



UNIVERSITE DES SCIENCES DES
TECHNIQUES ET DES TECHNOLOGIES
DE BAMAKO

FACULTE DE MEDECINE ET
D'ODONTO-STOMATOLOGIE



ANNEE UNIVERSITAIRE 2019-2020 |

N°.....

THESE

SUSCEPTIBILITE DES POPULATIONS D'ANOPHELES
GAMBIAE SENSUS LATO AUX APPATS DE JUS SUCRE
TOXIQUE ET LEUR DURABILITE

Présentée et soutenue publiquement le 05/11/2020 devant la
Faculté de Médecine et d'Odonto-Stomatologie.

Par M. ZIGUIME Younoussa

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

(Diplôme d'Etat).

Jury

Président : Pr Sekou Fantamady TRAORE

Membre : Dr Housseini DOLO

Co-directeur: Dr Mohamed Moumine TRAORE

Directeur : Pr Guimogo DOLO



DEDICACE

Je dédie cette thèse ...

A MES TRÈS CHÈRS PARENTS

Tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que j'ai pour vous, ni la profonde gratitude que je témoigne pour vous tous venir que les efforts et les sacrifices que vous n'avez jamais cessé de consentir pour mon instruction et mon bien-être.

C'est à travers vos encouragements que j'ai opté pour cette noble profession, et c'est à travers vos critiques que je me suis réalisé.

J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez fondés en moi et réalisé aujourd'hui l'un de vos rêves.

Je vous rends hommage à travers ce modeste travail en guise de ma reconnaissance éternelle et de mon infini amour.

Vous résumez si bien le mot parent qu'il serait superflu d'y ajouter quelque chose.

Que Dieu tout puissant vous garde et vous procure santé, bonheur et longue vie pour que vous demeuriez le flambeau illuminant le chemin de vos enfants.

Je vous aime tous.



REMERCIEMENTS

A l'Éternel Dieu Le Tout Puissant,

Tout ce que Tu fais est bon et concourt au bonheur de ceux qui t'aiment. Seul mon cœur et le tien savent la profondeur de ta présence en moi. Si je n'avais pas l'assurance de voir ta bonté sur cette terre des vivants, je n'aurais pas accepté d'endurer les souffrances que j'ai vécues.

Père Très Haut,

« Que ta volonté soit faite sur la terre comme dans les cieux ». Tu as voulu que je devienne médecin, et rien n'a pu l'empêcher ! Aujourd'hui encore et demain, je laisse entre tes mains ma vie et ma carrière.

« Epargne mes pensées, ma bouche, et mes mains de tout ce qui peut faire mal à ta créature ».

« Fais que je sois modérée dans tout..., mais insatiable de connaissances qui peuvent soulager ton peuple ».

« Donne-moi la force et le courage de résister à tout ce qui peut sur mon chemin me dévier de mon serment ».

« A celui que je ne peux pas guérir, envoie-moi les mots justes pour le soulager », car toi seul est grand et éternel pour des siècles et des siècles.

Amen !

Au Prophète Mouhammad Paix et Salut sur Lui, l'irréprochable exemplaire, l'intercesseur du jugement dernier. Dites à votre envoyeur que nous somme de cœur avec vous et que le degré d'estime que nous avons pour vous est immense, afin qu'il nous facilite nos tâches ici-bas ainsi qu'à l'au-delà (Amen).

A la mémoire de ma mère Feue Bintá GUINDO ;

L'amour d'une mère pour ses enfants ne s'expliquera jamais, femme d'exception, merci pour les sacrifices que tu as consentis pour nous. Les

mots me manquent pour dire ce que tu as été pour nous, tes enfants. En Afrique, l'adage ne dit-il pas que « Si un enfant devient serpent, c'est sa maman qui l'attache comme ceinture ». Merci pour tout ce que tu as enduré pour tes enfants, merci pour l'amour, les bénédictions et les sages conseils que tu n'as jamais cessé de nous prodiguer.

Trouve ici l'expression de mon éternelle reconnaissance pour les lourds sacrifices que tu as consentis afin que ce travail soit et mon affectueux hommage.

Puisse Dieu, Le Tout Puissant, assurer le repos éternel de ton âme par sa sainte miséricorde !

A mon père Amadou ZIGUIME ;

Père exemplaire, ta générosité, ton amour pour le prochain, ton sens du pardon, ton courage et surtout ta modestie ont beaucoup contribué à ma stabilité psychologique et intellectuelle. Tu

nous as donné tout ce qu'un enfant peut attendre de son père. Je n'oublierai jamais, jamais ton dévouement pour la réussite de tes enfants à l'école, pour leur assurer une bonne santé et pour qu'ils ne manquent de rien.

Les mots ne sauraient être à la hauteur de la franchise de mes pensées. Tu nous as toujours appris que la réussite du passage de l'homme sur cette terre est garantie par sa passion pour le travail bien fait, par son honnêteté, son humilité, sa générosité et son dévouement pour les autres; et tu as toujours veillé à ce qu'on ne l'oublie jamais. Tu as veillé sur nous et tu continues à nous suivre pas à pas dans notre quête d'une existante digne.

Merci pour tout ce que tu as enduré pour nous faire grandir. Que Le Bon Dieu Tout Puissant t'accorde encore une santé de fer et une longue vie. Que ce travail soit source de bonheur pour toi et de consolation de tes profondes angoisses. Je t'aime beaucoup papa.

A mon grand-père feu Adama Ziguime

Le destin ne nous a pas laissé le temps pour jouir de ce bonheur ensemble et de t'exprimer toute ma gratitude. Puisse Dieu Tout Puissant vous accorder sa clémence, sa miséricorde et vous accueillir dans son paradis.

A mes très chers frères ZIGUIME :

Hamidou ; Harouna ; Moussa ; Abdoulaye ; Boukary ; Mamoudou ; Adama ; Yaya ; Mamadou ; Issa ; Salif ; Mahamadou ; Bokary ; Ousmane ; Youssouf ; Souleymane ; Djibril ; Boureïma ; Daouda ; Koundia

Je sais la fierté que vous ressentez à mon égard. En retour, je tiens à vous honorer par ce travail. Les mots ne suffisent pas pour vous dire merci ! Merci pour toute la considération que vous me témoignez. De tout mon cœur, je voudrais vous dire que je vous aime tant ! Ayons toujours à l'esprit que les parents veulent toujours voir leurs enfants unis.

La vie nous réserve bien de surprises, hélas! Quelles soient heureuses ou amères, sachons toujours être forts pour préserver l'essentiel et qui est le plus précieux, c'est-à-dire notre unité. Enfin je souhaite que ce travail soit pour vous un horizon à dépasser dans vos projets de vie respectifs.

A mes sœurs ZIGUIME:

Aminata ; Sata ; Djeneba ; Hawa ; Salimata ; Fanta ; Kadia ; Halimatou ; Djaratou, ma confiance mon audace et ma témérité sont sans doute dû fait que j'ai conscience que vous êtes et serez toujours derrière moi pour m'accompagner dans tous mes projets. Je remercie Dieu d'avoir des sœurs comme vous.

A tous mes oncles paternels et maternels ; à toutes mes tantes paternelles et maternelles :

Feu tonton Antanissi Ziguimé ; Feu tonton Malick Ziguimé ; Feu tonton Amana Ziguimé ; tonton Mamadou Ziguime ; tonton Boureïma Ziguime ; tonton Sadou Ziguime ; tonton Seydou Guindo ; Feue tante Fanta Guindo ; Feue tante Modjila Togo ; tante Bibata Thiama ; tante Bibata Yaro ; tante Embey Ziguime ; tante Sanata Togo ; Feue Maimouna Togo.

Je souhaite que ce travail soit à la hauteur de la fierté que vous avez toujours manifesté à mon égard. Merci infiniment pour votre confiance et vos encouragements constants.

Aux familles Niangaly de Koro, Guindo de Bankass, de Sikasso, de Bamako, Fofana et Sangare du Point G ;

Merci pour l'hospitalité et les efforts consentis à mon égard.

A mon épouse et bien aimé Nah Macalou, chère épouse les mots me manquent pour t'apprécier ; ta présence permanente dans ma vie me prouve la sincérité de ton amour. Retrouves ici chère épouse toute ma reconnaissance et le début de ton réconfort.

A mes amis et collègues Dr Sekou Korka, Dr Bakary Diarra, Dr Sekou Tangara, Dr Idrissa Guindo, Dr Adama Ouattara, Dr Ibrahim Hassane, Dr Alaye Diah, Dr Yousouf Traore, Dr Tiemoko Kone, Dr Diabé Coulibaly, Dr Coulibaly Mory, Dr Bâ Ali, Dr Amadou Bocoum, Dr Alassane Togola, Dr Rafaou Dicko, Job Koné, Gaoussou Denso, Seydou Sanogo

Vous avez été des guides et des éclaireurs pour moi, vous avez toujours répondu à mes attentes. Je ne saurai vous remercier assez mais j'implore le tout puissant qu'il exauce nos vœux de bonheurs et renforce d'avantage nos liens d'amitié.

A mes encadrateurs : Dr Abdoulaye Keita, Dr Bourama Traore, Dr Kassogue, Dr Diakité, Dr Fousseini Kane, Dr Amatigue Zeguime, Dr Daman Sylla, Dr Amadou Guindo, Dr Sidy Doumbia, Dr Drissa Konate, Dr Cheick Amadou Coulibaly, Ibrahim M Sissoko, Mr Makan Keita, Mr Boubacar Coulibaly, Mr Moussa Keita, Mr Adama Sacko, Mr Zana Sanogo, Mr Moussa Diallo. Vous avez été pour nous des pères, mères, guides, mais surtout des encadrateurs exceptionnels.

Votre amour, votre sens élevé d'humanisme, votre persévérance et votre rigueur pour le travail bienfait nous a guidés tout au long de ce travail et continuera de nous guider tout au long de notre carrière professionnelle.

A tout le personnel du Centre de Recherche et de Formation sur le paludisme (MRTC/FMOS) de Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie. En particulier : Pr Sékou F Traoré, Pr Seydou Doumbia, Pr Guimogo Dolo, Pr Mahamadou Diakité, Pr Amagana Dolo, Dr Nafomon Sogoba, Dr Adama Dao, Dr Mamadou B Coulibaly.

A tous les membres de l'équipe IVCC entomologie du Mali : Dr Mohamed Moumine Traore, Dr Sadik Kone, Dr Penda Sangare, Dr Issa Traore, Mme Traoré Assan Diakité, Mme Macalou Rabiadou Diarra, Mamadou Goita ; Siriman Samake ; Amadou Bassoum ; Alou Keita ; Fatoumata Ina Traore ; Bintou Kanoute, chère équipe j'ai été très heureux et honoré de travailler avec vous. Merci pour tout le service rendu, votre respect et disponibilité à mon égard, vous serez à jamais dans mon cœur.

A tous les chauffeurs et guides : Mr Massa Keita, Mr Bakary Coulibaly, Mr Boubacar Konate, Mr Drissa Niare, Oumar Doumbia, Amadou Tinkyano, Sekouba Camara, Seydou Keita, Naman Keita, Bourama Camara, merci pour votre sympathie et la bonne collaboration.

A tout le corps professoral de la Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie et de la Faculté de Pharmacie.

Recevez ici ma plus grande reconnaissance, partagez avec moi ma plus grande joie, je ne vous dirais jamais assez MERCI.

A tous ceux qui m'ont enseigné, du primaire au lycée, en particulier Messieurs Cissé Oumar (paix à son âme), Karakodjo Seydou, Samba NDjim:

Merci pour les sacrifices consentis tout au long de mes études, sans vous je ne saurais atteindre ce niveau.

A mes aînés

Dr Aguibou Guindo, Dr Moussa Denou, Dr Siaka Doumbia, Dr Drissa Maïga, Dr Youssouf Guindo, Dr Kalifa Diallo, Dr Bilaly Sissoko, Dr Ballo, Dr Seydou Taore, Dr Bakary Traore, Dr Sanogo, Dr Moussa Togora, Dr Adama Traore, Dr Malle, Dr Emanuel Togola, Dr Camara, Dr Bakary Coulibaly, Dr Karim Togola Dr Seydou N Traore. Vous faites partie de nos formateurs, mais vous avez également su être tout pour nous.

A mes amis du primaire, du collège et du lycée

Boureïma Ziguïme, Oumar Ziguïme, Hamidou Poma, Housseïny Poma, Mamadou Sagou Ziguïme, Mamadou Salia Ziguïme, Siaka Togo, Daouda Ziguïme, H

abby Ziguïme, Mariam Ziguïme, Ousmane Guindo, Aly Niangaly, Amadou Niangaly, Nouhoum Niangaly, Maimouna Belem, Seybou Ouattara, Hawa Guindo Fatoumata Soumare, Jean Dolo, Fatoumata Doumbere, Siaka Séba, Issiaka Ziguïmé, Hassimi Ziguïmé, Moumouni Doumbéré :

Qu'ils furent très forts et intenses nos moments d'insouciance de jeunesse... Bonne chance à tout le monde ! « Les meilleurs amis de la

vie étaient de bons amis d'école ... » Je crois dur comme fer à cette pensée. Je ne vous oublierai jamais !

A mon Pays, le Mali

Par ce travail, j'espère apporter ma modeste pierre à ta construction et à ta prospérité !

A mon village, Niamia

Que les efforts des hommes et des femmes issues de ta terre nourricière ainsi que la solidarité de toute leur descendance garantissent ton salut, ton épanouissement et ta pérennité.

A mon cadet feu Diakaridia Senou

Tu voulais devenir médecin et sauver des vies, mais l'homme propose Dieu dispose. Que ce travail puisse te combler à jamais. Que ton âme repose en paix!

A tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à la réalisation de ce travail.

Merci à tous du fond du cœur!



**HOMMAGE AUX
MEMBRES DE JURY**

A notre maître et président du jury

Professeur Sékou Fantamady Traoré,

PhD en entomologie médicale,

Professeur de Génétique et de biologie cellulaire,

Co-directeur du MRTC.

Cher Maître,

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de présider ce jury de thèse malgré vos multiples occupations. Votre rigueur scientifique, votre disponibilité, votre humilité et votre souci du travail bien fait font de vous un maître respecté et admiré. Soyez rassuré de notre profonde reconnaissance.

A notre Maître Docteur Housseíni Dolo

Docteur en Médecine,

Msc en Santé Publique Contrôle de la Maladie,

PhD en Science Médicales, Enseignant- Chercheur à la Faculté de Médecine et d'Odonto Stomatologie de Bamako

Cher maître, votre honnêteté intellectuelle, votre abord facile ont satisfaits notre admiration. Nous sommes très fiers et très honorés d'être comptés parmi vos disciples. Cher maître c'est un immense plaisir de vous manifester ici, solennellement notre profonde gratitude et nos sincères remerciements.

