopian region: Oxford University Press. *Nature*, 148: 125-126.
- Goma, L. 1966. The mosquito. *The mosquito*, 144: 13.
- Gubler, D. 1998. Dengue and dengue hemorrhagic fever. *Clinical Microbiology Reviews*, 11: 480-496
- Gulati, S., Maheshwari, A., 2012. Dengue fever-like illnesses: how different are they from each other? *Scandinavian Journal of Infectious Diseases*, 44: 522-530.
- Hanley, A., Monath, T., Weaver, S., Shannan, R., Richman, L. & Vasilakis, N. 2013. Fever versus fever: The role of host and vector susceptibility and interspecific competition in shaping the current and future repartitions of the sylvatic cycles of dengue virus and yellow fever virus. *Infect Genet Evol*, 19: 292-311.
- Harbach, R. 2008. Family Culicidae Meigen, Mosquito Taxonomic Inventory. *Journals&Books*, 8(4) : 489-503.
- HCSP. 2011. Relatif à la stratégie de diagnostic biologique de la dengue. *Haut Conseil de la santé publique*, 217 : 2-4.
- IRD. 2024. Identification d'insectes vecteurs : vos ailes s'il vous plaît ! *Institut de recherche pour le développement*.
- JUPP, G. 1996. Mosquitoes of Southern Africa. Culicinae and Toxorhynchitinae: Ekogilde, Hartebeespoort, South Africa. *Archives of Clinical and Biomedical Research*, 7: 502-509.
- Kamgang, B., Ngoagouni, C., Manirakiza, A., Nakouné, E., Paupy, C. & Kazanj, M. 2013. Temporal Patterns of Abundance of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera Culicidae) and Mitochondrial DNA analysis of *Ae. albopictus* in Central African Republic. *Plos neglected tropical diseases*, 7: 1-12.
- Kamgang, B., Vazeille, M., Tedjou, A., Wilson, T., Yougang, A., Mousson L. Wondji, S. & Failloux, A. 2019. Risk of dengue in Central Africa: Vector competence studies with *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) populations and dengue 2 virus. *Plos neglected tropical diseases*, 13: 79-85.
- Kamgang, B., Yougang, P., Tchoupo, M., Riveron, J. & Wondji, C. 2017. Temporal répartition and insecticide resistance profile of two major arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Yaoundé, the capital city of Cameroon. *Parasites & vectors*, 10 : 469.
- Kamgang, B., Youta, J., Njiokou, F., Simard, F., Hervé, J. & Paupy, C. 2009. Répartitions écologiques et spatiales d'*Aedes aegypti* et d'*Aedes albopictus* dans l'environnement urbain au Cameroun (Afrique centrale). *Médecine Tropicale*, 69: 401-402.
- Kamgang, B., Happi, J., Boisier, P., Njiokou F., Hervé, J., Simard F. & Paupy, C. 2010. Geographic and ecological repartition of the dengue and chikungunya virus vectors *Aedes*

