

Ministère de L'Enseignement  
Supérieur et de la Recherche  
Scientifique

République du Mali

Un Peuple-Un But-Une Foie



FACULTE DE MEDECINE ET D'ODONTO-STOMATOLOGIE

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2014-2015

N° .....

**THESE**

**Etude du comportement trophique et des paramètres entomologiques chez *Anopheles gambiae s.l* en utilisant des OBET et la capture de nuit à Sélingue, Mali**

Présentée et soutenue publiquement le **15 /04/2015**

Devant la Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie

**Par Monsieur : Daman Sylla**

**Pour l'obtention du grade de Docteur en Médecine (Diplôme d'Etat)**

**Jury**

**Président : Pr Amadou Diallo**

**Membre : Pr Guimogo Dolo**

**Co-directeur de Thèse : Dr Mamadou B. COULIBALY**

**Directeur de Thèse : Pr Sékou F. TRAORE**

Cette thèse est basée sur un travail sponsorisé par la Fondation Bill & Melinda Gates à travers l'université Notre Dame sous le numéro 45114. Ce soutien ne constitue pas, de la part du sponsor, un endossement des points de vue exprimés dans le présent document.

## **Comportement tropique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

### DEDICACES

Je dédie ce travail:

➤ **A ALLAH**

Le Tout Puissant Miséricordieux, vous qui savez tout, sans la bénédiction duquel rien ne serait possible, et à son prophète (SLS) merci infiniment d'avoir rendu ce travail possible.

➤ **A la mémoire de mon père : Feu Youssouf Sylla**

Vous qui m'avez donné la vie, votre souhait le plus ardent était qu'un de vos enfants fasse la santé. Cher père ce travail n'est que le résultat de vos multiples efforts ! Que le Miséricordieux vous pardonne et vous gratifie de sa bonté inestimable à l'au-delà !

➤ **A mes mères :**

- **Feu Awa Simaga**

Pour votre amour et les sacrifices consentis pour moi depuis l'enfance,

- **Minata Bagayoko**

Je suis une somme d'expérience dont la sienne a sans nul doute été la plus importante et la plus déterminante. Ton indulgence, ton sens élevé du pardon, le courage avec lequel tu as abordé les rudes épreuves de la vie, ont constitué une vitrine pour moi. Trouve ici le début de ton réconfort !

➤ **A ma grand-mère : Sitan Diawara**

Où que tu sois saches que je pense à toi et que je t'aime de tout mon cœur.

- **A mes sœurs :** Sata Sylla, Feu Minata Sylla, Kadia Sylla, Maimouna Sylla, Sanata Sylla, Sitan Sylla, Mama Sylla, Djenebou Sylla, Awa Sylla, que ce travail soit pour vous un ciment de consolidation du lien de sang qui nous unit.

## Comportement tropique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

---

- **A mes frères:** Oumar Sylla, Abdoulaye Sylla, Feu Samou Sylla, Yacouba Sylla, Feu Madou Sylla, Chaka Sylla, Moussa Sylla, Gaoussou Sylla, Ali Sylla, vous êtes et vous serez toujours mes premiers compagnons pour la vie. Je vous souhaite une longue vie et beaucoup de chance.
- **A mes tantes et oncles :** Fodé Bagayoko, Magaran Monzon Bagayoko, Adam Traoré, Rokia Bakayoko, Mariam Doumbia, vos soutiens, conseils, et assistances ne m'ont jamais manqué. Toute ma reconnaissance envers vous.
- **A mes cousins et cousines :** Mariam Bagayoko, Fatoumata Bagayoko, Yaya Bagayoko, Saran Bagayoko, Yah Bagayoko, Bassala Bagayoko, Soriba Bagayoko, Sitan Bagayoko, Mohamed Magaran Bagayoko, Bagayoko Fousseny, je penserai toujours très fort à vous.
- **Au Dr Mariam Cheick Traoré :** merci pour ces moments passés ensemble et pour ton soutien.
- **A mes amis (es):** Dr Belco Tamboura, Dr Hama Maiga, Aboubacar Touré, Rhally Ag Ikna, Dr Oumar Dabou, Dr Tidiane Ball, Dr Oumar Niangadou, Dr Hassane Diallo, Ismael Touré, Dr Youssouf Traoré, Dr Fousseny Dougnon, Dr Sidy N'diaye Bathily, Boisé Traoré, Fousseny Kane, Samba Traoré, Sadick, Dior Tiam, Mahamadou Karabosso. Vous avez été des guides et des éclaireurs pour moi, vous avez toujours répondu à mes attentes. Je ne saurai vous remercier assez et j'implore le tout puissant qu'il exauce nos vœux de bonheurs et renforce d'avantage nos liens d'amitié.
- **A l'équipe du laboratoire de génomique et protéomique:** Dr Brehima Diallo, Dr Amadou Guindo, Dr Amadou Sékou Traoré, Dr Harouna Soumaré, Dr Sidy Doumbia, Dr Ladj Camara, Baba M'barakou, Bilkissou Yagoure, Cheick Oumar Camara, Fatoumata Sissoko. Toute ma gratitude envers vous qui aviez été mes plus proches collaborateurs avec qui j'ai partagé tellement de bon moment. J'ose espérer, continuer à avoir de si bonnes relations de collaboration avec vous.