A notre Maître et co-directeur de thèse

Docteur Mohamed Moumine TRAORE

Docteur en Médecine,

Assistant en Santé Publique -Sante environnementale et chercheur au MRTC.

Nous avons apprécié vos qualités humaines et scientifiques tout au long de cette thèse. Votre rigueur et votre amour pour le travail bien accompli ainsi que votre sens critique ont fait de vous un homme apprécié. Vous constituez un exemple pour la nouvelle génération de chercheur à laquelle nous espérons faire partir. Soyez rassuré de notre profond attachement et de notre entière confiance.

A notre maître et directeur de thèse Professeur

Professeur Guímogo DOLO

PhD en entomologie-parasitologie médicale,

Responsable de l'enseignement de la génétique à la FMOS,

Chef de l'unité biologie moléculaire du MRTC.

Membre du Comité Sahélien des Pesticides, Membre du Comité "Vector Control Working Group" (VCWG) de Roll Back Malaria,

Consultant du Programme Santé de "Health Institut" de l'Université de Columbia

Cher maître,

Nous vous remercions de la confiance que vous nous avez placée en nous proposant ce travail. Vos qualités humaines, scientifiques et surtout votre sens élevé de la responsabilité et de la rigueur dans le travail font de vous un maître respecté et admiré. Nous sommes très fiers d'être parmi vos élèves. Soyez rassuré, cher maître de notre profonde gratitude et de nos sincères remerciements.



**SIGLES ET
ABREVIATIONS**

SIGLES ET ABREVIATIONS

ATSB : Attractives toxic sugar bait

An : *Anopheles*

al: collaborateurs

CDC : Centers for Disease Control and Prevention

CPS : Chimio prévention du Paludisme Saisonnier

CTA : Combinaisons thérapeutiques à base d'artémisinine

CNTS : Centre National de Transfusion Sanguine

cm : centimètre

EDSM : enquête démographique et de santé du Mali

MRTC : Malaria Research and Training Center

MILD : moustiquaires imprégnées à longue durée d'action

MII : moustiquaires imprégnées d'insecticide

OMS : Organisation mondiale de la Santé

PNLP : programme national de lutte contre le paludisme

PID : pulvérisation intra domiciliaire

P : *Plasmodium*

SD : standard déviation

s.l. : sensus lato

TPI : traitement préventif intermittent

USTTB : Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako

UV : ultra-violet

% : Pourcentage



LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Figure 1: cycle de développement du plasmodium	5
Figure 2: cycle biologique des Anophèles (Thèse médecine).....	8
Figure 3: Carte régionale de distribution des trois vecteurs majeurs du paludisme en Afrique [14]......	9
Figure 4: Carte des localités de capture des moustiques pour les expériences	15
Figure 5: photo montrant une séance de tri des moustiques	18
Figure 6: Une cage (BugDorm) contenant ATSB	19
Figure 7: L'observation de la fluorescéine dans l'estomac et thorax du moustique au microscope UV.....	20
Figure 8: Taux d'engorgement des mâles à 24 et 48 heures aux mois 0 et 1.....	23
Figure 9: Taux d'engorgement des mâles à 24 et 48 heures aux mois 2 et 3.....	24
Figure 10: Taux d'engorgement des mâles à 24 et 48 heures aux mois 4 et 5.....	27
Figure 11: Taux d'engorgement des femelles à 24 et 48 heures aux mois 0 et 1.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 12: Taux d'engorgement des femelles à 24 et 48 heures aux mois 2 et 3.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 13: Taux d'engorgement des femelles à 24 et 48 heures aux mois 4 et 5.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 14 : Taux de mortalité des mâles à 24 et 48 heures sur six mois.....	29
Figure 15 : Taux de mortalité des Femelles à 24 et 48 heures sur six mois.....	30
Figure 16: Evaluation de l'intégrité des membres (ATSB) pendant six (6) mois d'expositon	31



SOMMAIRE

TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION.....	1
2	OBJECTIFS	3
2.1	Objectif général	3
2.1.1	Objectifs spécifiques	3
3	GENERALITES.....	4
3.1	Parasites du paludisme et son cycle biologique	4
3.1.1	Parasites du paludisme	4
3.1.1.1	Cycle de vie du parasite du paludisme	4
3.2	Les vecteurs.....	5
3.2.1	Systématique	5
3.3	Biologie des vecteurs	6
3.4	Distribution.....	8
3.5	Lutte anti vectorielle et limites.....	9
3.5.1	Méthode Lutte anti vectorielle	10
3.5.1.1	Lutte anti larvaire	10
3.5.1.2	Lutte contre les adultes.....	12
3.6	Limite des méthodes de lutte anti vectorielle.....	14
3.7	Historique et évolution de l'utilisation de l'ATSB	14
4	MATERIEL ET METHODES	15
4.1	Cadre/lieu de l'étude	15
4.2	Type et période d'étude.....	15
4.3	Population de l'étude.....	15
4.3.1	Description	15
4.3.2	Supports des données	21
4.4	Considération éthique.....	22
5	RESULTATS.....	23

5.1	Détermination des taux d'engorgement des populations d' <i>An. gambiae s.l.</i> à 24 h et à 48 H après exposition à l'ATSB	23
5.2	Mesure du taux de mortalité à 24 h et 48 h après exposition à l'ATSB.....	29
5.3	Evaluation de la toxicité par contact	31
5.4	Evaluation de la durabilité des ATSB pendant six mois	31
6	COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS.....	32
7	CONCLUSION	34
8	RECOMMANDATIONS	35



INTRODUCTION

1 INTRODUCTION

Le paludisme est transmis par un protozoaire appartenant au genre *Plasmodium*. Il existe de très nombreuses espèces de *Plasmodium* (plus de 140), touchant diverses espèces animales. Seulement cinq de ces espèces sont retrouvées en pathologie humaine parmi lesquelles *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium ovale*, *Plasmodium malariae* et *Plasmodium knowlesi*, parasite habituel des singes (macaques) d'Asie qui vient de passer récemment chez l'homme (1).

Dans le monde, le nombre de cas de paludisme est estimé à 228 millions en 2018 contre 231 millions en 2017. La plupart des cas (93 %) ont été enregistrés en 2018 dans la région Afrique de l'OMS. Les enfants de moins de 5 ans et les femmes enceintes sont les plus vulnérables face au paludisme (2).

Au Mali, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) a rapporté 2 614 104 cas de paludisme confirmés avec 1010 cas de décès en 2019 dont les femmes enceintes et les enfants de moins de 5 ans étaient les plus touchés. Selon les données de l'Enquête Démographique et de Santé du Mali (EDSM-VI) en 2019, le taux de prévalence du paludisme était de 19 % au Mali (3).

La stratégie nationale de lutte contre le paludisme au Mali, repose essentiellement sur le traitement curatif précoce par les combinaisons thérapeutiques à base d'artémisinine (CTA), la chimio-prévention du paludisme saisonnier (CPS) chez les enfants de 3 à 59 mois et le traitement Préventif Intermittent (TPI) par la sulfadoxine-pyriméthamine chez la femme enceinte. Du point de vue de l'émergence de la résistance des plasmodiums aux antipaludiques, des moustiquaires imprégnées d'insecticide (MII), la pulvérisation intra domiciliaire (PID) d'insecticides à effet rémanent et la lutte larvaire (4) ; la recherche d'une nouvelle stratégie qui viserait aussi bien le parasite que le vecteur s'impose. La lutte anti vectorielle est une stratégie essentielle occupant une place importante au sein de la stratégie de lutte contre le paludisme, elle repose essentiellement sur l'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticides, la pulvérisation intra domiciliaire et l'utilisation de répulsifs. Ces méthodes sont coûteuses et utilisent souvent des principes actifs toxiques pour l'environnement et pour l'homme. Les moustiques développent continuellement des résistances à ces principes actifs et la lutte anti vectorielle tarde à avoir une couverture efficace du fait que la majorité des méthodes est quasiment dirigée sur la transmission à l'intérieur des habitations humaines d'où l'idée que l'essentiel de la transmission du paludisme se ferait à l'intérieur des habitations est l'hypothèse la plus probable (5).

Des études récentes ont montré qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les taux d'infection à l'intérieur et à l'extérieur des habitations (6) et cela pourrait s'expliquer en grande partie par le phénomène de résilience comportementale des moustiques dans nos pays (7). Il est donc important de développer de nouvelles stratégies afin d'apporter d'éventuelles solutions aux problèmes actuels de lutte contre le paludisme. C'est dans ce contexte que l'appât attractant sucré toxique (ATSB) a été développé. Il s'agit d'une technique qui est basée sur le principe d'attirer les moustiques qui y prennent leur repas de sucre, pour ensuite être tués. Au Mali, une étude pilote dans une zone de forte transmission du paludisme, a prouvé son efficacité malgré que les études antérieures aient prouvé qu'il nécessitait des améliorations.

Ces améliorations impliquent l'intégrité de la membrane, mais également la durabilité du produit une fois déployé et notre étude s'inscrit dans ce cadre. Il s'agira ici d'évaluer la durabilité des membranes ATSB dans l'écosystème, ce qui nous permettra de déterminer la période d'intervention sur l'année. L'utilisation de l'ATSB comme nouvel outil de contrôle des vecteurs du paludisme pourrait aider à renforcer la lutte anti vectorielle et apporter une solution aux problèmes de résistances persistantes malgré le développement des traitements.



OBJECTIFS

2 OBJECTIFS

2.1 Objectif général

Etudier la susceptibilité des populations d'*anophèles gambiae sensus lato* aux appâts de jus sucré toxique et leur durabilité.

2.2 Objectifs spécifiques

- Déterminer le taux d'engorgement d'*An. gambiae sensu lato* à 24 et à 48 heures après exposition à ATSB.
- Déterminer le taux de mortalité des populations d'*An. gambiae s.l.* à 24 et à 48 heures après exposition à ATSB.
- Déterminer le niveau de la toxicité par contact.
- Apprécier durabilité des membranes ATSB pendant six (6) mois.



GENERALITES

3 GENERALITES

3.1 Parasites du paludisme et son cycle biologique

3.1.1 Parasites du paludisme

Le paludisme est une protozoose due à un hématozoaire du genre *Plasmodium* transmis par la femelle moustique appartenant au genre *Anopheles*. Chez l'homme, il est essentiellement causé par *P. falciparum* (prépondérant en région tropicale), *P. malariae*, *P. ovale*, *P. vivax* et *P. knowlesi* [5;8]. Les anophèles mâles se nourrissent de jus sucré de plante et de nectar et ne transmettent pas le paludisme.

Le cycle de vie du parasite se divise en trois phases : une se déroule chez le moustique, le cycle sporogonique et deux chez l'hôte humain qui sont le cycle érythrocytaire (dans les hématies humaines) et le cycle exo-érythrocytaire (en dehors des hématies).

3.1.1.1 Cycle de vie du parasite du paludisme

En piquant un être humain infecté, le moustique ingère des gamétocytes avec son repas de sang. Les gamètes mâles et femelles s'unissent dans les spermathèques pour former un zygote qui se développe en ookinète mobile. L'ookinète pénètre dans la paroi de l'estomac du moustique et se transforme en oocyste sphérique. A l'intérieur de l'oocyste, le noyau se divise à répétition, formant un grand nombre de sporozoïtes et entraînant un grossissement de l'oocyste. Lorsque les sporozoïtes sont complètement développés, l'oocyste se rompt et se libère dans la cavité générale du corps du moustique (l'hémocèle). Les sporozoïtes migrent alors vers les glandes salivaires : le cycle sporogonique. Le temps nécessaire pour le développement des sporozoïtes varie avec la température et dans une moindre mesure, selon l'espèce plasmodiale et l'humidité ; il est en général de 8 à 15 jours. Les sporozoïtes (stade infectant de *Plasmodium*) se mélangent à la salive et sont injectés à un hôte humain lorsque le moustique s'alimente. Les parasites pénètrent dans la circulation sanguine et migrent vers le foie où ils se multiplient dans les hépatocytes. Pendant une période de 7 à 12 jours, la multiplication se poursuit jusqu'à l'éclatement des hépatocytes infectés.

Les parasites, devenus des mérozoïtes, sont libérés dans la circulation sanguine où ils envahissent les hématies et se multiplient de nouveau. Les hématies infectées éclatent et les parasites libérés vont envahir de nouvelles hématies, répétant le cycle érythrocytaire.

Le repas de sang est nécessaire pour assurer la maturation des œufs du moustique et ne présente en rien une utilité nutritionnelle. Comme au cours de son existence, la femelle

moustique réalise plusieurs pontes, elle aura donc plusieurs occasions de transmettre le paludisme (9).

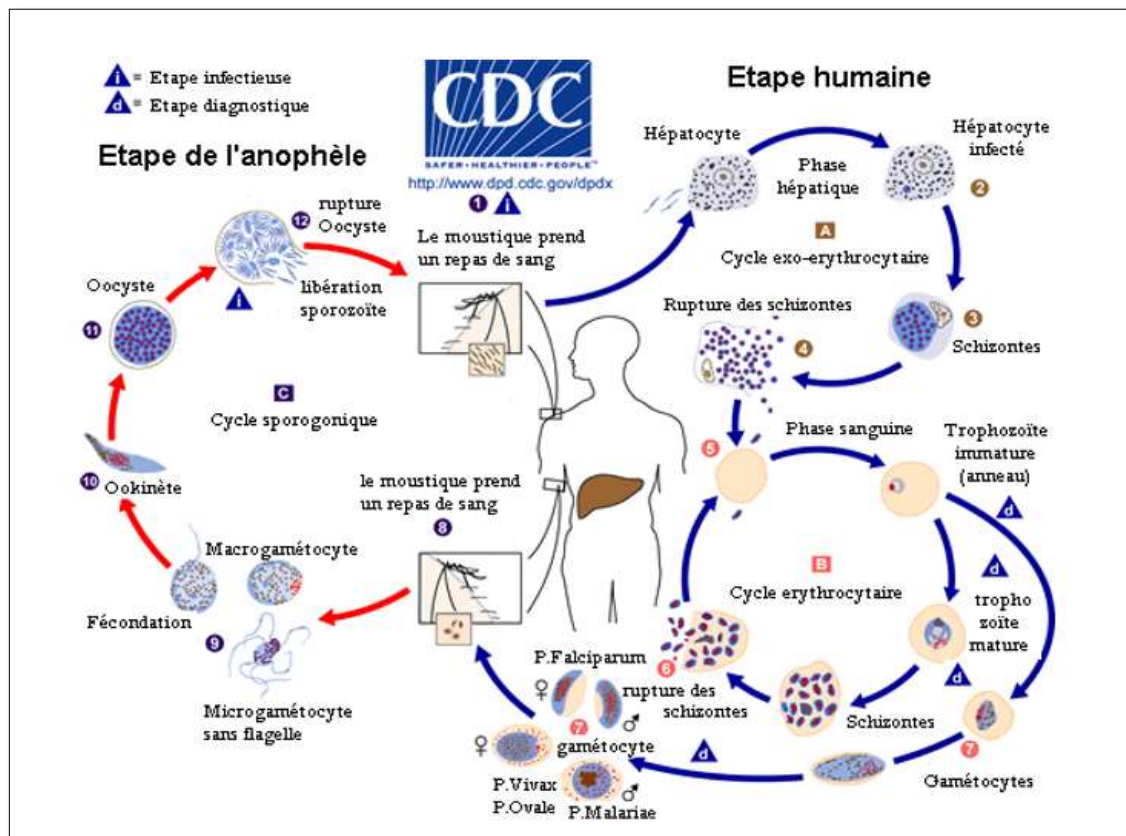


Figure 1: cycle de développement du plasmodium

Source = CDC, Aslank, Goyù, VISA 1960 visité en Juin 2012

3.2 Les vecteurs

3.2.1 Systématique

Les moustiques qui transmettent le parasite à l'être humain appartiennent au règne animal, embranchement des Arthropodes, classes des insectes, l'ordre des diptères, famille des *Culicidae*, sous famille des *Anophelinae* et genre *Anopheles* (regroupant 68 espèces vectrices du plasmodium) (9).