- aegypti* and *Aedes albopictus* in three major Cameroonian towns. *Medical and Veterinary Entomology*, 24: 132-141.
- Katzelnick, L., Fonville, J., Gromowski, G., Arriaga, J., Green, A., James, S., Montoya, M., Chunling, W. & Derek, J. 2015.** Dengue viruses cluster antigenically but not as discrete serotypes. *Science*, 349(6254): 1338-1343.
- Kuniholm, H., Wolfe, D., Huang, C., Mpoudi, E., Tamoufe, U., Burke, D. & Gubler, D. 2006.** Seroprevalence and repartition of *Flaviviridae*, *Togaviridae*, and *Bunyaviridae* arboviral infections in rural Cameroonian adults. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 74: 1078-1083.
- Lanciotti, R., Calisher, C., Gubler, D., Chang, G. & Vorndam, A. 1992.** Rapid detection and typing of dengue viruses from clinical samples by using reverse transcriptase-polymerase chain reaction. *Journal of Clinical Microbiology*, 30: 545-551.
- Mieulet, E. & Claeys, C. 2014.** The implementation and reception of policies for preventing dengue fever epidemics: a comparative study of Martinique and French Guyana. *Health, Risk & Society*, 16: 7-8.
- Mishra, B., Sharma, M., Pujhari, K., Ratho, K., Gopal, D., Kumar, C., Sarangi, G., Chayani, N., Varma, C., Mishra, B., Sharma, M., Pujhari, K., Gopal, S., Kumar, N., Sarangi, G., Chayani, N. & Varma, C. 2011.** Utility of multiplex reverse transcriptase-polymerase chain reaction for diagnosis and serotypic characterization of dengue and chikungunya viruses in clinical samples. *Diagnostic microbiology and infectious disease*, 71: 118-125.
- Morsy, S., Hashan, R., Hieu, H., Mohammed, T., Elawady, S., Ghosh, P., Elgendy, A., Le, H., Hamad, A. & Iqtadar, S. 2020.** The association between dengue viremia kinetics and dengue severity: A systemic review and meta-analysis. *Reviews in Medical Virology*, 30: 1-10.
- Muller, A., Depelsenair, I. & Young, R. 2017.** Clinical and Laboratory Diagnosis of Dengue Virus Infection. *The Journal of Infectious Diseases*, 215: 89-95.
- Najioullah, F., Viron, F. & Césaire, R. 2014.** Evaluation of four commercial real-time RT-PCR kits for the detection of dengue viruses in clinical samples. *Virology Journal*, 11: 164.
- Nasci, R. & Miller, B. 2004.** The biology of disease vectors. *Academic Press*, 816.
- Nasci, R., Miller, B., 1996.** Culicine mosquitoes and the agents they transmit. The biology of disease vectors. *Niwot: University Press of Colorado*, 85-97.
- Ngadvou, D., Younoussa, L., Yonki, B., Esimone, C. & Nukenine, N. 2020.** Diversity and spatiotemporal repartition of mosquito species in Ngaoundere, Cameroon. *International Journal of Mosquito Research*, 7(3): 48-54.
- Ngoagouni, C., Kamgang, B., Nakoune, E., Paupy, C. & Kazanji, M. 2015.** Invasion of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) into central Africa: what consequences for emerging diseases. *Parasites and Vectors*, 8 : 1-7.
- OMS. 2012.** Stratégie mondiale de prévention et de contrôle de la dengue 2012-2020. *Organisation mondiale de la santé*.
- OMS. 2013.** Stratégie mondiale de prévention et de contrôle de la dengue 2012-2020. *Organisation mondiale de la santé*, 131 : .
- OMS. 2023.** Dengue-situation mondiale. *Organisation mondiale de la santé*.
- Oyero, G., Ayukekbong, A., Oyero, G. & Ayukekbong, A. 2014.** High dengue NS1 antigenemia in febrile patients in Ibadan, Nigeria. *Virus research*, 191: 59-61.
- Powers, A., Brault, A., Tesh, R. & Weaver, S.C. 2000.** Re-emergence of Chikungunya and O'nyong-nyong viruses: evidence for distinct geographical lineages and distant evolutionary relationships. *Microbiology*, 81 : 471-479.

- Rahayu, A., Saraswati, U., Supriyati, E., Kumalawati, D., Hermantara, R., Rovik, A., Daniwijaya, E., Fitriana, I., Setyawan, S., Ahmad, R., SatriaWardana, D., Indriani, C., Utarini, A., Tantowijoyo, W. & Arguni, E. 2019.** Prevalence and distribution of dengue Virus in *Aedes aegypti* in Yogyakarta city before deployment of Wolbachia infected *Aedes aegypti*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16, 1742.
- Robert, V., Ndiaye, E., Rahola, N., Le Goff G1, Boussès, P., Diallo, D., Le Goff V., Mariamé, L. & Diallo, M. 2022.** Clés dichotomiques illustrées d'identification des femelles et des larves de moustiques (Diptera : Culicidae) du Burkina Faso, Cap-Vert, Gambie, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal et Tchad. *Montpellier*, 3 : 1-11.
- Santiago, G., Vázquez, J., Courtney, S., Matías, K., Andersen, L., Colón, C., Butler, A., Roulo, R., Bowzard, J., Villanueva, J. & Muñoz, J. 2018.** Performance of the Triplex real-time RT-PCR assay for detection of Zika, dengue, and chikungunya viruses. *Nature Communications*, 9 : 1391.
- Schaffner, F. & Mathieu, b. 2020.** Identifying a mosquito : traditional morphology and new molecular techniques associated for integrated taxonomy. *ScienceDirect*, 524 : 24-23.
- Shu, P., Huang, J. 2004.** Current advances in dengue diagnosis. *Clin Diagn Lab Immunol*, 11 : 42-50.
- Simo, N. 2021.** Etude des virus de la dengue et du chikungunya : aspects épidémiologiques et pharmacologiques. *Thèse de doctorat Ph.D en Biochimie Spécialité : Biotechnologie et Développement*. 192p.
- Sy, O., Diarra, E., Samaké, M., Touré, O. & Doumbia, L. 2023.** Evaluation du système de surveillance épidémiologique de la fièvre de la fièvre jaune dans le district sanitaire de Kadiolo, 2020. *Revue Africaine Des Sciences Sociales Et De La Santé Publique*, 5(1) : 236-248.
- Tan, C., Wong, J., Li, I., Vythilingam, I. & Lee-Ching, N. 2011.** Evaluation of the Dengue NS1 Ag Strip for Detection of Dengue Virus Antigen in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Vector-borne and zoonotic diseases*, 11(6).
- Tchadji, C., Ndengkoh, L., Nji, N., Fotso, H., Nchinda, G., Nyebe, I., Apeh, N., Tchuandom, S., Ambada, G., Ngahane C., Tuedom M., Sagnia B., Kamgaing R., Sosso, S., Moudourou, S., Gyu, P., Esimone, C., Okeke, M., Kamgang, R. & Waffo, A. 2023.** High Seroprevalence of Dengue Virus Ns1 in HIV-1 Infected Children Suggests Impaired Immune Response to Pediatric Dengue Virus Infection. *Archives of Clinical and Biomedical Research*, 7: 502-509.
- Tedjou, A., Kamgang, B., Yougang, A., Njiokou, F. & Wondji, C. 2019.** Update on the geographical repartition and prevalence of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), two major arbovirus vectors in Cameroon. *Plos negl trop dis*, 13 : e0007137.
- Teo, C., Lim, P., Voon, K. & Mak, J. 2017.** Detection of dengue viruses and *Wolbachia* in *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* larvae from four urban localities in Kuala Lumpur, Malaysia. *Tropical Biomedicine*, 34: 583-597.
- Tietcheu, B., Babai, C. & Ngakou, A. 2022.** Seroprevalence, risk factors and impact of dengue fever/hepatitis B coinfection on liver function parameters in Cameroonian patients. *Clinical and Experimental Hepatology*, 8(2) : 161-169.
- Vacus, G., 2012.** Expansion géographique d'*Aedes albopictus*. Quel risque de maladies émergentes en France métropolitaine ? *Institut National de Médecine Agricole*, 111 : 14-17.
- Yarrington, D., Hamer, H., Kuohung, W. & Lee-Parritz, A. 2019.** Congenital Zika syndrome arising from sexual transmission of Zika virus, a case report. *Fertility Research and Practice*, 5: 1-4.