## **Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

### **REMERCIEMENTS**

- A tout le corps professoral de la Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie et de la faculté de pharmacie.
- A tout le personnel du Centre de Recherche et de Formation sur le paludisme de la Faculté de Médecine, d'Odonto-stomatologie (MRTC/FMOS), en particulier :

Pr. Sékou F. Traore, Pr. Seydou Doumbia, Dr. Mamadou B. Coulibaly, Dr Ibrahima Baber, Dr Agnès Guindo, Dr Mahamadou Diakité, Dr Nafomon Sogoba, Dr Adama Dao, Pr Djibril Sangaré, Pr Guimogo Dolo, Dr Alpha S. Yaro, Dr Mahamoudou B. Touré, Oumou Niaré, Moussa Diallo et Moussa Keita.

- A Adama Sacko, Boubacar Coulibaly, Lakamy Sylla, Youssouf Sinaba : vous êtes des hommes exceptionnels, vos apports a été immenses dans l'élaboration de ce document. Vous étiez toujours présents chaque fois que j'ai eu besoin de vous.
- Au Dr. Sakaï affectueusement appelé grand père merci infiniment pour ton soutien moral et financier.
- A tous les informaticiens du MRTC : Sidy Soumaré, Mady Diarra, Amadou Diallo, Madame Soumaré Salimata, Issa Bah.
- A tous les chauffeurs du MRTC : Bakoro Niare, Sayon Sidibé, Abdoulaye Koné, Mamadou Keïta, Touré, Mallé, Moumine Diallo, Madou Diallo, Adama Dembélé.
- Aux garçons de salle du MRTC, Bemba Diarra, David Diarra et Noumori Coulibaly.
- A la grande famille des bâtisseurs, c'est le moment de vous réaffirmer toute ma gratitude et ma reconnaissance, pour tous les bons moments que j'ai passé avec vous et j'espère qui vont continuer.
- A la famille Fomba du Point G, j'ai toujours été bien accueillie chez vous, et je me suis toujours senti en famille avec vous, je penserai toujours fort à vous.
- A toute l'équipe du service de gynéco-obstétrique du CSREF C5.
- A tous ceux qui ont un jour constitué une entrave à mon épanouissement, merci car vous m'avez aussi donné plus de cœur.
- A tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

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

## **Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

**Hommage aux membres du jury**

**A notre maître et président du jury**

**Professeur Amadou Diallo**

Professeur agrège en biologie et zoologie a la FMOS

Recteur honoraire l'université de Bamako

Cher Maitre,

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 maitre respectable et admire

Soyez rassure de notre profonde reconnaissance.

## **Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

**A notre Maître et juge**

**Professeur Guimogo 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.

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail malgré vos multiples occupations. Vos critiques et suggestions ont été d'un apport inestimable pour la réalisation de ce document. Nous avons apprécié vos qualités humaine et scientifique. Votre sens élevé du travail bien fait, votre disponibilité constante et surtout votre patience font de vous un maître respectable et admiré. Trouvez ici toute notre admiration ainsi que notre profond respect.

## **Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

**A notre Maître et co-directeur de thèse**

**Docteur Mamadou B. COULIBALY**

Docteur en Pharmacie, PhD en sciences biologiques, chef de l'unité génomique et proteomique du 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 parti. Soyez rassuré de notre profond attachement et de notre entière confiance.

## **Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

**A notre maître et directeur de thèse**

**Professeur Sékou Fantamady Traoré,**

PhD en entomologie médicale, Professeur de Génétique et de biologie cellulaire,

Co-directeur du MRTC

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 respectable et admiré.

Nous sommes très fiers d'être parmi vos élèves. Soyez rassuré, cher maître de notre profonde gratitude et de nos sincères remerciements.



## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

---

### Liste des abréviations

**ADN** : acide désoxyribonucléique

*An.* : *Anopheles*

*s.s.*: *sens strict*

*s.l.*: *sens large*

**CDC**: center of disease control

**CN**: capture nocturne

**CSCOM** : centre de santé communautaire

**CSP**: circumsporozoite surface protéin

**SPP** : désigne un genre complet, sans préciser une espèce et sp: (species)

**ELISA**: enzyme linked immuno-sorbent assay

**EDS** : enquête démographique et de santé

**EXT** : extérieur

**FMOS** : faculté de médecine et d'odontostomatologie

**Fig** : figure

**IAS** : indice d'antigène sporozoïtique

**INT** : intérieur

**Map** : malaria atlas project

**MILD** : moustiquaires imprégnée d'insecticide de longue durée d'action

**m.a** : agressivité

**OBET** : odor baited trap

**ODRS** : office de développement rural de Selingué

## **Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

**OMS**: organisation mondiale de la santé

**P**: *Plasmodium* ; ex. *P. Falciparum*

**PCR** : Polymerase chain reaction

**PID**: pulvérisation intradomiciliaire

**PNLP** : programme national de lutte contre le paludisme

**PHN** : piquêre homme nuit

**TIE** : taux d'inoculation entomologique

**TP** : taux de parturité

**%** : pourcentage

# Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

---

## Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>17</b>
<b>2. Objectifs .....</b>	<b>20</b>
2.1. Objectif général .....	20
2.2. Objectifs spécifiques.....	20
<b>3. Généralité.....</b>	<b>21</b>
3.1. Parasite du paludisme et son cycle biologique .....	21
3.1.1. Parasites du paludisme .....	21
3.1.2. Cycle biologique du parasite.....	21
3.2. Les vecteurs .....	24
3.2.1. Systématique .....	24
3.2.2. Rappel sur les anophèles.....	25
3.2.3. Bio-écologie des anophèles.....	27
3.2.4. Cycle biologique .....	27
3.3. Lutte contre le paludisme .....	29
3.3.1. Lutte contre le parasite.....	29
3.4 Préférences trophiques et environnementales.....	35
3.4.1 Choix des hôtes .....	35
3.4.2 Préférences de l'hôte et les lieux de piquûre ; Facteurs environnementaux .....	36
3.4.3 Identification des préférences trophiques.....	37
3.4.4 Importance des études d'attractivités dans la lutte anti-vectorielle .....	37
<b>4. METHODES.....</b>	<b>38</b>
4.1 Site d'étude .....	38
4.1.1 Géographie.....	38
4.1.2 Structure de la population selon le genre et l'âge .....	41
4. 2 Période et type d'étude .....	42
4. 3 Comportement trophique des moustiques .....	42

## **Comportement trophique d'Anopheles gambiae et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

4.3.1. Choix des hôtes .....	42
4.3.2. Choix du lieu de piqûre des moustiques (intérieur vs extérieur) .....	44
4.4 Paramètres entomologiques mesurés.....	46
4.4.1 La fréquence des différentes espèces.....	46
4.4.2 Agressivité (ma).....	47
4.4.3 Taux de parturité.....	47
4.4.4 Taux d'infection et identification des formes moléculaires .....	47
4.4.5 Taux d'inoculation entomologique (h).....	47
4.6 Analyses et interprétations des résultats .....	48
4.7 Considération éthique .....	48
<b>5. Résultats .....</b>	<b>49</b>
5.1 Choix des hôtes par les moustiques .....	49
5.1.1 Fréquence culicidienne par type d'hôte .....	49
5.1.2 Paramètres entomologiques en fonction des hôtes .....	52
5.1.3 Identification des formes moléculaires en fonction des hôtes .....	53
5.2 Comportement de piqûre des moustiques (l'intérieur versus l'extérieur) .....	56
5.2.1 Comparaisons des nombres de moustiques collectés (intérieur vs extérieur) par mois.....	56
5.2.2 Rythme horaire d'agressivité .....	61
5.2.3 Les paramètres entomologiques calculés pour la capture nocturne.....	66
<b>6. DISCUSSION .....</b>	<b>70</b>
6.1. Composition vectorielle.....	70
6.2 Choix des moustiques pour différents hôtes.....	70
6.3 Choix du lieu de piqûre des vecteurs (extérieur versus l'intérieur).....	71
6.4 Etudes entomologiques de la transmission.....	72
<b>7. Conclusion et recommandations .....</b>	<b>73</b>
7.1 Conclusion.....	73

**Comportement trophique d’Anopheles gambiae et d’autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

7.2 Recommandations .....	74
<b>8. Références bibliographiques .....</b>	<b>75</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Cycle de développement du plasmodium.....	23
<b>Figure 2:</b> Systématique des <i>Culicidea</i> .....	24
<b>Figure 3:</b> Distribution géographique, carte de répartition des 3 vecteurs dominants du paludisme en Afrique. (Sinka et al, 2012) .....	26
<b>Figure 4:</b> Cycle biologique d'un <i>Anophelinae</i> .....	28
<b>Figure 5:</b> Site d'étude .....	40
<b>Figure 6:</b> dispositif des OBET.....	42
<b>Figure 7:</b> Diagramme de traitement des échantillons des OBET .....	44
<b>Figure 8:</b> Un volontaire en capture.....	45
<b>Figure 9:</b> Aspect d'ovaire des moustiques disséqués.....	45
<b>Figure 10:</b> Diagramme de traitement des échantillons de la CN .....	46
<b>Figure 11:</b> Proportion d'espèces de moustiques collectées de Septembre 2011 à Décembre 2012 dans l'OBET-Humain (hôte=humain).....	49
<b>Figure 12:</b> Proportion d'espèces de moustiques collectées de Septembre 2011 à Décembre 2012 dans l'OBET-Veau (hôte=Veau).....	50
<b>Figure 13:</b> Proportion d'espèces de moustiques collectées de Septembre 2011 à Décembre 2012 dans l'OBET-Chèvres (hôte=Chèvres).. .....	51
<b>Figure 14:</b> Proportion d'espèces de moustiques collectées de Septembre 2011 à Décembre 2012 dans l'OBET-Poules (hôte=poules). .....	51
<b>Figure 15:</b> Formes moléculaires dans l'OBET-Humain .....	53
<b>Figure 16:</b> Formes moléculaires dans l'OBET-Veau.....	54
<b>Figure 17:</b> Formes moléculaires dans l'OBET-Chevres .....	55
<b>Figure 18:</b> Formes moléculaires chez les poules.....	55
<b>Figure 19:</b> Total d' <i>An. gambiae s l</i> capturés par mois et en fonction de l'intérieur et l'extérieur. ....	56
<b>Figure 20:</b> Total d' <i>An. pharoensis</i> capturés par mois et en fonction de l'intérieur et l'extérieur. ....	57
<b>Figure 21:</b> Total d' <i>An. coustani</i> capturés par tranche horaire en fonction de l'intérieur et l'extérieur. ....	58
<b>Figure 22:</b> Total de <i>Culex spp</i> capturés par mois et en fonction de l'intérieur et l'extérieur. ....	59

## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

---

<b>Figure 23:</b> Total de <i>Mansonia spp</i> capturés par tranche horaire en fonction de l'intérieur et l'extérieur. ....	60
<b>Figure 24:</b> Total d' <i>An. gambiae s.l</i> capturés par tranche horaire en fonction de l'intérieur et l'extérieur. ....	61
<b>Figure 25:</b> Total d' <i>An. pharoensis</i> capturés par tranche horaire en fonction de l'intérieur et l'extérieur. ....	62
<b>Figure 26:</b> Total d' <i>An. coustani</i> moustiques capturés par tranche horaire en fonction de l'intérieur et l'extérieur. ....	63
<b>Figure 27:</b> Total de <i>Culex spp</i> capturés par tranches horaires en fonction de l'intérieur et de l'extérieur. ....	64
<b>Figure 28:</b> Total de <i>Mansonia spp</i> capturés par tranche horaire en fonction de l'intérieur et l'extérieur. ....	65
<b>Figure 29:</b> Total d' <i>An. gambiae s l</i> pares de l'intérieur et l'extérieur de septembre 2011 à décembre 2012. ....	66
<b>Figure 30:</b> Proportions de la forme moléculaire M à l'intérieur versus l'extérieur .....	68
<b>Figure 31:</b> Forme S à l'intérieur versus l'extérieur .....	69

Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Rotation des hôtes en fonction du site : carré latin .....	43
<b>Tableau 2:</b> Taux d'infection des moustiques collectés par mois (OBET-Humain) de septembre 2011 à décembre 2012 .....	52
<b>Tableau 3:</b> Comparaison entre le taux d'infection à l'intérieur versus l'extérieur .....	66
<b>Tableau 4:</b> Comparaison mensuelle d'agressivité et du taux d'inoculation entomologique à l'extérieur versus l'intérieur .....	67
<b>Tableau 5:</b> Comparaison entre les formes moléculaire d' <i>An.gambiae s.l.</i> à l'intérieur versus l'extérieur .....	69



## **1. Introduction**

Le paludisme est une érythrocytopathie due à un hématozoaire du genre *Plasmodium*, transmis par la piqûre infectante d'un moustique, l'anophèle femelle. Cinq espèces de *Plasmodium* ont été décrites chez l'homme. Il s'agit de: *P. falciparum* (Hingst 1934), la plus dangereuse, *P. malariae* (Laveran, 1881), *P. ovale* (Stephens, 1922), *P. vivax* (Grassi et Feletti, 1890), et *P. knowlesi* (Singh et al. 2004) qui, initialement décrit chez les primates, a été récemment trouvé infectant pour l'homme.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) relevait en 2013, 198 millions de cas de paludisme dans le monde et 584 000 décès dont 83% en Afrique.

Touchant principalement les pays les plus pauvres, le paludisme constitue une entrave sérieuse à leur développement économique (Sachs et Malaney, 2002). L'impact socio-économique du paludisme est très important qu'il s'agisse des coûts financiers (40% des dépenses publiques de santé dans les pays de forte endémicité) ou de l'appauvrissement des populations (avec une baisse du produit intérieur brut de près de 1,3% dans les pays à forte transmission). Le financement de la lutte anti palustre a été multiplié par trois depuis 2005 ; s'élevant à 2,7 milliards de \$ en 2013 (OMS, 2014).

Au Mali, le nombre de cas de paludisme recensés dans les formations sanitaires publiques et communautaires est estimé à 1.367.218 et les décès à 1.680 (OMS, 2014). Les principaux vecteurs du paludisme rencontrés au Mali sont les membres du complexe *Anopheles gambiae*, abondants surtout en saison pluvieuse, et *Anopheles funestus*, plus fréquent en saison sèche fraîche (Touré et al, 1979). Ce modèle de répartition temporelle des vecteurs favorise la transmission continue du paludisme pendant toute l'année. Ainsi on parle de transmission par relai (Sangaré D, 2000). La faune culicidienne, par sa large distribution et sa forte abondance est responsable de la nuisance et de la transmission des maladies parasitaires comme le paludisme et la filariose lymphatique. La lutte anti vectorielle reste une composante essentielle de la lutte contre le paludisme.