A l'origine essentiellement rurales, certaines de ces espèces de moustiques colonisent aujourd'hui les périphéries des grandes métropoles africaines, s'implantant jusqu'au cœur des villes, dans des environnements pollués d'où elles étaient traditionnellement absentes.

Il est donc maintenant observé des anophèles urbains, diurnes et piquants à l'extérieur. Ces anophèles, développent des résistances contre la plupart des insecticides utilisés(10).

3.3 Biologie des vecteurs

Il comporte quatre stades distincts : **œuf, larve, nymphe et adulte.**

Le temps nécessaire pour le développement de chacun des stades dépend de la température et de facteurs nutritionnels. Ainsi la durée de chaque stade se raccourcit à mesure que la température augmente.

On recense environ 490 espèces d'anophèles, dont des espèces jumelles. Dans le monde, environ 60 à 70 espèces peuvent transmettre le paludisme et parmi elles, une trentaine est vectrice d'importance majeure.

- Œufs

L'anophèle femelle ne s'accouple généralement qu'une seule fois dans sa vie et a généralement besoin d'un ou deux repas de sang après l'accouplement pour que les œufs puissent se développer. La femelle dépose à chaque ponte de 100 à 150 œufs environ à la surface de l'eau. Les sites de ponte sont très variables : petites empreintes de sabots d'animaux, flaques d'eau de pluie, cours d'eau, marécages, canaux, rivières, mares, lacs, rizières et, parfois, même de l'eau sale. Sous les tropiques, dans les conditions les plus favorables, les anophèles femelles ont une longévité moyenne de 3 à 4 semaines.

- Larves

Les œufs éclosent au bout de 1 à 2 jours, libérant les larves qui flottent en général parallèlement à la surface de l'eau ou juste en dessous, car elles ont besoin d'air pour respirer. Elles se nourrissent des particules alimentaires en suspension.

Elles plongent rapidement si elles sont dérangées mais doivent revenir sans tarder à la surface pour respirer. Il y a quatre stades larvaires : le premier est celui de la petite larve émergeant de l'œuf L1, après 1 jour ou 2, elle mue et passe ainsi au second stade L2, suivi par le troisième L3 et le quatrième stade L4 à des intervalles d'environ deux jours chacun. La larve reste au quatrième stade pendant 3 à 4 jours, avant de devenir une nymphe. La durée totale des stades larvaires est en général de 8 à 10 jours aux températures normales de l'eau en milieu tropical ; à des températures plus basses, le développement des stades aquatiques prendra plus de temps. Les larves peuvent se développer dans de petites collections d'eau, de l'eau douce, des rizières, des égouts, des fossés, de l'eau courante à l'ombre, de l'eau saumâtre, de l'eau salée, des cours d'eau, des étangs, des lacs, des marais, des puits, des récipients d'eau, des boîtes de conserve jetées, des pneus jetés et des empreintes de sabots d'animaux.

- **Nymphes**

A ce stade, une transformation majeure intervient, l'insecte devant passer de la vie aquatique de larve à la vie aérienne de l'adulte. La nymphe est en forme de virgule, elle ne s'alimente pas, reste sous la surface de l'eau et plonge au fond si elle est dérangée.

Le stade nymphal dure de 2 à 3 jours, après quoi le tégument se fend. Le moustique adulte émerge alors et se repose temporairement à la surface de l'eau avant de prendre son envol.

- **Stade adulte**

L'accouplement a lieu peu après l'émergence du moustique adulte, la femelle ne s'accouple en général qu'une seule fois, parce qu'elle reçoit à ce moment-là suffisamment de sperme qui sera stocker dans les spermathèques pour féconder les œufs de toutes les pontes successives.

Normalement, le premier repas de sang n'est pris qu'après l'accouplement, mais il arrive que des femelles encore vierges s'alimentent.

La première ponte se développe après un ou deux repas de sang (selon l'espèce), tandis que les pontes suivantes n'en nécessitent généralement qu'un.

Les habitudes d'alimentation et de repos des moustiques jouent un rôle très important pour les programmes de lutte anti vectorielle et doivent donc être bien connues. Certains anophèles piquent la nuit, certains peu après le coucher du soleil tandis que d'autres piquent plus tard, au milieu de la nuit ou même tôt le matin. Certains moustiques pénètrent dans les habitations pour piquer, on dit alors qu'ils sont endophages ; d'autres piquent surtout à l'extérieur et on les qualifie d'exophages. Après son repas de sang, le moustique se repose en général pendant une courte période, habituellement sur un mur, sous le mobilier ou sur les vêtements pendus. On dit alors qu'ils sont endophiles. Les moustiques qui piquent à l'extérieur se reposent en général sur les plantes, dans des trous, dans les arbres ou sur le sol ou dans d'autres endroits frais et sombres : on les qualifie d'exophiles. Les préférences trophiques, c'est-à-dire les hôtes de prédilection, varient selon les espèces. Certains moustiques préfèrent l'homme à l'animal et on dit d'eux qu'ils sont anthropophiles ; en revanche, s'ils ne prennent du sang que sur les animaux, on parle de moustiques zoophiles. Ceux qui préfèrent le sang humain sont les plus dangereux, car ils sont capables de transmettre l'infection dans les populations humaines (11).

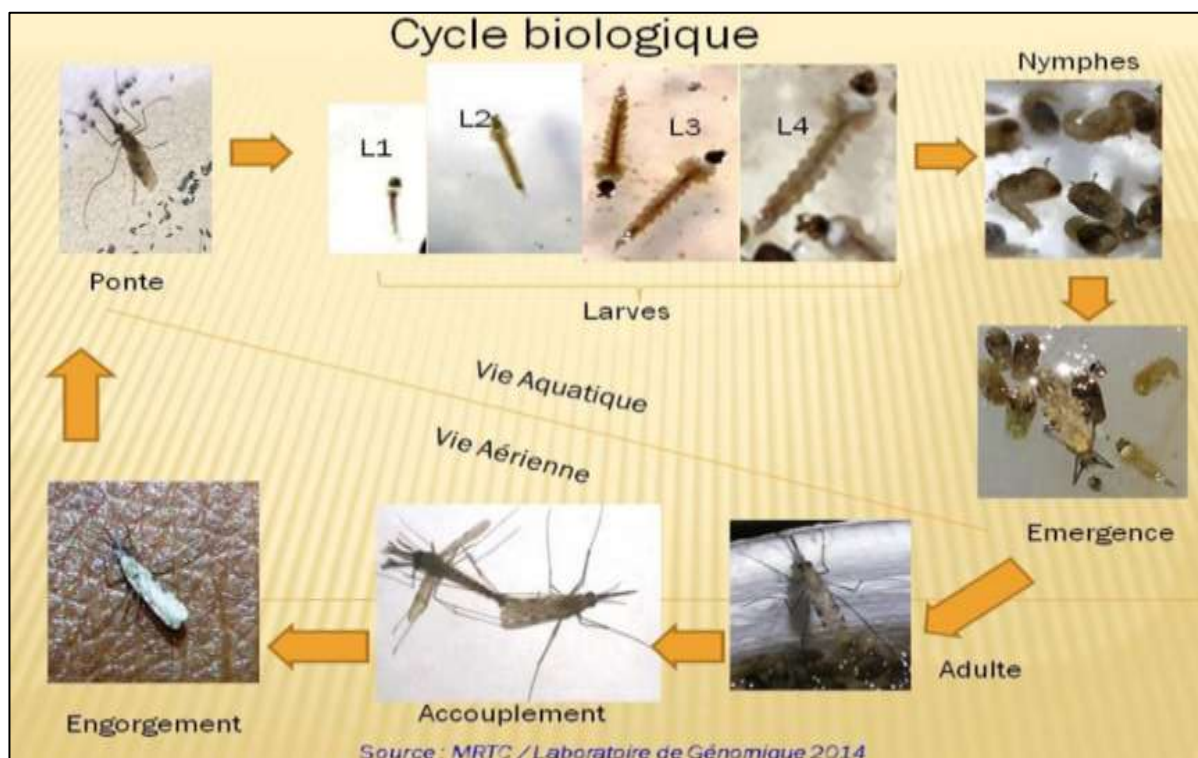


Figure 2: cycle biologique des Anophèles (Thèse médecine)

3.4 Distribution

Les moustiques qui transmettent le paludisme sont des moustiques du genre Anophèles qui comprend quelques 465 espèces dans le monde dont approximativement 70 sont capables de transmettre le Plasmodium à l'homme. En Afrique, les vecteurs majeurs sont au nombre de sept: *An. Gambiae s.s.*, *An. Arabiensis*, *An. Funestus*, *An. Merus*, *An. Mêlas*, *An. Moucheti*, *An. Nili*. Parmi ces sept espèces, trois sont qualifiés d'espèces vectrices dominantes : *An. arabiensis*, *An. Gambiae s. s* et *An. Funestus* (12). Au Mali, *An. Funestus* et *An. Gambiae s.l* sont les principaux vecteurs du paludisme. Ils sont capables de transmettre l'infection dans les populations humaines [6;13].

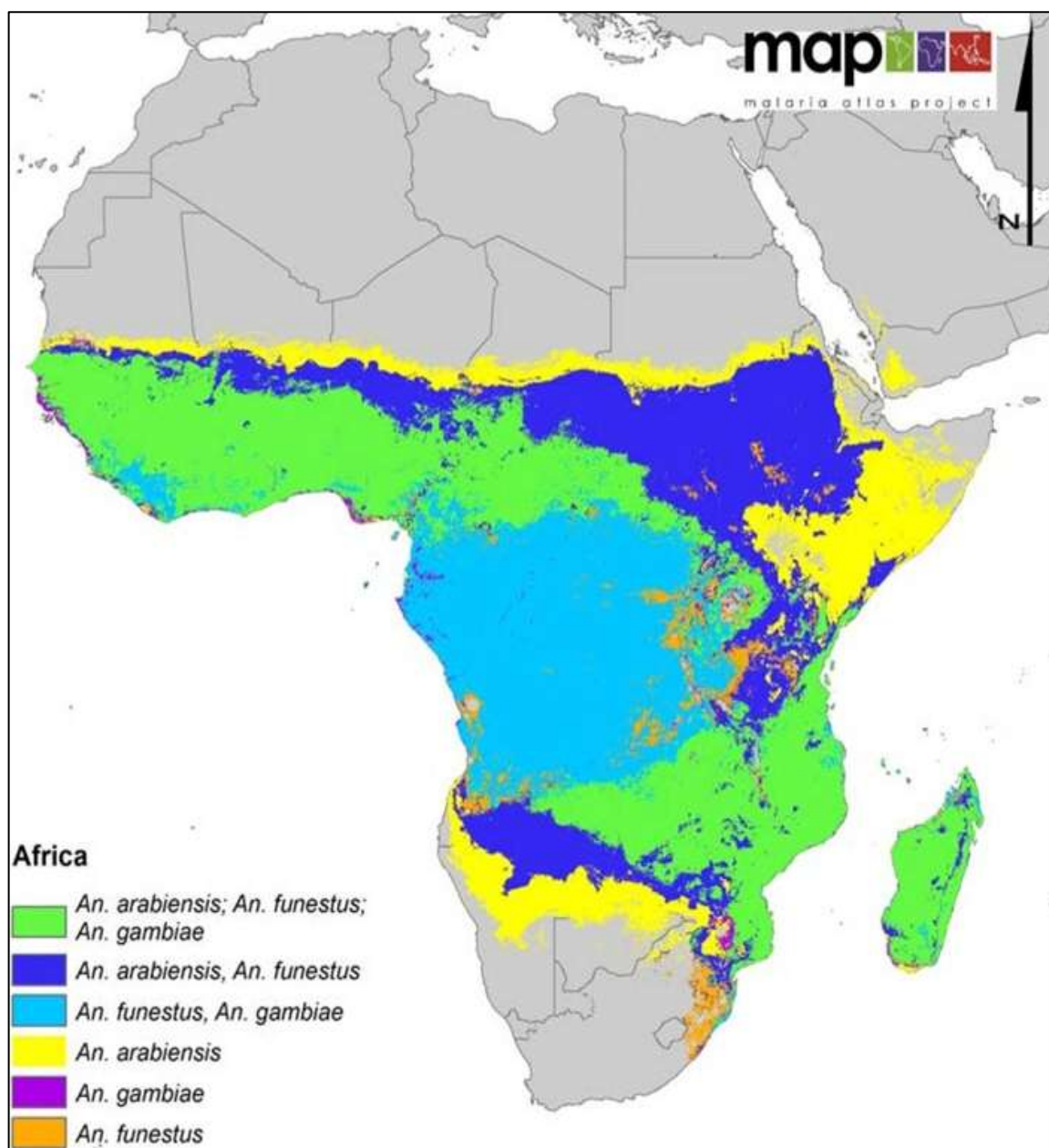


Figure 3: Distribution spatiale des principales espèces vectrices de paludisme en Afrique (14).

3.5 Lutte anti vectorielle et limites

La lutte antipaludique implique le diagnostic et le traitement des cas de paludisme, la prévention des piqûres de moustiques et la destruction de ces insectes. En matière de paludisme, la lutte anti vectorielle vise à supprimer ou limiter le contact homme vecteur pour prévenir l'infection par des plasmodiums.

Elle est complémentaire de la lutte contre le parasite lui-même par la chimio prophylaxie, les traitements préventifs intermittents ou les traitements curatifs. Il existe plusieurs méthodes de lutte anti vectorielle.