- Younoussa, L., Esimone, O., Danga, P., Kowa, T. & Nukenine, N. 2019.** Adulticidal efficacy of *Annona senegalensis* and *Boswellia dalzielii* leaf fraction extracts and essential oils against *Anopheles gambiae* Giles, *Aedes aegypti* Linn and *Culex quinquefasciatus* Say using CDC Bottles. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(6): 909-920.
- Younoussa, L., Nukenine, E., Danga, Y. & Osimone, C. 2014.** Larvicidal activity of *Annona senegalensis* and *Boswellia dalzielii* leaf fractions against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *International Journal of Mosquito Research* 1(4): 25-29.
- Younoussa, L., Oumarou, K., Kowa, T., Eteme, S., Agbor, G. & Nukenine, E. 2020.** Effectiveness of Three Fruit Seed Extracts as Larvicide against Three Major Mosquito Vectors *Aedes aegypti* Linnaeus, *Culex quinquefasciatus* Say and *Anopheles gambiae* Giles (Diptera: Culicidae). *International Journal of tropical disease & Health*, 41(23): 16-29.
- Yousseu, S., Nemg, S., Ngouanet, A., Mekanda, O. & Demanou, M. 2018.** Detection and serotyping of dengue viruses in febrile patients consulting at the NewBell District Hospital in Douala, Cameroon. *PLoS One*, 13: 2041-2043.
- Yssouf, A., Almeras, L., Raoult, D. & Parola, P. 2016.** Emerging tools for identification of arthropod vectors. *Future Microbiol*, 11(4): 549-66.

ANNEXES

Annexe 1 : Quelques gîtes collectés des *Aedes*



Pneus



Ovitrap



Fosse



Flaque d'eau



Caniveau

Annexe 2 : Matériels utilisés pour la collecte des larves



Louche de collecte



Micropipette en plastique



Récipients

Annexe 3 : Matériels utilisés pour la détection du virus de la dengue chez les *Aedes* collectés



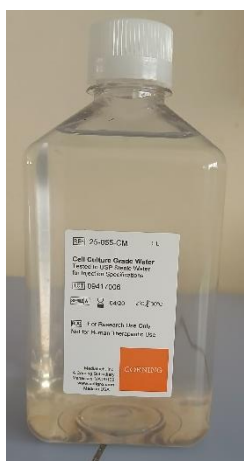
Micropipette



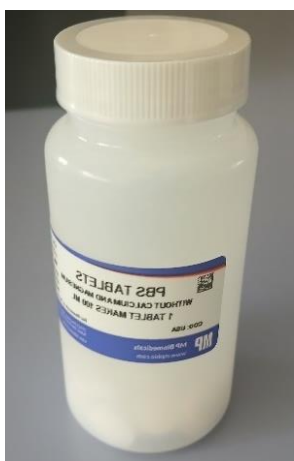
Embouts



Micro-pilon



Eau de culture cellulaire



Comprimés de PBS



Cassette de l'antigène NS1 de la dengue



Cryotube



Minuteur