Cette lutte est basée de façon générale sur deux stratégies majeures : 1] l'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticide et 2] la pulvérisation intra-domiciliaire. A ceux-ci s'ajoutent l'utilisation des répulsifs, la lutte anti larvaire entre autres. La MII et la PID ciblent en général les moustiques endophiles et endophages ; celles-ci peuvent affecter la préférence de l'hôte pour les moustiques d'où la nécessité d'avoir des connaissances solides sur

## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

---

l'attractivité des vecteurs à l'extérieur et à l'intérieur des habitations humaines. Avec ces données on pourra recueillir des renseignements précieux sur le degré, le moment et les lieux de contact entre le vecteur et son hôte. Des études précédentes sur les préférences de piqûres ont utilisé des moustiques qui se reposent soit à l'intérieur des habitations humaines soit dans des habitats d'animaux. Des études en Ethiopie ont indiqué que la préférence apparente d'*An. arabiensis* de piquer les bovins était due à la prédilection de piquer à l'extérieur dans la nuit où les bovins étaient gardés. Lorsque des pièges à appâts ont été installés à l'extérieur *An. arabiensis* a montré une préférence à piquer les humains (Tirados et al. 2006). La connaissance des préférences trophiques des anophèles est nécessaire pour orienter les activités de lutte contre le paludisme vers la mise au point de nouvelles méthodes de lutte.

Une étude sur les préférences de l'hôte des membres du complexe d'*An. gambiae*, (Gillies MT, 1972) a montré qu'*An. merus* pique plus régulièrement qu'*An. gambiae s.s.* sur un veau au lieu d'un être humain lorsque les deux hôtes étaient dans une même cabine. Cette étude a aussi montré qu'il était possible de changer la préférence d'*An. gambiae s.s.* (d'anthropophile en zoophile) au sein de six générations. Le rôle des odeurs de l'hôte est mal connu dans la détermination des préférences (Gillies MT, 1972). Gillies a remarqué, que les espèces de moustiques ayant des habitudes alimentaires limitées sont susceptibles de répondre à une grande distance aux odeurs spécifiques à l'hôte, plutôt que les espèces ayant des habitudes diversifiées.

Des évidences démontrent que le choix de l'hôte par le moustique n'est pas aléatoire. Dans un même environnement (naturel et expérimental) des espèces différentes choisiront différents hôtes (Garrett-Jones C et al, 1980) ; (Gillies MT, 1972). Cette spécificité indique fortement que des facteurs génétiques et/ou environnementaux peuvent jouer un rôle dans le choix de l'hôte. En conséquence, le choix de l'hôte par le moustique ne serait pas aléatoire. De plus, si le choix de l'hôte aurait une base génétique alors l'introduction de gènes qui prédisposent un moustique à piquer les non-humains pourrait être une stratégie de lutte génétique contre le paludisme (Collins et Besansky, 1994).

A propos d'*An. gambiae* et d'*An. arabiensis*, il y a des évidences indirectes qui suggèrent que le repas sanguin est persistant et est génétiquement déterminé au moins chez *An. arabiensis*. Petrarca et Beier en 1992 ont montré que différents spécimens d'*An. arabiensis* piquent l'humain ou le bovin selon le caryotype au niveau de l'inversion 2Rb.

## **Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

Carlos Costantini et *al*, 1993 ont réalisé une étude sur la préférence de l'hôte (homme, veau) pour les moustiques à l'intérieur et à l'extérieur des habitations humaines ; cette étude a montré qu'*An. gambiae s.s* était plus attiré par l'homme qu'*An. arabiensis*. C'est dans cette même perspective que nous avons initié cette étude dans le but d'évaluer les variations dans le choix des hôtes (homme, veau, poules, chèvres) pour différentes espèces de moustiques dans le périmètre de riziculture irriguée de Sélingué, au Mali.

Les résultats de cette étude permettront de compléter les précédentes études, en vue d'une meilleure compréhension sur le comportement trophique d'*An. gambiae.s.l* ainsi que d'autres espèces de moustiques fréquemment rencontrées en fonction des types d'appâts.

## **2. Objectifs**

### **2.1. Objectif général**

Etudier le comportement trophique d'*An. gambiae s.l* et d'autres espèces de moustiques fréquemment rencontrées à l'égard des hôtes dans le périmètre irrigué de Sélingué.

### **2.2. Objectifs spécifiques**

- Déterminer les préférences trophiques relatives de la population culicidienne pour les hôtes ;
- Comparer le comportement de piqûre des femelles culicidiennes à l'intérieur et à l'extérieur à travers la capture nocturne sur appât humain ;
- Déterminer quelques paramètres entomologiques d'*An. gambiae s.l*: le taux de parturité ; l'agressivité ; le taux d'infection ; le taux d'inoculation entomologique et les formes moléculaires.

### **3. Généralité**

#### **3.1. Parasite du paludisme et son cycle biologique**

##### **3.1.1. Parasites du paludisme**

Le paludisme est causé par un parasite protozoaire du genre *Plasmodium* (*Phylum apicomplexa*). Chez les humains, il est essentiellement causé par *P. falciparum* (prépondérant en régions tropicales), *P. malariae*, *P. ovale* (espèce la plus rare, hormis en Afrique de l'Ouest) et *P. vivax* (espèce la moins exigeante en température). Ces dernières années, on a enregistré aussi certains cas humains de paludisme à *P. knowlesi* (Singh et al, 2004). Le *Plasmodium* se présente sous la forme d'un protozoaire très petit (1 à 2  $\mu\text{m}$  selon les formes). La coloration au May-Grünwald-Giemsa montre qu'il est constitué d'un cytoplasme bleu pâle entourant une vacuole nutritive claire et contenant un noyau rouge et du pigment brun-doré ou noir (hémozoïne).