3.5.1 Méthode Lutte anti vectorielle

3.5.1.1 Lutte anti larvaire

Elle s'effectue essentiellement au niveau des gîtes. Elle consiste à détruire les larves avant qu'elles ne deviennent adultes. Les gîtes larvaires varient beaucoup selon les espèces d'anophèles. Les mesures de lutte contre les larves sont donc très spécifiques du lieu et de l'écologie. Les traitements larvicides ne sont donc recommandés que dans les zones où les gîtes larvaires de moustiques vecteurs du paludisme sont peu nombreux, fixes *et* identifiables, et où les sites sont faciles à localiser, à cartographier et à traiter. Cette lutte peut être : biologique, chimique ou physique. Elle s'effectue essentiellement au niveau des gîtes.

- La lutte biologique

La lutte biologique contre les moustiques consiste à introduire dans leur habitat des espèces qui sont leurs ennemies naturelles à l'exemple des poissons qui se nourrissent de larves de moustiques. Parmi les principales espèces à avoir été introduites avec succès dans différents pays, il y a le « top minnow » ou poisson à moustiques (*Gambusia affinis*) et le « guppy » (*Poecilia reticulata*). *Gambusia* est plus efficace dans les eaux claires, tandis que *Poecilia* est utilisé avec succès dans les eaux polluées de matières organiques. *Poecilia* supporte des températures plus élevées que *Gambusia* et convient donc mieux dans les rizières des pays chauds. Cependant, à l'inverse de *Gambusia*, il ne peut survivre à des températures inférieures à 10°C (15).

Nous avons :

- Les moustiques prédateurs du genre *Toxorhynchites*, dont les larves se nourrissent des larves d'autres moustiques.
- Les produits larvicides commerciaux à base de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti) sont de plus en plus utilisés pour le contrôle des populations de moustiques et de mouches noires. A dose normale, elles sont sans danger pour l'homme, les autres insectes, les poissons et animaux supérieurs. Elles peuvent être utilisées dans les eaux d'irrigation des cultures vivrières et dans les eaux de boisson. Le Bit a le désavantage de n'être actif que par ingestion, puis sa densité l'entraîne au fond alors que les larves d'anophèle se nourrissent en surface. Elle se détruit très rapidement dans le milieu naturel et doit donc être réappliquée périodiquement (16).
- Les produits d'origine naturelle à savoir les huiles essentielles extraites de plantes telles que l'huile de citronnelle, huile de Java et huile de Ceylan. L'efficacité de l'huile de citronnelle est connue depuis fort longtemps, elle est retrouvée à raison de

0,05 à 15 % dans de nombreuses présentations associée à d'autres produits « naturels » commercialisés, sa durée d'action est faible (1/2 heure) et nécessite alors de fréquentes applications (17). Il y a aussi l'huile de neem, extraite du neem, un arbre du nom scientifique est *Azadirachta indica* dotée de propriétés larvicides.

- **La lutte Physique**

C'est une modification intentionnelle du biotope, qui vise à faire disparaître ou à réduire par des moyens physiques les nappes d'eau de surface dans lesquelles les moustiques se développent. On distingue :

- **Le drainage**

Consiste à faire évacuer les eaux du gîte à l'aide d'un réseau de drain, canalisations souterraines, et système de pompage vers un milieu récepteur naturel ou non.

Il a l'avantage d'évacuer rapidement les eaux et d'entraîner œufs et larves vers des milieux défavorables à leur développement où leur destruction rapide est assurée.

- **La mise en boîte** Consiste à réduire la superficie du gîte dans des tranchés qui sera par la suite empoisonné.

Cette méthode est utilisée dans le cas de gîtes importants où le drainage c'est révélé inefficace. Cette mise en tranchée nécessite la connaissance du volume d'eau dans le gîte.

- **Le comblement**

Le comblement des gîtes larvaires à l'aide de pierres, débris de construction, de terre, représente la méthode la plus durable possible. Elle convient parfaitement pour la réduction des gîtes larvaires constitués de faibles dépressions et de profondeur moyenne.

- **Le boisement**

Il est bénéfique et rentable de prévoir la plantation d'arbres, comme l'eucalyptus ou autres végétations hydrophiles dans les sols humides regroupant plusieurs résurgences d'eau de faible débit mais d'écoulement continu.

- **Rectification des berges**

On peut rectifier les berges des cours d'eau, des fossés et des étangs en leur donnant un tracé rectiligne et en augmentant leur pente de sorte qu'il y ait moins d'endroits de faible profondeur propice à la reproduction des moustiques.

- **La lutte chimique**

Il s'agit de répartir uniformément et périodiquement une certaine quantité de pesticide sur la surface de l'eau qui abrite les gîtes larvaires et d'exposer ainsi les larves à des substances

naturelles ou de synthèse qui provoquent la mort des arthropodes par empoisonnement. Les organophosphorés sont les plus utilisés, nous avons entre autres les **Temephos** qui ont une très faible toxicité pour les mammifères, ce sont les larvicides qui ont été les plus utilisés dans le monde. Ils peuvent être mis dans l'eau d'irrigation ou être utilisés pour traiter les eaux de boisson. Ils sont cependant toxiques pour les poissons. Nous pouvons aussi citer le **Fenthion** qui est communément utilisé à condition de ne pas contaminer l'eau de boisson et les aliments.

3.5.1.2 Lutte contre les adultes

- Pulvérisations intra-domiciliaires d'insecticides (PID)

Les pulvérisations intra-domiciliaires d'insecticides restent une option valable pour la lutte contre le paludisme. L'effet principal des insecticides est de tuer et de repousser les moustiques quand ils pénètrent dans les maisons et se posent sur les surfaces traitées (moustiques endophages et/ou endophiles). L'application continue d'insecticides à grandes échelles est très coûteuse, favorise la résistance des vecteurs et pollue l'environnement (7).

- Les moustiquaires imprégnées à longue durée d'action (MILD)

Dans de nombreux pays, la mise en œuvre des programmes de distribution de moustiquaires imprégnées d'insecticides à longue durée d'action (MILD) fait partie d'une approche intégrée de contrôle du paludisme. Ces moustiquaires offrent une bonne protection mécanique pour limiter le contact entre les vecteurs et l'homme. A son contact, il repousse les moustiques (effet excito-répulsif), les éloignant ainsi de la personne endormie. Un contact avec des doses mortelles d'insecticide contribue à raccourcir la durée de survie des adultes et ainsi, à diminuer la transmission tout en diminuant la probabilité qu'un anophèle infecté par des plasmodies devienne potentiellement infectant (7).

Au Mali dans le cadre du plan stratégique établi par le PNLP, les moustiquaires imprégnées d'insecticides à longue durée d'action sont distribuées gratuitement aux femmes enceintes au cours de la consultation prénatale et aux enfants de moins d'un an lors de la vaccination de routine. Une campagne de masse de distribution des MILD a été faite en 2015 et ciblait toute la population (1 MILD pour 2 personnes).

En tant que matériel de prévention et de contrôle du paludisme, le programme de distribution des MILD se fixe sur certains principes de base à savoir la protection personnelle dans les groupes à haut risque et la réduction de la transmission avec pour cible une couverture élevée.

• Les grillages de portes et de fenêtres

Il s'agit d'une mesure purement « physique » pour empêcher les moustiques d'entrer dans les maisons. Mais s'il y a le moindre trou, une déchirure ou autre dans le grillage, les moustiques peuvent entrer(17).

- **Lutte génétique**

Elle est basée sur la manipulation du patrimoine génétique des moustiques afin d'obtenir des individus transgéniques qui peuvent être soit stériles pour limiter la reproduction, soit réfractaires aux parasites qu'ils transmettent habituellement. Les manipulations intéressent également les plantes telles que les algues qui se reproduisent dans les gîtes larvaires. Ces algues génétiquement modifiées par intégration de gènes de toxines bactériennes agissent sur les larves de moustiques[17; 18].

- **Amélioration de l'habitat humain**

Elle permet d'empêcher l'entrée des moustiques et leur repos à l'intérieur. La protection par des moustiquaires aux fenêtres, aux avancées des toits et aux portes est une méthode efficace si elle est bien faite et entretenue. Les implantations de nouvelles habitations doivent être planifiées (plan, matériaux de construction, localisation par rapport aux gîtes) pour prévenir le paludisme(20).

- **Mesures de protection individuelle**

• **Les Répulsifs**

Les répulsifs existent sous forme de crème, de lotion, d'aérosol ou de savon, qui peuvent être appliqués directement sur la peau ou sur les vêtements. L'usage des répulsifs est l'une des meilleures mesures de protection individuelle.

• **Spirales anti-moustiques**

Les spirales sont très populaires et largement utilisées. Elles brûlent lentement et régulièrement pendant 6 à 8 heures, libérant l'insecticide dans l'air qui tue ou éloigne les moustiques à distance.

• **Vêtements protecteurs**

L'utilisation de certains vêtements couvrant la plus grande partie du corps fournit un certain niveau de protection personnelle contre les piqûres de moustique.

3.6 Limite des méthodes de lutte anti vectorielle

Il est remarquable que les méthodes de lutte anti vectorielles citées ci-dessus bien que efficaces dans certaines mesures, restent fortement limitées et peinent à avoir une couverture suffisante pour limiter ou réduire considérablement la transmission du paludisme.

En effet, du coût extrêmement élevé de ces méthodes, des risques de toxicité pour l'homme et pour l'environnement, l'apparition et l'expansion de la résistance aux insecticides constituent de sérieuses limites de la lutte anti vectorielle et une véritable entrave pour des objectifs visant à supprimer ou limiter le contact homme-vecteur pour prévenir l'infection par des plasmodiums de manière efficace.

En outre, elles sont limitées par le fait que la majorité des vecteurs doit être endophile, la population vectrice soit sensible aux insecticides choisis, la zone de couverture ne soit pas trop grande (Park vertes, villages) et une fraction importante des maisons ou des structures situées dans les aires opérationnelles offre des surfaces pulvérisables (20).

3.7 Historique et évolution de l'utilisation de l'ATSB

Depuis de nombreuses années on utilise le sucre pour attirer les insectes et les petits animaux dans le but de les éliminer et au cours de ces 60 dernières années, cette méthode s'est rapidement développée. Déjà dans des écrits, 77 ans avant Jésus Christ, on mentionnait l'appâtage des insectes pour dissuader un comportement ou induire la mortalité (21). En 1946 A. Vilardebo a indiqué que le sucre et la mélasse sont d'excellents attractifs dans un procédé de lutte efficace contre la mouche des fruits connue sous le nom de *Ceratitis capitata wied.* Il s'est lui-même basé sur une précédente application dit procédé dans la province du Cap (Afrique du sud) par Mally en 1904 (22). L'idée d'ATSB est d'utiliser cette méthode ancestrale comme moyen innovateur de lutte antivectorielle axée sur la transmission à l'extérieur et surtout comme moyen efficace de contrôle des moustiques dans la transmission du paludisme (22).



**MATERIELS ET
METHODES**

4 MATERIEL ET METHODES

4.1 Cadre/lieu de l'étude

Une partie des travaux de cette étude a été effectuée à Kénioroba, Ouoronina, Cissébougou et Gouna. Le choix des villages comme sites de cette étude se justifie par la bonne collaboration avec la population, la présence d'infrastructures adéquates et l'engagement de la communauté.

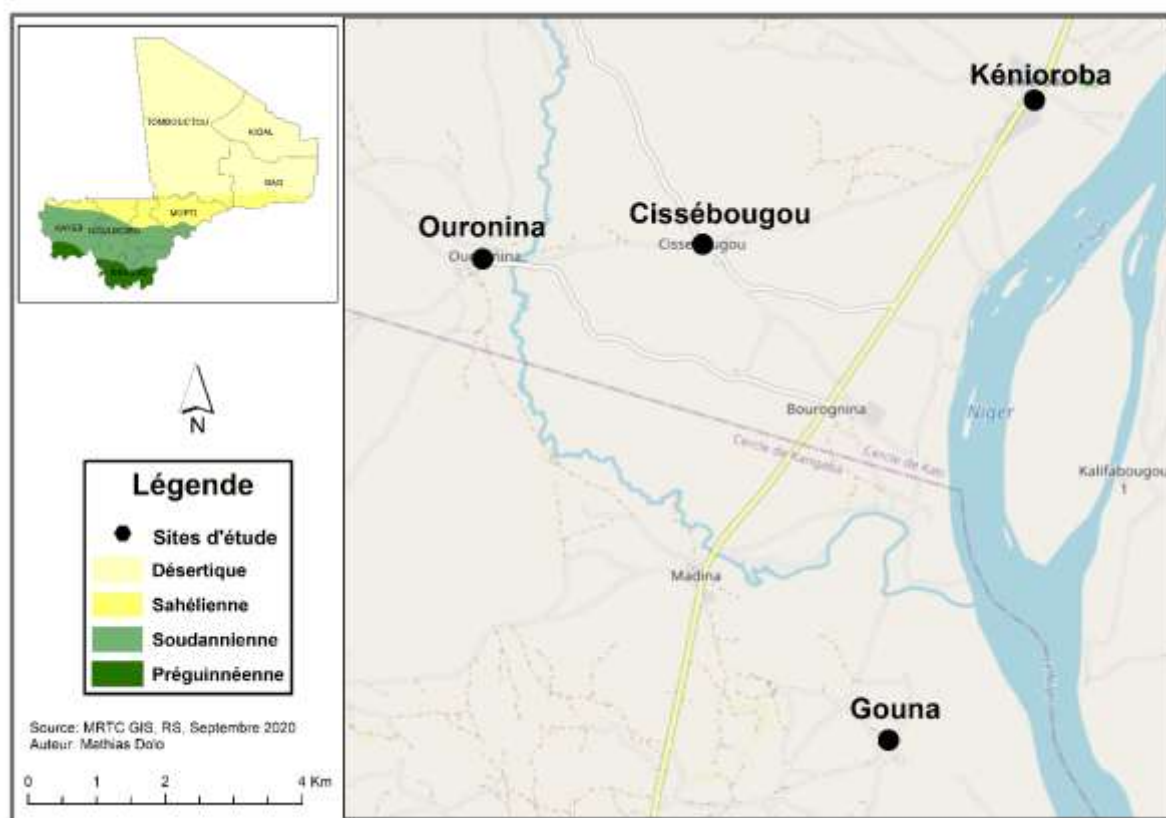


Figure 4: Carte des localités de capture des moustiques pour les expériences

4.2 Type et période d'étude

Nous avons effectué une étude transversale conduite en condition de laboratoire de janvier à septembre 2019.

4.3 Population de l'étude

4.3.1 Description

L'étude a porté sur les générations F1 à F5 d'*An. gambiae s.l.* (mâles et femelles) qui ont été élevées à l'insectarium du Malaria Research and Training Center (MRTC) dont les paramètres étaient respectivement (température $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, 75 - 85% d'humidité relative et une lumière vive). L'étude a été conduite en trois phases décrites comme suit :

❖ Terrain

➤ Capture des moustiques

La capture des moustiques femelles avec l'aspirateur à bouche nous a donné des informations sur les endroits de repos et les variations saisonnières de densité.

▪ Matériels utilisés pour la capture

Aspirateur à bouche, lampe torche, gobelets en carton recouverts d'une toile moustiquaire, coton hydrophile, bracelets plastiques, cages à moustiques, boîte en carton, chloroforme et torchons ont été utilisés.

▪ Procédure d'utilisation d'un aspirateur à bouche

Nous avons mis l'embout à la bouche, en tenant l'ouverture du tube d'aspiration à 1 ou 2 cm du moustique tout en aspirant doucement mais rapidement. Nous avons enfoncé rapidement le tube dans le trou du gobelet puis soufflé doucement dans l'embout pour chasser le moustique. Les moustiques ont été capturés tôt le matin dans chaque village après l'accord des occupants à l'intérieur des habitations de façon aléatoire de 8 heures à 13 heures (dans au moins 10 maisons). À l'aide de lampes torches, nous avons cherché les moustiques sur les murs, au plafond, derrière et sous le mobilier, dans les grands pots et récipients et sous les lits. La recherche des moustiques a été systématique en commençant par la porte d'entrée, puis en allant vers la gauche et en se déplaçant dans toute la maison dans le sens des aiguilles d'une montre. Les anophèles femelles gorgées capturées étaient mises dans des petits pots en carton dont la surface était couverte par une tuile moustiquaire. Elles étaient ensuite transférées dans des cages sur lesquelles étaient mentionnées les dates et le lieu de capture.

▪ Maintien en vie des femelles gorgées capturées avant l'acheminement au laboratoire du Malaria Research and Training Center (MRTC)

Nous avons pris des précautions suivantes pour qu'ils restent en bon état, en trempant des morceaux de coton dans une solution sucrée à 10 %, pressé pour éliminer l'excès de solution et placé un morceau sur chaque cage. Nous avons couvert les cages avec un linge humide et les avons gardés jusqu'à l'arrivée au laboratoire.

❖ **Au laboratoire**

Élevage des moustiques

Une fois arrivés, ces anophèles femelles gorgés (**F0**) ont été mises au repos pendant 24h dans l'insectarium (température de $25\pm 2,05^{\circ}\text{C}$, une humidité relative de 75 - 85% et une lumière vive) avant de les mettre en ponte.

Le lendemain, des pots contenant un peu d'eau (pour simuler les gîtes) étaient placés dans les cages. La collecte des œufs se faisait deux jours après la mise en ponte. L'utilisation des pots comme pondoirs à l'avantage de permettre aux larves qui vont éclore les premiers, d'être dans l'eau et de rester en vie. Les pots ont été retirés et les œufs ont été répartis dans des plateaux étiquetés (date de ponte, génération, souche de la colonie). Les larves issues de l'éclosion étaient nourries à la Tetramine[®] ou au Koi Food[®]. Elles ont poursuivi leur développement du stade L1 à L4 par des mues successives tous les deux jours. Une fois, au stade L4, elles se sont métamorphosées en nymphes. Dans les conditions de notre insectarium, les nymphes étaient observées entre le 10ème et le 14ème jour après la ponte des œufs. Les nymphes étaient collectées quotidiennement et placées dans une cage d'émergence sur laquelle étaient écrites la date de leur émergence, le rang de la génération ainsi que la provenance de la souche. Le lendemain, les nymphes non-émergées ont été retirées des cages et ajoutées aux nymphes du jour, placées dans une nouvelle cage s'il y a beaucoup de moustiques dans la précédente.

✓ **Approvisionnement en sang**

La génération **F1** a été ensuite gorgée sur membrane avec du sang du groupe O⁺ des donneurs sains du Centre National de Transfusion Sanguine (CNTS) 2 à 3 jours après l'accouplement pour donner la génération **F2**.

✓ **Exposition des moustiques**

▪ **Préparation des moustiques**

Les moustiques étaient triés selon le sexe à l'aide d'un aspirateur à bouche et conditionnés dans les petits pots en carton avec fermeture en tulle moustiquaire par pot dont 25 mâles et 25 femelles. Les moustiques âgés de 3 à 5 jours étaient mis en jeun pendant 12 heures avant le début de l'expérience dans les cages propres dépourvues de source sucrée. Le coton était imbibé dans un pot d'eau de 30 ml pour préparer la mise en jeun. Il était déposé sur la tulle moustiquaire du pot bien accessible aux moustiques. Après 12 heures de starvation, les moustiques morts étaient remplacés avec ceux du pot de réserve. Les essais d'évaluation de la

mortalité et de prise du repas sucré ont été réalisés en même temps avec les moustiques de la même colonie.



Figure 5: Image montrant une séance de tri des moustiques

Source: Malaria Research and Training Center: le 19 août 2019.

✓ Les cages

Les types de cages (BugDorm) utilisés pour les expériences sont de la forme cubique de taille 30 x 30 x 30 cm. Les cages ont été soigneusement nettoyées avant chaque expérience pour éviter toute contamination. Les expériences étaient effectuées dans les conditions de l'insectarium de régime lumineux, d'humidité et de température. Les stations ATSB étaient placées sur une paroi de la cage de façon verticale (orientation portrait), en les connectant au cadre de la cage à l'aide de ruban adhésif. Les précautions étaient prises pour éviter de toucher la membrane noire avec le côté collant du ruban. Les cohortes de **50** moustiques mâles et femelles affamés étaient libérées dans les cages d'essai. Les deux contrôles étaient effectués : L'un avec de l'eau uniquement (coton imbibé d'eau dans un pot de 30 ml) et l'autre avec une solution sucrée de 10% (coton imbibé du sucre 10%).



Figure 6: Une cage (BugDorm) contenant ATSB

- **Évaluation de la prise du repas contenant l'uranine**

Réalisation des tests d'alimentation avec des membranes ATSB en vérifiant les moustiques positifs à l'uranine. Il faut savoir que la fluorescéine (uranine) est une substance complexe colorante, de couleur vert/jaune fluo à la lumière du jour, fluorescent sous la lumière UV. Sa puissance colorante et ses propriétés de fluorescence en font un outil de mesure hyper efficace, applicable à de très nombreuses applications.

Elle se présente sous forme de poudre orangée, ou en liquide concentré.

- **Détermination du taux d'engorgement d'*An. gambiae* sensu lato à 24 et à 48 heures après exposition à ATSB**

Le taux d'engorgement des moustiques était déterminé par la présence de la fluorescéine après 24 et 48 heures à l'aide d'une torche à UV et un verre à UV dans l'obscurité.

La positivité au test ATSB était appréciée par la présence de fluorescence verte au niveau de l'abdomen, du thorax.

Pour chaque test, le taux d'engorgement à l'ATSB a été déterminé par la formule suivante :

$$T = \frac{n}{N} * 100 \text{ O\`u}$$

T= Taux d'engorgement

n= Nombre des moustiques colorés

N= Nombre total des moustiques exposés

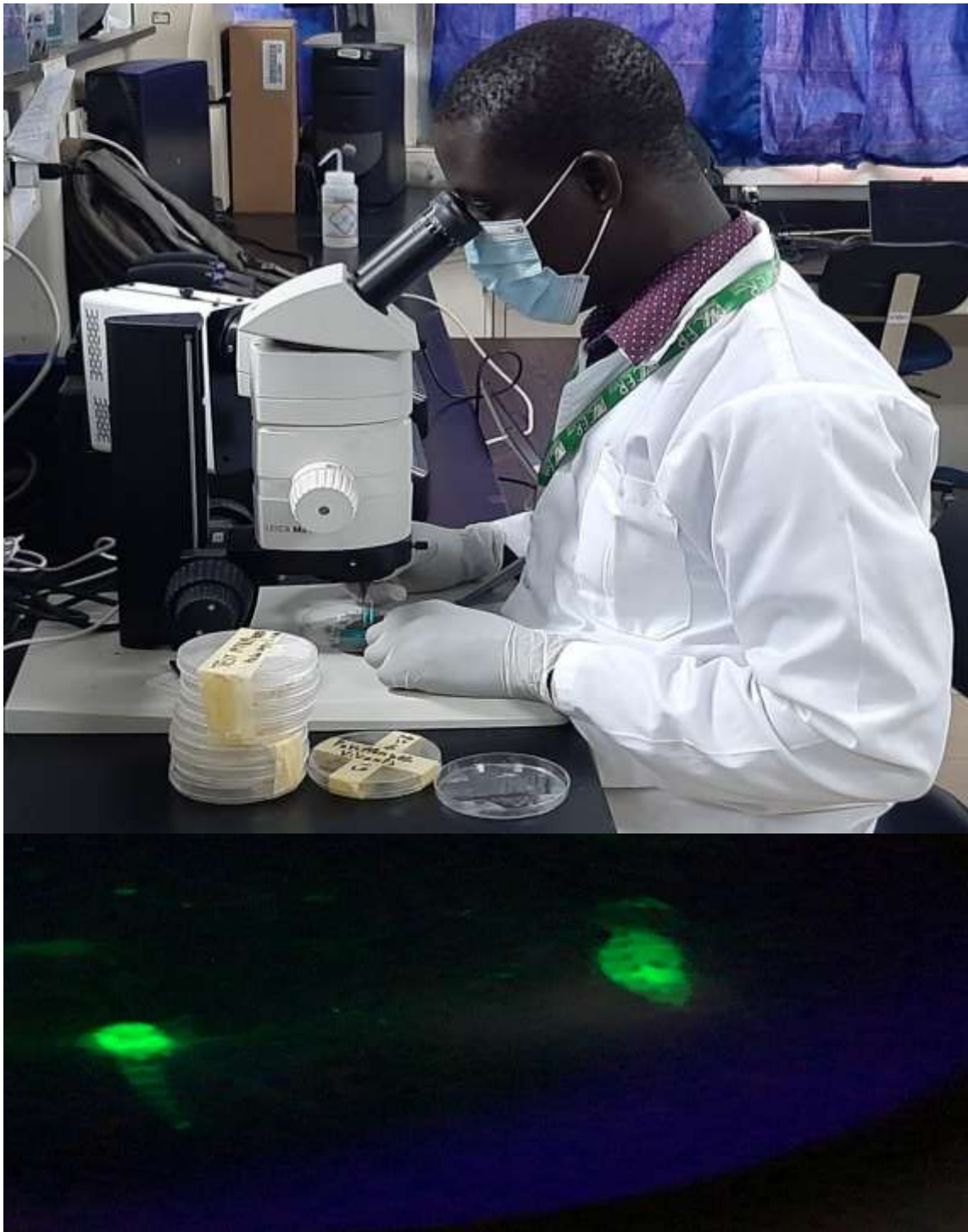


Figure 7: L'observation de la fluorescéine dans l'estomac et thorax du moustique au microscope UV.

Les moustiques négatifs avec la torche UV étaient confirmés au microscope UV.

▪ **Mesure du taux de mortalité des populations d'*An. gambiae s.l.* à 24 et à 48 heures après exposition à ATSB**

La mortalité après 24 heures et 48 heures des moustiques exposés aux membranes ATSB, et aux deux contrôles étaient dénombrée par sexe.

✓ **Evaluation de la toxicité par contact**

Nous avons placé deux stations sur le mur à l'insectarium à l'aide de scotch sur le pourtour de la membrane pour être bien adapté, des cônes ont été fixés sur la surface de ces membranes (ATSB) à l'aide de ruban adhésif. Un carton ne contenant pas d'insecticide a été utilisé comme contrôle. Nous avons placé dans chaque cône 20 moustiques femelles refermés à l'aide de coton. Nous avons utilisé un aspirateur/tube différent pour transférer les moustiques dans le cône de contrôle. Au bout d'une période d'exposition nous avons retiré soigneusement les moustiques dans les cônes et les transféré dans des gobelets étiquetés. Nous avons procédé à l'observation de l'état des moustiques si toute foi, il y aura des morts.

Terrain –laboratoire

Evaluation de la durabilité des membranes (ATSB) pendant six mois

A la fin de la période de l'exposition des moustiques aux membranes ATSB, les stations appâts utilisées dans les cages étaient soigneusement retirés et misent dans un carton.

Elles ont été amenées sur le terrain (Kenieroba et Ouoronina) et accrochées aux murs devant les habitations à 2 m de largeur entre les membranes et 1,80 m du sol.

✓ **Observations de routine**

Le suivi des membranes ATSB était hebdomadaire et ré-testées chaque mois pendant six (6) mois, dans le but de suivre et d'évaluer l'impact de l'écosystème sur les stations appâts dans la nature.

4.3.2 Supports des données

Les données ont été collectées à partir des fiches préétablies, le logiciel d'analyse était Excel version 10.

Les tests statistiques utilisés ont été :

Le test exact de Fischer pour la comparaison des taux et proportions. Les résultats ont été présentés sous forme de figures.

Le matériel utilisé pour la collecte des données étaient : Les torches UV, les verres UV, une loupe UV.

Les paramètres étudiés étaient le taux d'engorgement, le taux de mortalité, l'évaluation de la toxicité par contact et l'évaluation de la durabilité des membranes ATSB pendant six (6) mois.

4.4 Considération éthique

Le protocole a été soumis et approuvé par le Comité d'éthique de l'USTTB (FMOS) avant le début des travaux (N°2018/141/CE/FMPOS).

Un consentement verbal des propriétaires des maisons a été obtenu avant la collecte de moustique et les données ont été collectées strictement à des fins scientifiques.