##### **3.1.2. Cycle biologique du parasite**

Le cycle évolutif du *Plasmodium* est assez complexe et nécessite deux hôtes, un hôte intermédiaire (l'humain) et un hôte définitif (la femelle hématophage d'un moustique du genre *Anopheles* du grec *anôphelês* signifiant : inutile).

Les *Plasmodies* ou *Plasmodia* accomplissent leur reproduction sexuée chez le moustique anophèle femelle. Le cycle commence lorsqu'un anophèle femelle prend son repas sanguin sur un humain porteur de gamétocytes (Fig. 1). Les gamétocytes ingérés avec le sang étant résistants aux enzymes digestives de l'anophèle, se transforment en gamètes mâles et femelles puis se fusionnent en un œuf libre ou zygote dans l'estomac du moustique et évolue en une forme mobile, appelé ookinète.

Ce dernier quitte la lumière du tube digestif, se fixe à la paroi externe de l'estomac sous forme d'oocyste qui après maturation et rupture, libérera des sporozoïtes.

Les sporozoïtes migrent via l'hémolymphe jusqu'aux glandes salivaires du moustique d'où ils pourront être injectés à un nouvel hôte humain à l'occasion de la prise d'un nouveau repas de sang. Il semblerait que c'est par un phénomène de chimiotactisme que les sporozoïtes retrouvent le chemin des glandes salivaires du moustique. Pour *P. falciparum*, moins de 25 % d'entre eux atteignent les glandes salivaires (Vaughan et al, 1994). On ignore si les autres s'égarer dans les différents tissus du moustique ou s'ils sont activement éliminés par une réaction de défense du moustique (Robert et al. 1998). Pour *P. vivax*, 15 % des moustiques

## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

---

avec des oocystes échouent à développer des sporozoïtes dans les glandes salivaires (Gamage-Mendis et *al*, 1993).

La durée de ce cycle, également appelé cycle sporogonique (ou extrinsèque) du *Plasmodium* chez l'anophèle, est largement dépendante de la température. Par exemple, pour *P. falciparum* il n'y a pas de maturation en dessous de 18°C ou au dessus de 35°C, elle est maximale vers 24°C. La durée du cycle diminue avec l'accroissement de la température (Talman et *al*, 2004). Chez l'homme, les sporozoïtes inoculés lors de la piqûre infectante vont atteindre le foie où ils pénètrent dans les hépatocytes, s'y multiplient et produisent des schizontes hépatiques (phase exo-érythrocytaire). Arrivé à maturité (8 à 10 jours), le schizonte éclate et libère des milliers de mérozoïtes dans la circulation sanguine. Chez *P. vivax* et *P. ovale*, un stade dormant de schizontes hépatiques (hypnozoïtes) peut persister dans le foie et libérer les mérozoïtes après plusieurs mois. Les mérozoïtes vont ensuite pénétrer les érythrocytes (hématies), y effectuent une multiplication asexuée pour produire de nouveaux mérozoïtes érythrocytaires qui ainsi libérés dans la circulation sanguine infecteront des érythrocytes sains (phase érythrocytaire). Des formes sexuées de parasites vont apparaître dans le sang durant la phase érythrocytaire. Ce sont des gamétocytes, libres et non pathogènes pour l'hôte qui pourront être prélevés par un anophèle à l'occasion d'un repas sanguin et ainsi assurer la survie de l'espèce.

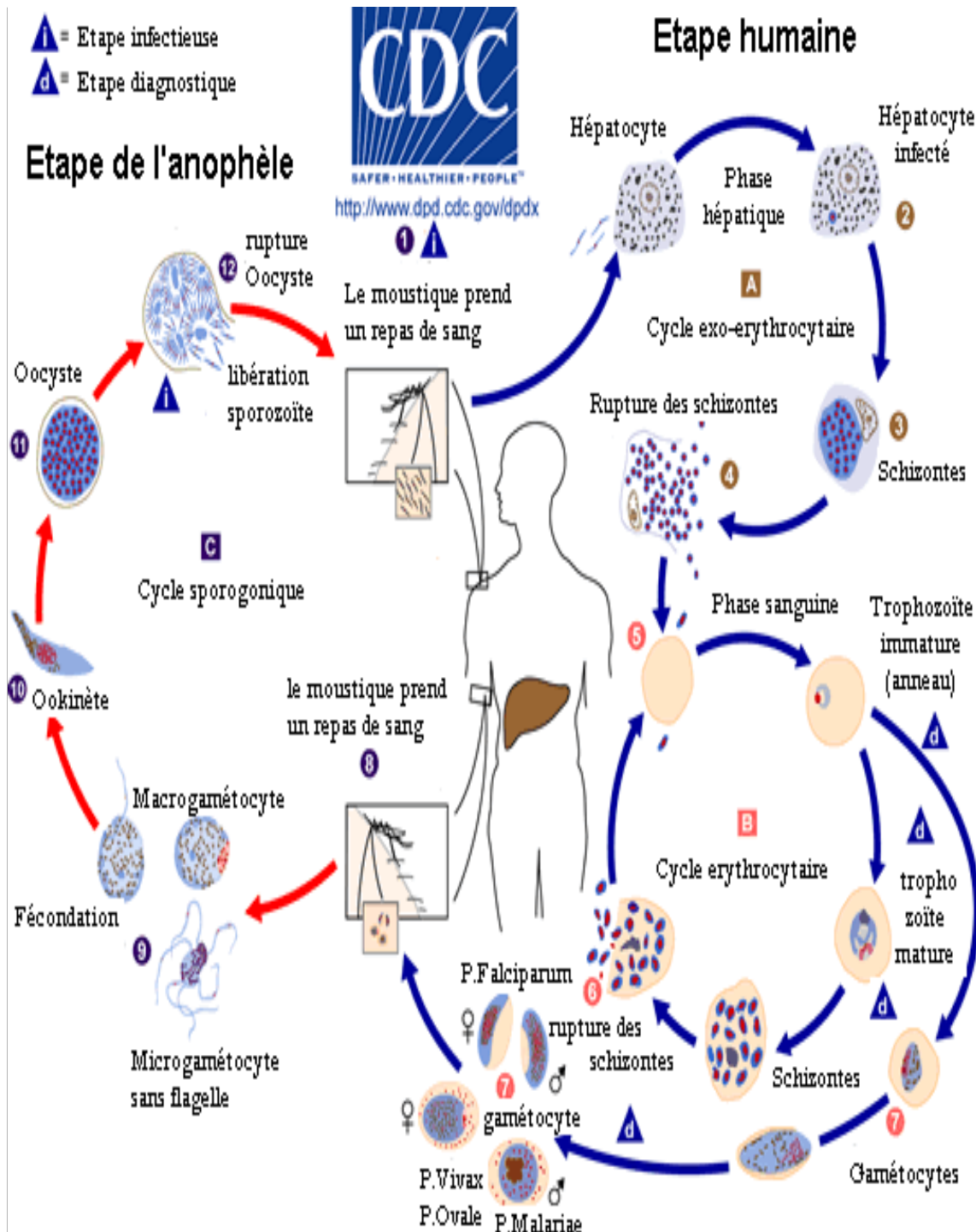


Figure 1: Cycle de développement du plasmodium

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 à l'embranchement des *Arthropoda*, aux classes des *Insecta*, à l'Ordre des *Diptera*, à la famille des *Culicidae*, au genre *Anopheles* (Fig. 2).

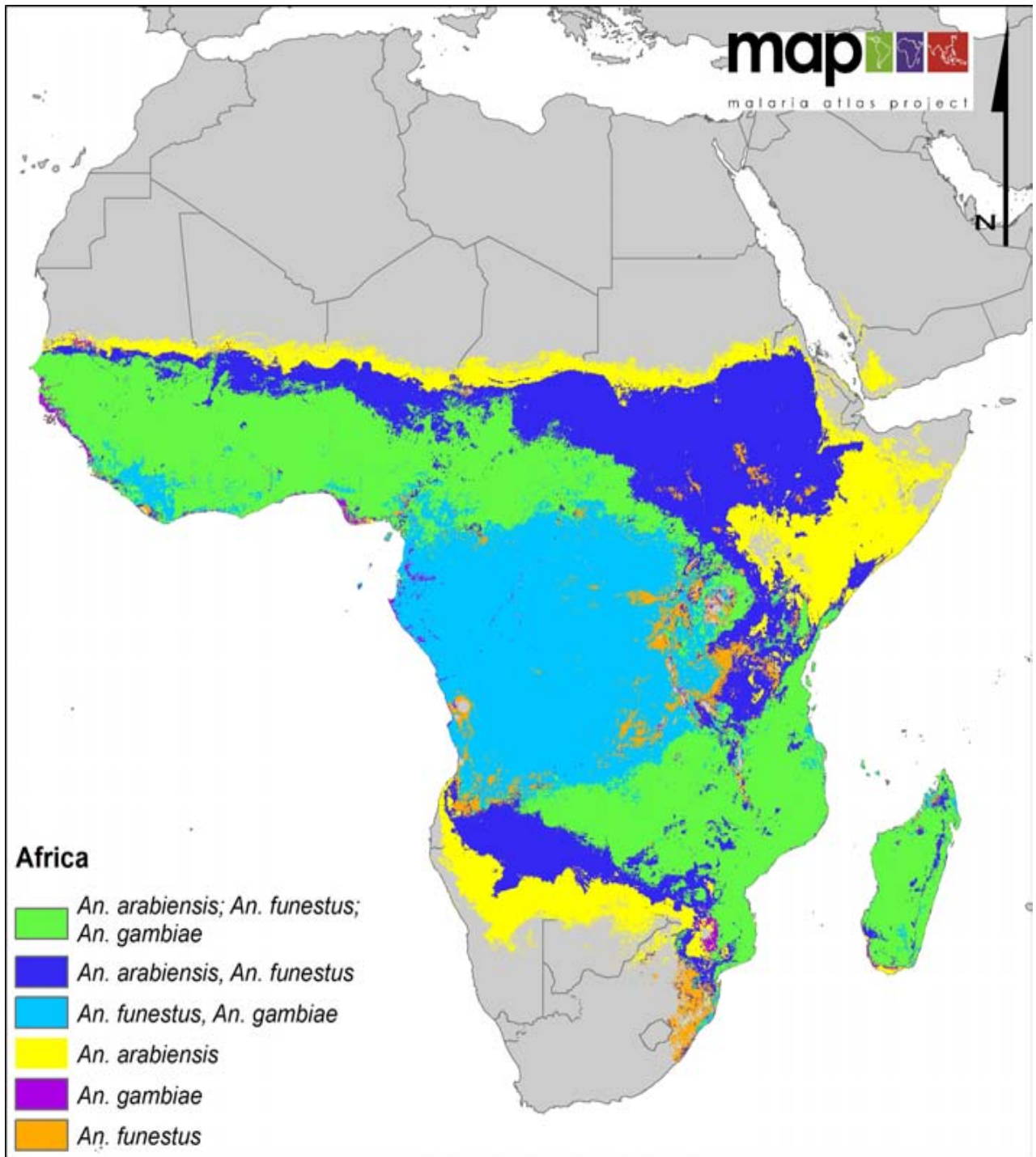
**Figure 2:** Systématique des *Culicidea* (Source : *La Transmission Vectorielle du Paludisme. Didier Fontenille, Communication Personnelle, IRD-Montpellier, France. Consulté le 29-01-2015 sur [www.mpl.ird.fr/ur016](http://www.mpl.ird.fr/ur016)*)