RESULTATS

5 RESULTATS

5.1 Détermination des taux d'engorgement des populations d'*An. gambiae s.l.* à 24 h et à 48 H après exposition à l'ATSB

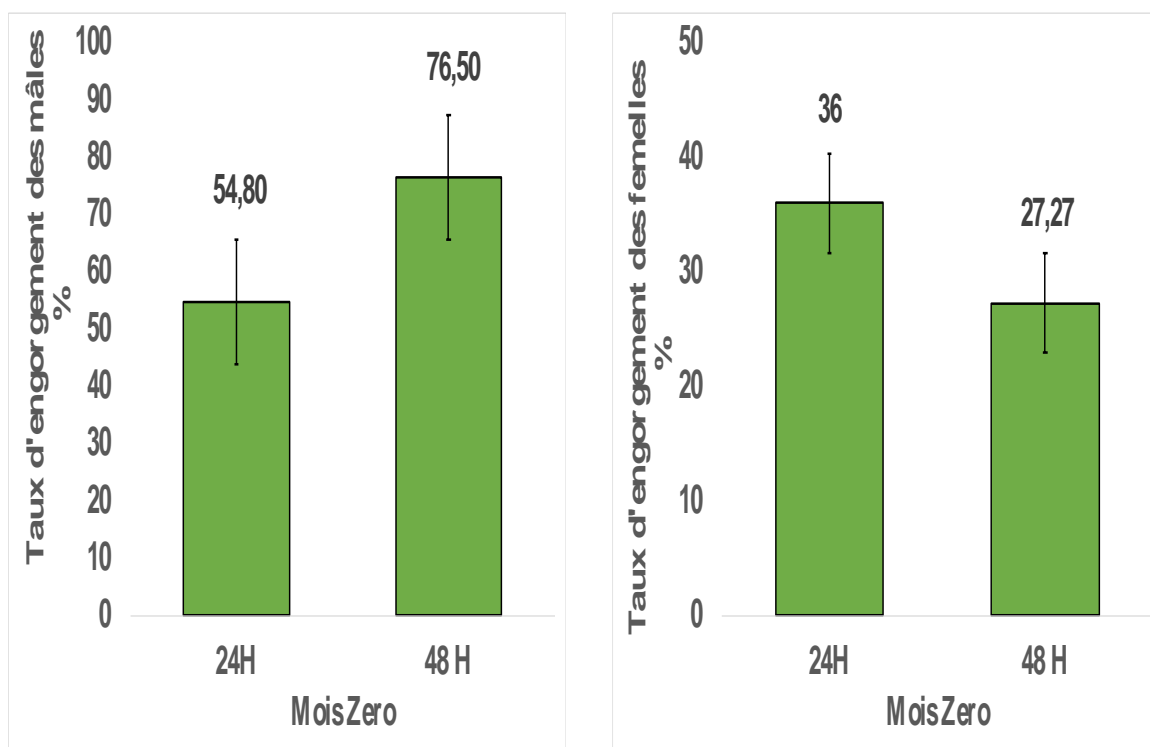


Figure 8: Taux d'engorgement des mâles et femelles à 24 et 48 heures au mois zéro

Le taux d'engorgement des mâles au mois 0 à 48 h était de 76,6% ce qui était statistiquement plus élevé que celui de 24 h avec 54,8% ($P < 0,0002$) sur un total de 250 moustiques exposés.

Les femelles ont un taux d'engorgement de 36% à 24 h au mois 0 était légèrement élevé que celui de 48 h avec 27,27%, cependant il n'y avait aucune différence statistiquement significative ($p < 0,0806$).

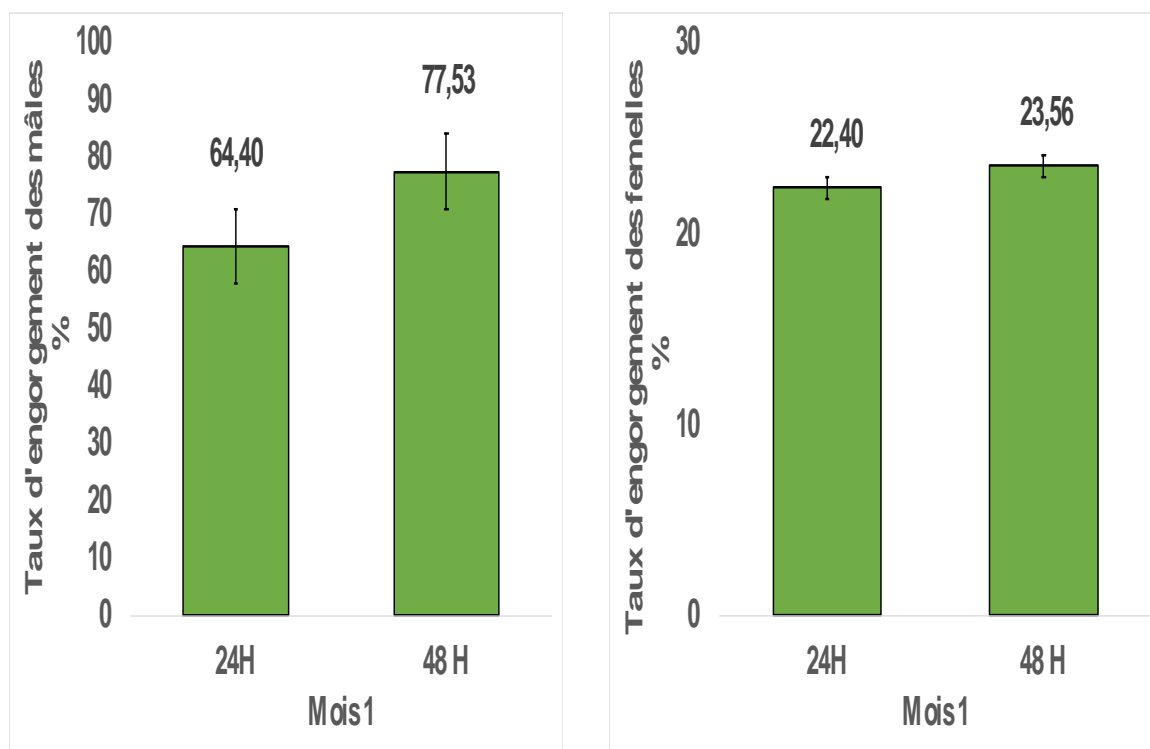


Figure 9: Taux d'engorgement des mâles et femelles à 24 et 48 heures aux mois 1

Sur un total de 250 moustiques, 77,53% des mâles au mois 1 étaient gorgés à 48 h ce qui était statistiquement supérieur au 64,40% observé à 24 h ($P < 0,0248$).

Les taux d'engorgement des femelles au mois 1 à 48 h et 24 h étaient presque les mêmes avec respectivement 23,56 % et 22,40% ($p > 0,05$).

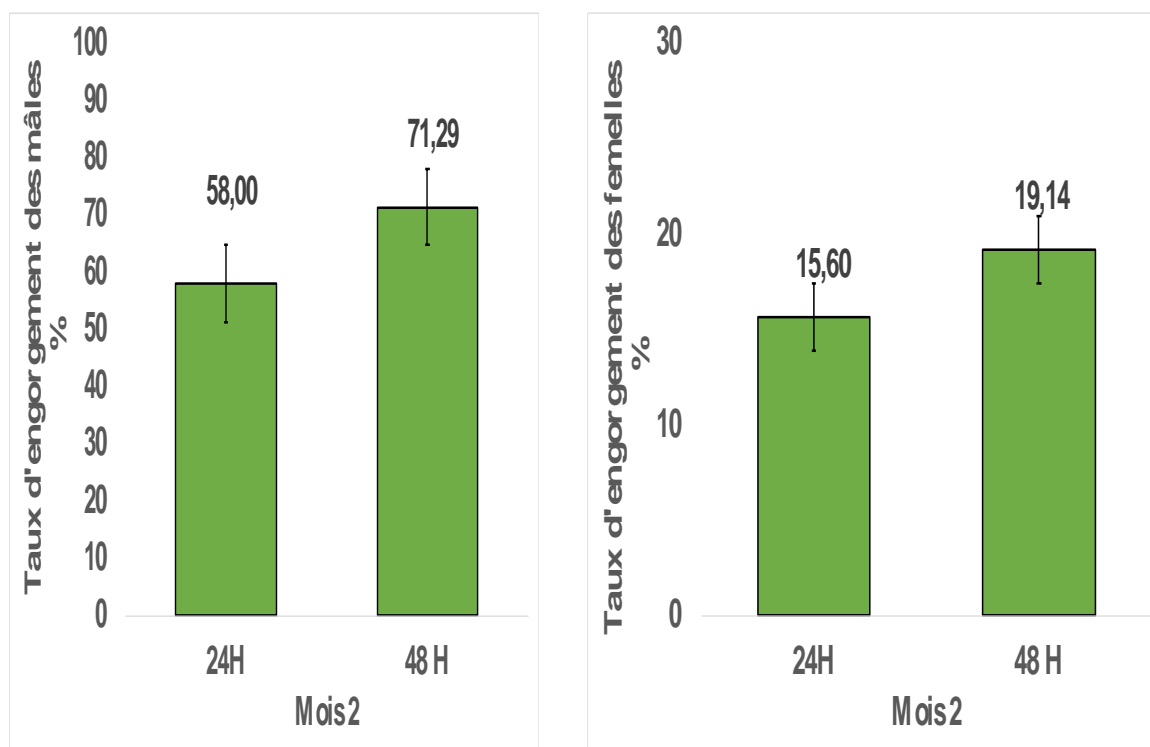


Figure 10 : Taux d'engorgement des mâles et femelles à 24 et 48 heures aux mois 2

Sur 250 mâles au mois 2, 71,29% étaient gorgés à 48 h ce qui était plus élevé que le taux d'engorgement des mâles qui était de 58% à 24 h avec une différence statistiquement significative ($P < 0,0215$).

Le taux d'engorgement des femelles du mois 2 était de 19,14% à 48 h et 15,60% observé à 24 h sans différence statistique significative ($p < 0,3511$).

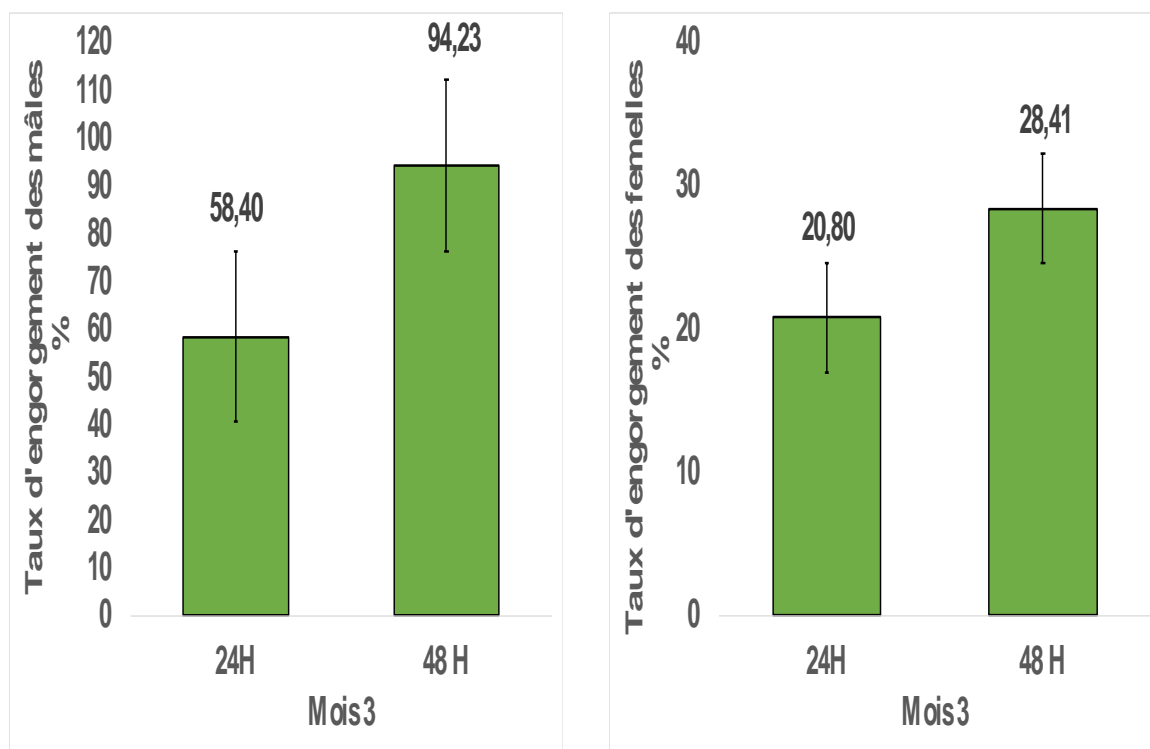


Figure 11 : Taux d’engorgement des mâles et femelles à 24 et 48 heures aux mois 3

Les mâles avaient un taux d’engorgement de 94,23% au mois 3 à 48 h qui était largement supérieur à 58,40% à 24 h avec une différence statistiquement significative ($P < 0,0001$).

Au mois 3, les taux des femelles étaient de 28,41% à 48 h et de 20,80% à 24h, sans aucune différence statistiquement significative ($p < 0,0836$).

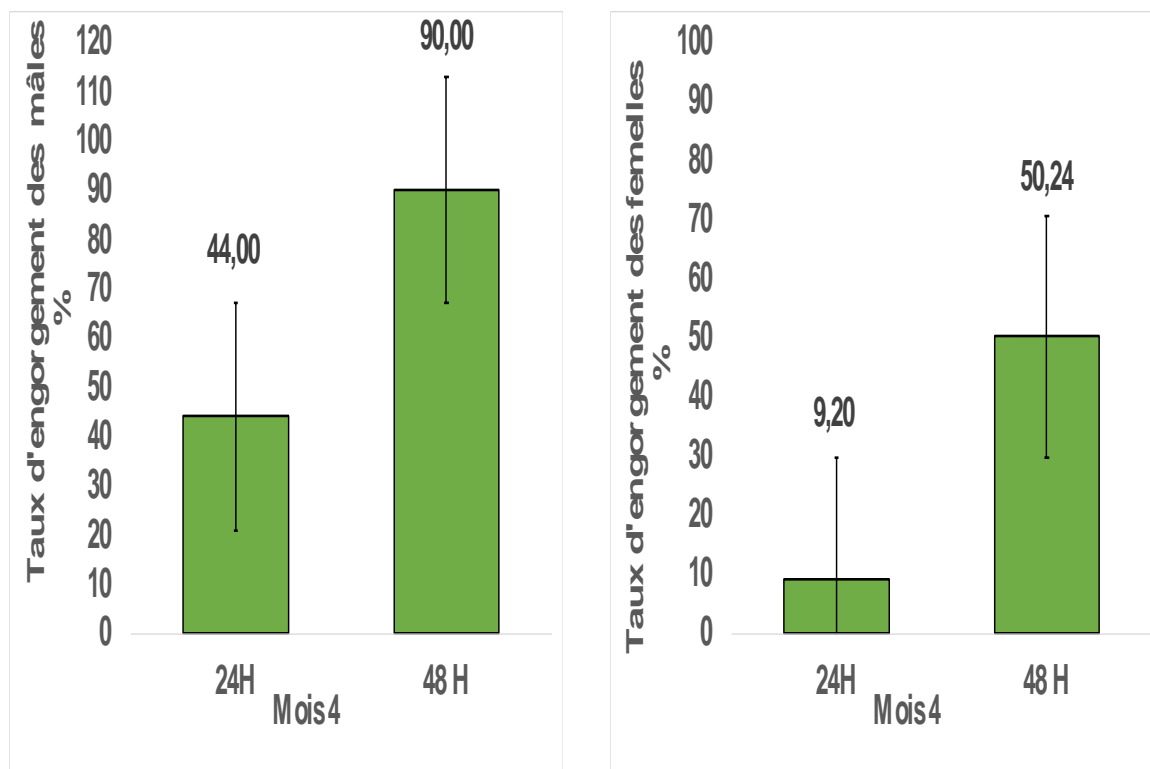


Figure 12: Taux d'engorgement des mâles et femelles à 24 et 48 heures aux mois 4

Le taux d'engorgement des mâles du mois 4 à 48 h était de 90%, ce qui était largement supérieur à celui de 24 h avec 44% avec une différence statistique significative ($P < 0,0001$)

Les femelles avaient un taux d'engorgement de 50,24% à 48 h qui est largement supérieur à celui de 24 h avec 9,20% au mois 4 avec une différence statistique significative ($p < 0,0001$).

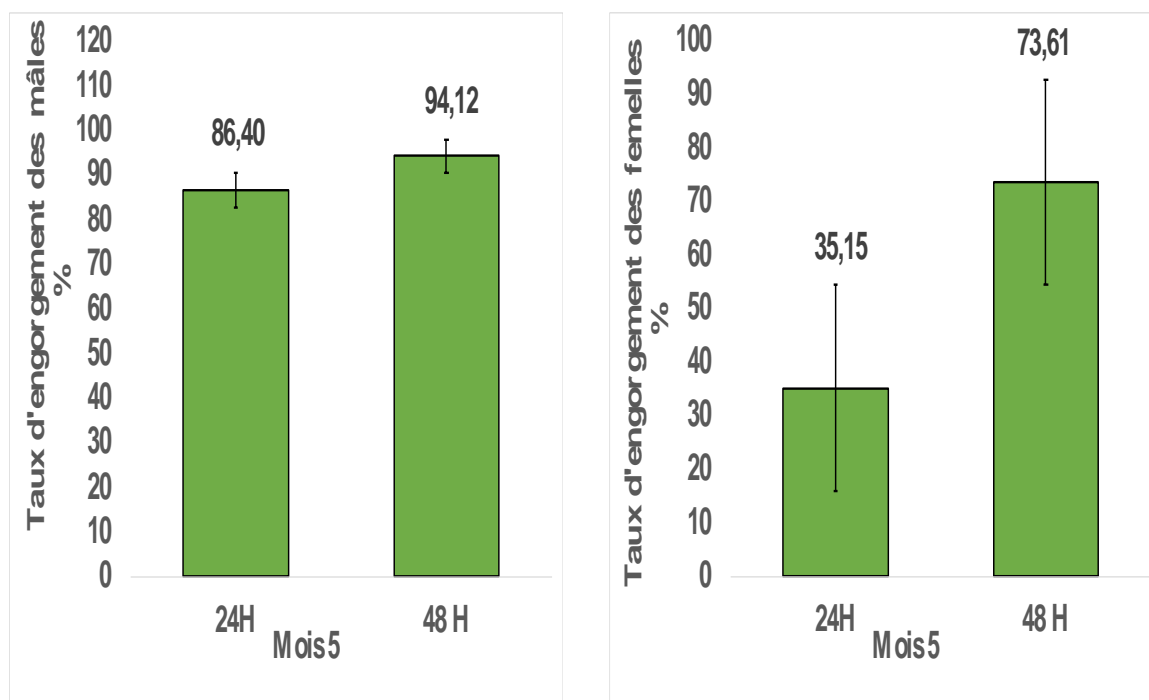


Figure 13 : Taux d'engorgement des mâles et femelles à 24 et 48 heures aux mois 5

Au mois 5, le taux d'engorgement des mâles à 48 h était de 94,12% ce qui était légèrement supérieur à celui de 24 h avec 86,40%, il n'y a aucune différence statistique significative ($P < 0,2769$).

Au mois 5, les taux d'engorgement des femelles à 48 h était de 73,61% ce qui était largement supérieur à celui de 24 h avec 35,15% avec une différence statistique significative ($p < 0,0001$).

5.2 Détermination des taux de mortalité des populations d'*An.gambiae s.l.* à 24 h et 48 h après exposition à l'ATSB

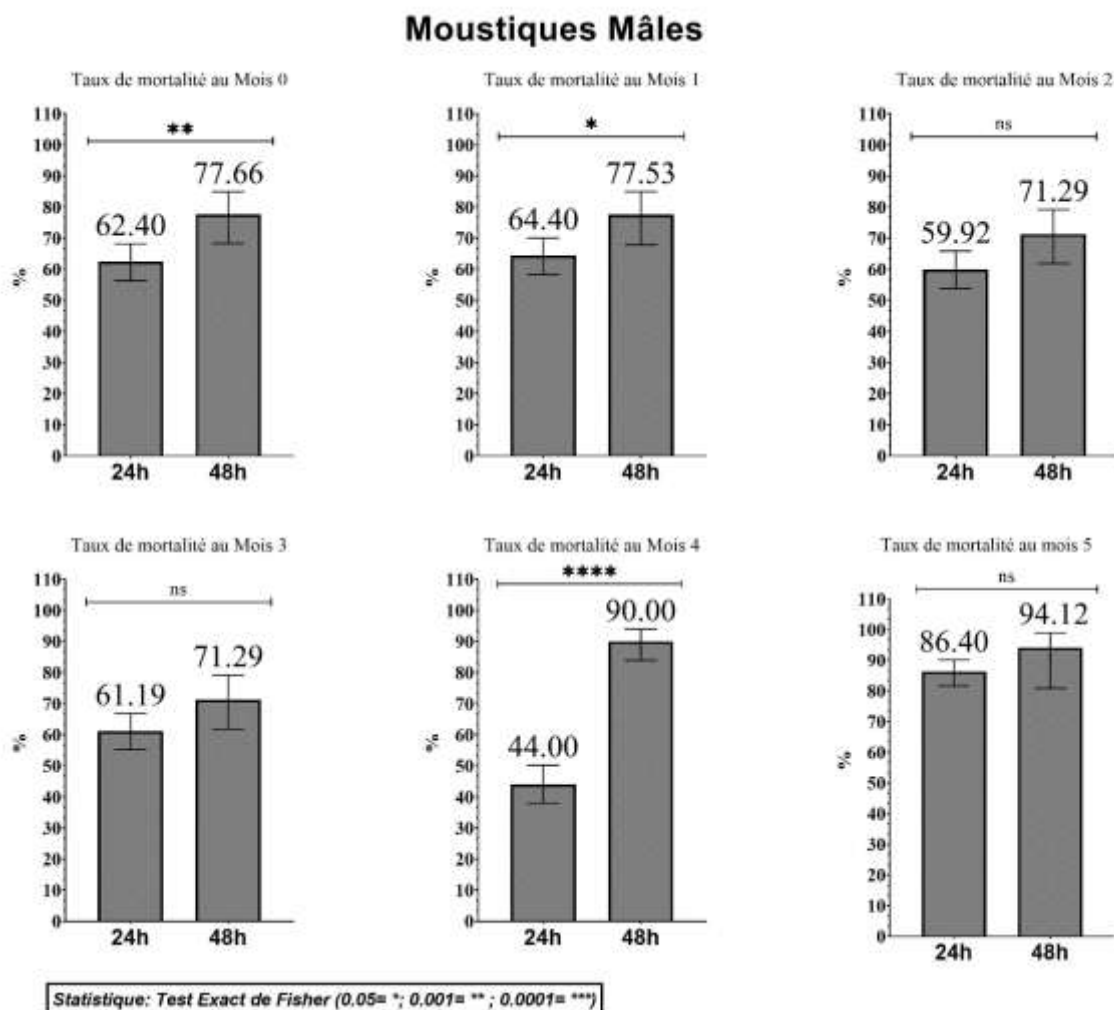


Figure 14 : Taux de mortalité des mâles à 24 et 48 heures sur six mois

Les taux de mortalité du mois 5 à 48 h et 24 h étaient respectivement de 94,12 et 86,40%, il n'y a aucune différence statistiquement significative ($P < 0,2769$).

Les mortalités du mois 2 ont été de 71,29% à 48 h et 59,92% à 24 h pas de différence statistique significative ($P < 0,0510$).

Moustiques Femelles

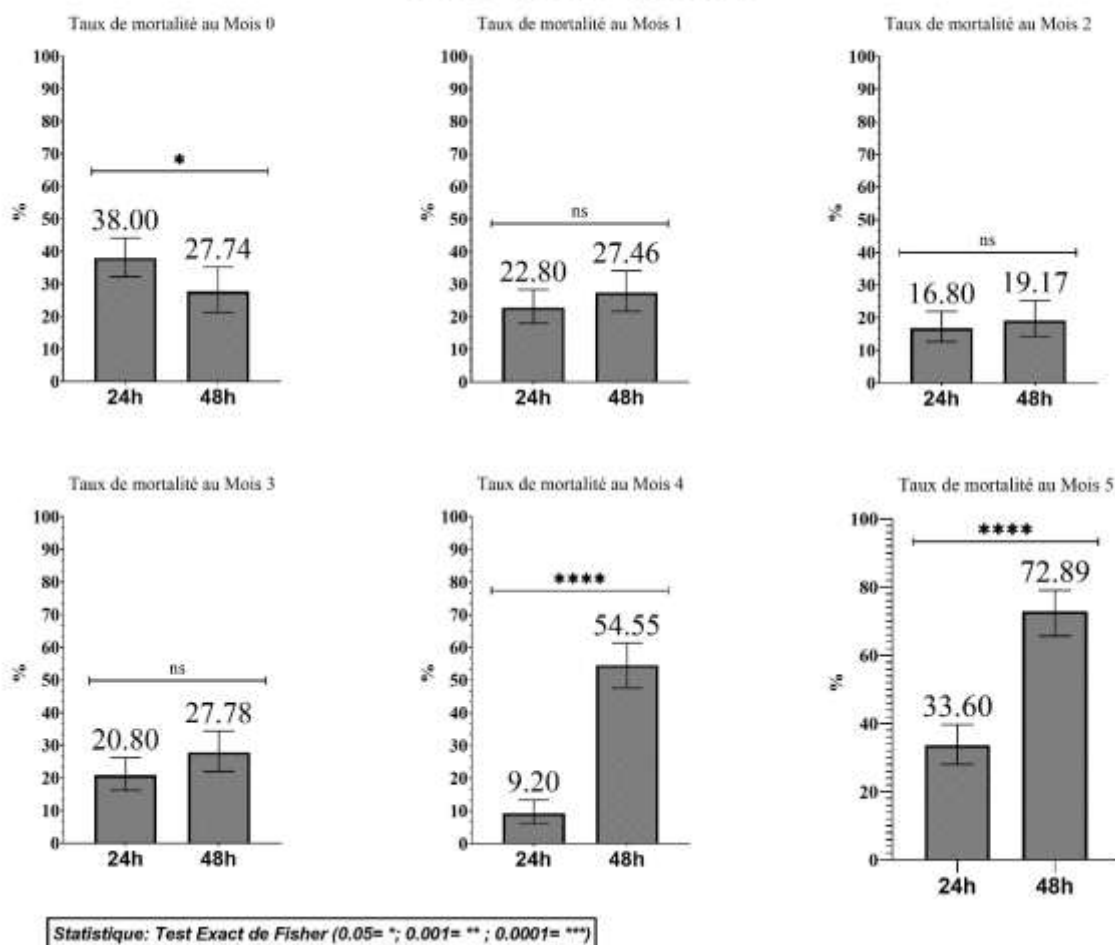


Figure 15 : Taux de mortalité des Femelles à 24 et 48 heures sur six mois

Le taux de mortalité du mois 5 à 48 h 72,89% était largement supérieur de celui de 24 h 33,6% avec une différence statistique significative de ($P < 0,0001$).

Au mois 2 les taux étaient respectivement de 19,17% à 48 h et 16,80% à 24 h, il n'y a aucune différence significative ($P < 0,5335$).

5.3 Détermination du niveau de toxicité par contact

Au cours de l'évaluation de la toxicité par contact, les moustiques femelles qui ont été exposées au cône test étaient vivants, aucun n'était tombé mort.

Nous pouvons dire que la toxicité par contact n'a pas d'effet négatif sur les appâts.

5.4 Appréciation de la durabilité des ATSB pendant six mois

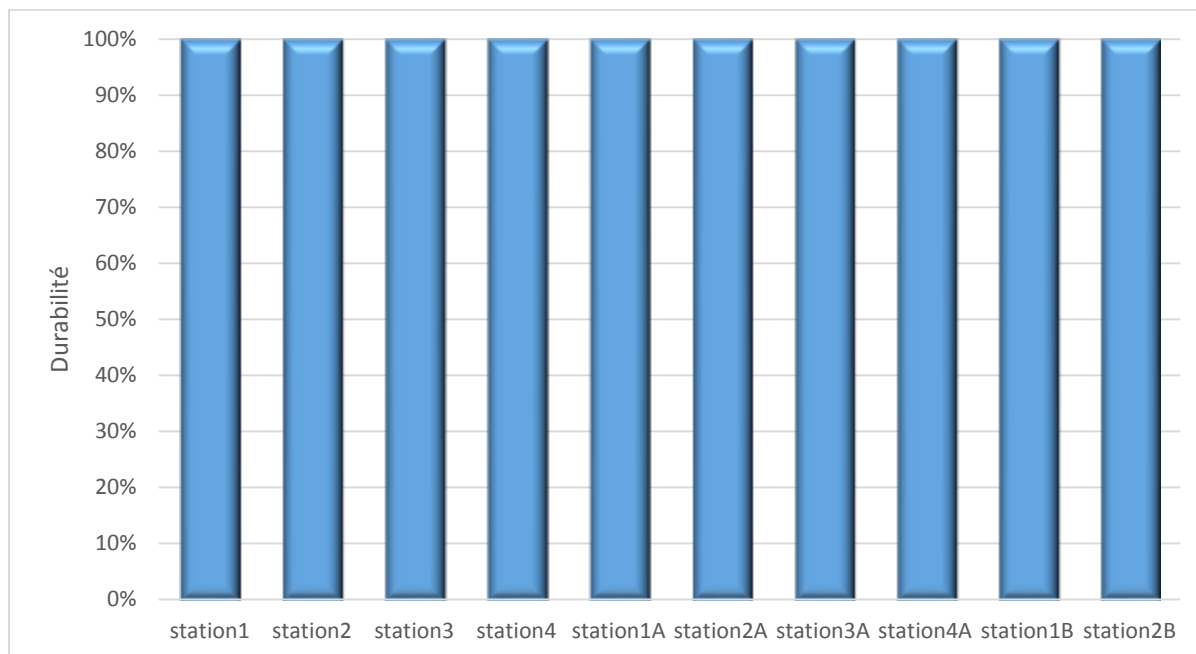


Figure 16: Evaluation de l'intégrité des membres (ATSB) pendant six (6) mois d'exposition
 Durant les périodes d'expérience et d'observation de l'intégrité des appâts, aucune d'entre elle n'a été endommagée, elles étaient restées intactes.



**COMMENTAIRES ET
DISCUSSIONS**

6 COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS

La lutte anti vectorielle occupe une place importante dans la lutte contre les maladies à transmission vectorielle telles que le paludisme, malheureusement les méthodes de lutte anti vectorielle actuellement utilisées pour le paludisme sont confrontées à de nombreux problèmes tels que la survenue des résistances et leur impact sur l'environnement. D'où l'importance de développer de nouvelles stratégies comme les ATSB afin d'apporter d'éventuelles solutions aux problèmes actuels de la lutte anti vectorielle. Ces outils sont innovants pour lutter contre les moustiques dont le principe est basé sur l'attraction et l'induction de la mort des moustiques par ingestion de sucre toxiques. Cet outil a été évalué dans le cadre de cette étude.

Dans le cadre de cette évaluation des ATSB, l'étude s'était focalisée sur le taux d'engorgement d *An. gambiae sensu lato* à 24 et à 48 heures après exposition à ATSB, le taux de mortalité des populations d'*An. gambiae s.l.* à 24 et à 48 heures après exposition à l'ATSB, la toxicité par contact et la durabilité des membranes ATSB pendant six (6) mois.

6.1 Taux d'engorgement d'*An. gambiae s.l.* à 24 et à 48 heures après exposition à ATSB

Dans les expériences au laboratoire les taux d'alimentation sucre étaient de 86,4 et 94,23% des mâles à 24 h et 48 h et 36 et 73,61% des femelles à 24 h et 48 h pendant l'exposition des moustiques à l'ATSB. Ceux-ci montrent que les moustiques modifient leur habitude alimentaire au profit des stations d'appât et au détriment de sucres de source naturelles et à n'importe quel moment de l'exposition à la membrane ATSB. Ces résultats sont comparables à celui d'A Sadik et al en 2018 au Mali qui ont obtenu les taux d'alimentation des femelles de 98,44 et 96,54%. La différence est que dans leur étude seule les femelles étaient exposées aux membranes ATSB et, c'est une étude qui a duré une année. Par contre dans la présente étude, ceux sont les mâles et les femelles qui étaient exposés aux appâts. Les mâles et les femelles gorgés à 24 h et 48 h ont été observés et c'est une étude courte de six mois.

6.2 Mortalité des populations d'*An. gambiae s.l.* à 24 heures et 48 heures après exposition à ATSB

Les taux de mortalité des moustiques mâles étaient de 86,40 et 94,12% à 24 h et 48 h, les femelles ont été de 33,60 et 72,89% qui peuvent être comparés à celui de A Sadik et al (2018) qui ont obtenu un taux de mortalité qui était quasiment de 100% sur les appâts au Mali.

Les ATSB tuent les moustiques tant féminins et masculins attirés par le sucre, nourris avec une solution sucrée contenant un agent anti-moustique et pouvant être utilisés à l'intérieur ou à l'extérieur des maisons.

6.3 Niveau de toxicité par contact

Les moustiques exposés à la membrane à travers le test cône ne nous donnent aucun taux de mortalité mais étaient tous colorés. Cela pourrait être due la quantité de dose que les moustiques ont ingéré était inférieure a la dose minimale létale.

6.4 Appréciation de la durabilité des membranes ATSB pendant (six) 6 mois

Durant toute la période de l'expérience les taux d'engorgement et de mortalité des anophèles étaient élevés. Ces résultats suggèrent que l'ATSB avec la toxicité due au Dinotefuran est efficace.

Durant les six mois d'observation, aucune membrane n'a été endommagée. Elles étaient restées intactes cela explique que les tests d'expérience et d'observation de l'intégrité des appâts (ATSB) peuvent aller au-delà de six (6) mois.



CONCLUSION

7 CONCLUSION

Les résultats de cette étude de durabilité durant les six (6) mois d'essai ont pu démontrer que les taux de mortalité et d'engorgement des moustiques par la membrane ATSB sont restés élevés durant toute la période de l'expérience. L'ATSB est efficace contre les *An. gambiae s.l.* aussi bien mâles que femelles. Cette étude a montré également que même une seule exposition des moustiques à l'ATSB au 1^{er} test pouvait influencer de façon significative les paramètres entomologiques et la longévité des vecteurs du paludisme. L'ATSB constitue donc une nouvelle palette d'utilisation pour les classes d'insecticides qui agissent comme toxines intestinales et qui n'ont pas encore été exploitées.



RECOMMENDATIONS


8 RECOMMANDATIONS

Aux autorités politiques et sanitaires

- D'utiliser les ATSB dans les gestions intégrées de la lutte anti vectorielle du pays.

Aux chercheurs

- De mener des études similaires sur les aèdes.
- De réfléchir sur de nouvelles méthodes plus simplifiées et plus efficaces de l'utilisation de l'ATSB.



REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES

1. Simon F, Lavarde V. Paludisme. Rev du Prat. 1999;49(1):81–7.
2. World Health Organization. World Malaria Report 2019. Geneva. [Internet]. 2019. 185 p. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/330011>
3. Paludisme au Mali: « plus de 1700 décès enregistrés en 2018 » - Studio Tamani : Toutes les voix du Mali : articles, journaux et débats en podcast [Internet]. [cited 2019 Oct 14]. Available from: <https://www.studiotamani.org/index.php/themes/societe/19768-paludisme-au-mali-des-avancees-enregistrees-dans-la-lutte-contre-la-maladie>
4. Programme National de Lutte Contre le Paludisme. Plan Strategique De Lutte Contre Le Paludisme 2013 - 2017. 2017;
5. Delmont J. Paludisme et variations climatiques saisonnières en savane soudanienne d'Afrique de l'Ouest. Vol. 22, Cahiers d'études africaines. 1982. p. 117–33.
6. Daman SYLLA. Etude du comportement trophique et des paramètres entomologiques chez *Anopheles gambiae* s.l. en utilisant des OBET et la capture de nuit à Selingue, Mali. Keneya.net. Faculté de Médecine et Odonto-Stomatologie; 2015.
7. Djogbénou L, Régional I, Publique DS. Djogbénou (2009) Med Trop 69, 160-164 (Lutte antivectorielle contre le paludisme et résistance des vecteurs aux insecticides en Afrique). 2009;
8. Singh B, Daneshvar C. Human infections and detection of plasmodium knowlesi. Clin Microbiol Rev. 2013;26(2):165–84.
9. Organisation Mondiale de la Santé. Entomologie du paludisme et lutte antivectorielle: Guide du participant. 2014;200.
10. Université toulouse iii-paul sabatier étudiants subsahariens a toulouse et prevention du paludisme d'importation. 2018; Available from: <http://thesesante.ups-tlse.fr/2140/1/2018TOU31021.pdf>
11. Dia I, Lochouarn L, Diatta M, Sokhna CS, Fontenille D. Préférences trophiques des femelles endophiles d' *Anopheles funestus* au Sénégal . Entomol médicale. 2000;(1):210–3.

12. Une carte globale de vecteurs du paludisme 2013.
13. Delmont J. Paludisme et variations climatiques saisonnières en savane soudanienne d'Afrique de l'Ouest. Cah d'études africaines. 1982;22(85):117–33.
14. Sinka ME, Bangs MJ, Manguin S, Rubio-Palis Y, Chareonviriyaphap T, Coetzee M, et al. A global map of dominant malaria vectors. Parasites and Vectors [Internet]. 2012;5(1):69. Available from: <http://www.parasitesandvectors.com/content/5/1/69>
15. PHYSIOLOGIE ET IMPACTS DE QUELQUES ALTERAGÈNES ÉTUDE DE *Gambusia affinis* (POISSON , TÉLÉOSTÉEN) 2013/5/8.
16. Mamoudou Maïga. Distribution spatio-temporelle des gîtes larvaires et caractérisation moléculaire du complexe *An. gambiae* s.l dans le village de Bancoumana, Mali. 2005; Available from: <http://www.keneya.net/fmpos/theses/2006/med/pdf/06M213.pdf>
17. Carnevale P, Robert V. Les anophèles : biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle. 2009.
18. Helinski MEH, Hassan MM, El-Motasim WM, Malcolm CA, Knols BGJ, El-Sayed B. Towards a sterile insect technique field release of *Anopheles arabiensis* mosquitoes in Sudan: Irradiation, transportation, and field cage experimentation. Malar J. 2008;7:1–10.
19. Munhenga G, Brooke BD, Chirwa TF, Hunt RH, Coetzee M, Govender D, et al. Evaluating the potential of the sterile insect technique for malaria control: Relative fitness and mating compatibility between laboratory colonized and a wild population of *Anopheles arabiensis* from the Kruger National Park, South Africa. Parasites and Vectors. 2011;4(1).
20. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). La lutte antivectorielle -Méthodes à usage individuel et communautaire. 1999;449. Available from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42211/1/9242544949_fr.pdf
21. Fiorenzano JM, Koehler PG, Xue R De. Attractive toxic sugar bait (ATSB) for control of mosquitoes and its impact on non-target organisms: A review. Int J Environ Res Public Health. 2017;14(4).
22. Appats DES. Des moyens de lutte a employer -. 1946;(14):435–7.

FICHE SIGNALITIQUE

NOM : ZIGUIME

PRENOM : YOUNOUSSA

TITRE DE LA THESE : SUSCEPTIBILITE DES POPULATIONS D'ANOPHELES GAMBIAE SENSUS LATO AUX APPATS DE JUS SUCRE TOXIQUE ET LEUR DURABILITE

VILLE DE SOUTENANCE : Bamako

ANNEE DE SOUTENANCE /2020

VILLE D'ORIGINE : Mali

LIEU DE DEPOT : Bibliothèque de la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie

SECTEUR D'INTERET : Entomologie et Parasitologie Médicale.

Le paludisme est transmis par un protozoaire appartenant au genre Plasmodium.

Les méthodes attrayantes d'appâts sucrés toxiques (ATSB) sont des outils innovants de lutte contre les moustiques basés sur le principe d'attraction et de les tuer par ingestion. Ceux sont des membranes fines, noirâtres et perméables par les moustiques.

Les moustiques adultes ont été collectés sur le terrain et acheminés au laboratoire pour l'élevage.

La génération F1 à F5 âgé de 3 à 5 jours a été triée en lot de 25 mâles et 25 femelles pour l'exposition aux ATSB.

Ainsi, l'exposition des moustiques à la membrane nous a donné les taux d'alimentation de 86,4% des mâles et 36% des femelles à 24 h. A 48 h les taux étaient de 94,23% des mâles et 73,61% des femelles. Les plus faibles taux d'alimentation des mâles étaient de 44% à 24 h et 71,29% à 48 h. De même, 9,20% et 19,14% respectivement à 24 h et 48 h pour des femelles. Ceux-ci montrent que les moustiques modifient leur habitude alimentaire au profit des stations d'appât et au détriment de sucres de sources naturelles et à n'importe quel moment de l'exposition à la membrane ATSB. Ces résultats sont comparables à celui d'A Sadik et al en 2018 au Mali qui ont obtenu les taux d'alimentation des femelles de 98,44 et 96,54%.

Les taux de mortalité des moustiques mâles étaient de 86,40 et 94,12% à 24 h et 48 h et celui des femelles ont été de 33,60 et 72,89% qui peuvent être comparés à celui de A Sadik et al (2018) qui ont obtenu un taux de mortalité qui était quasiment de 100% sur les appâts au Mali.

L'ATSB est efficace contre les *An. gambiae s.l.* aussi bien mâles que femelles. Cette étude a montré également que même une seule exposition des moustiques à l'ATSB au 1^{er} test pouvait influencer de façon significative les paramètres entomologiques et la longévité des vecteurs du paludisme. L'ATSB constitue donc une nouvelle palette d'utilisation pour les classes d'insecticides qui agissent comme toxines intestinales et qui n'ont pas encore été exploitées.

Mots-clés : Susceptibilité, Appâts de jus sucré toxique ATSB Durabilité, *anophèles gambiae sensus lato*, Toxicité par contact.

INSTRUCTIONS

NAME: ZIGUIME

FIRST NAME: YOUNOUSSA

TITLE OF THE THESIS: SUSCEPTIBILITY OF ANOPHELES GAMBIAE SENSUS LATO POPULATIONS TO TOXIC SUGAR-JUICE BAIT AND THEIR SUSTAINABILITY

CITY OF SUPPORT: Bamako

YEAR OF SUPPORT/2020

CITY OF ORIGIN: Mali

PLACE OF DEPOSIT: Library of the Faculty of Medicine, Pharmacy and Odonto-Stomatology

AREA OF INTEREST: Entomology and parasitology Medical.

Summary

Malaria is transmitted by a protozoan belonging to the genus Plasmodium.

Attractive Toxic Sugar Baits (ATSB) methods are innovative mosquito control tools based on the principle of attracting and killing mosquitoes by ingestion. These are thin, blackish and permeable device to mosquitoes.

Adult mosquitoes were collected in the field and transported to the laboratory for rearing.

The F1 to F5 generation aged 3 to 5 days was sorted into batches of 25 males and 25 females for ATSB exposure. Thus, exposure of the mosquitoes to the device gave us feeding rates of 86.4% of males and 36% of females at 24 hours. At 48 h the rates were 94.23% of males and 73.61% of females. The lowest feeding rates for males were 44% at 24 hours and 71.29% at 48 hours. Similarly, 9.20% and 19.14% respectively at 24 h and 48 h for females. These show that mosquitoes change their feeding habits in favour of bait stations and to the detriment of sugars from natural sources and at any time of exposure to the ATSB device. These results are comparable to those of A Sadik et al in 2018 in Mali, who obtained female feeding rates of 98.44 and 96.54%.

Mortality rates for male mosquitoes were 86.40 and 94.12% at 24 h and 48 h and for females were 33.60 and 72.89% which can be compared to that of A Sadik et al (2018) who obtained a mortality rate that was almost 100% on bait in Mali. ATSB is effective against *An. gambiae s.l.* both males and females. This study also showed that even a single exposure of mosquitoes to ATSB in the first test could significantly influence the entomological parameters and longevity of malaria vectors.

ATSB thus represents a new range of uses for classes of insecticides that act as intestinal toxins and which have not been exploited yet.

Keywords: Susceptibility, Toxic sweet juice bait ATSB Durability, *Anopheles gambiae sensu lato*, Contact toxicity.

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'Hippocrate, je promets et je jure, au nom de l'Être suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité, dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail; je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès la conception.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses !

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

Je le jure !