### **3.2.2. Rappel sur les anophèles**

Le genre *Anopheles* comprend 465 espèces sur la planète dont environ 70 sont capables de transmettre le *Plasmodium* (Sinka et al, 2012).

En Afrique, les vecteurs majeurs sont au nombre de sept : *Anopheles gambiae s.s.*, *An. arabiensis*, *An. funestus*, *An. merus*, *An. melas*, *An. moucheti*, *An. nili*. Parmi ces sept espèces trois sont qualifiés d'espèces vectrices dominantes (Fig 3) : *An. gambiae s.s.* et *An. funestus* (Sinka et al, 2012). Il existe une vingtaine de vecteurs d'importance locale et/ou secondaire. Au Mali, *An. funestus* et *An. gambiae s.l.* sont les principaux vecteurs du paludisme (Touré et al, 1979). La systématique est en constante progression, suivant les nouvelles découvertes génétiques. C'est ainsi que récemment, les formes moléculaires M et S du complexe *Anopheles gambiae* ont été érigées en taxons distincts : *An. coluzzii* pour la forme M et *An. gambiae* pour la forme S (Coetzee et al, 2013).



**Figure 3:** Distribution géographique, carte de répartition des 3 vecteurs dominants du paludisme en Afrique. (Sinka *et al*, 2012)

### **3.2.3. Bio-écologie des anophèles**

Le développement de l'anophèle est caractérisé par la succession de deux phases. La première est aquatique et recouvre la vie pré-imaginale, c'est-à-dire l'œuf, les stades larvaires et la nymphe. La seconde est aérienne et concerne l'adulte ou imago.

Les anophèles femelles pondent généralement les œufs dans les gîtes pas trop profonds et pas trop sales. Ces gîtes peuvent être permanents ou semi permanents. La pluie est en général synonyme de nouveaux lieux de reproduction. Mais les précipitations peuvent aussi détruire des gîtes existants. Par exemple de fortes pluies peuvent transformer des bassins en ruisseaux et entraver le développement des œufs et des larves, ou simplement les rejeter aux abords. Pour survivre, il leur faut au moins 50 ou 60 % d'humidité relative. Des valeurs plus élevées allongent leur durée de vie, permettant d'infecter davantage de personnes.

Les moustiques se nourrissent généralement de nectar de fleurs, de jus sucrés et d'exsudats végétaux, qui leur servent de source d'énergie pour voler. Cependant les femelles ont également besoin d'un repas de sang pour la maturation des œufs et la ponte (Mack et al, 1979a ; Mack et al, 1979b). Après l'accouplement, la femelle anophèle cherche un hôte à piquer, de préférence pendant la nuit. Les pièces buccales sont capables de pomper le sang par le canal alimentaire et, en même temps, injecter de la salive (pouvant contenir les sporozoïtes infectants) par le canal salivaire. Après un ou plusieurs repas de sang (selon les espèces) puis la digestion, les anophèles femelles vont pondre dans les gîtes les plus proches. Cette séquence d'activités (repas sanguin, maturation des œufs et ponte) est répétée plusieurs fois au cours de la vie du moustique et s'appelle le cycle trophogonique (ou cycle gonotrophique). La durée de ce cycle dépend de l'espèce, mais surtout de la température externe. Chez *An. gambiae*, par exemple, le cycle dure 48 heures lorsque la moyenne de température jour/nuit est de 23°C. Le nombre d'œufs pondus après chaque cycle varie en fonction de l'espèce.

### **3.2.4. Cycle biologique**

Le cycle biologique est le processus au cours duquel se déroulent les différentes étapes d'évolution des stades de développement du moustique. Il s'accomplit entre 9 et 20 jours pour *An. gambiae s.l* (Yaro et al, 2007) et 20 à 30 pour *An. funestus* (J Hamon et al, 1955) à la température de 27°C.

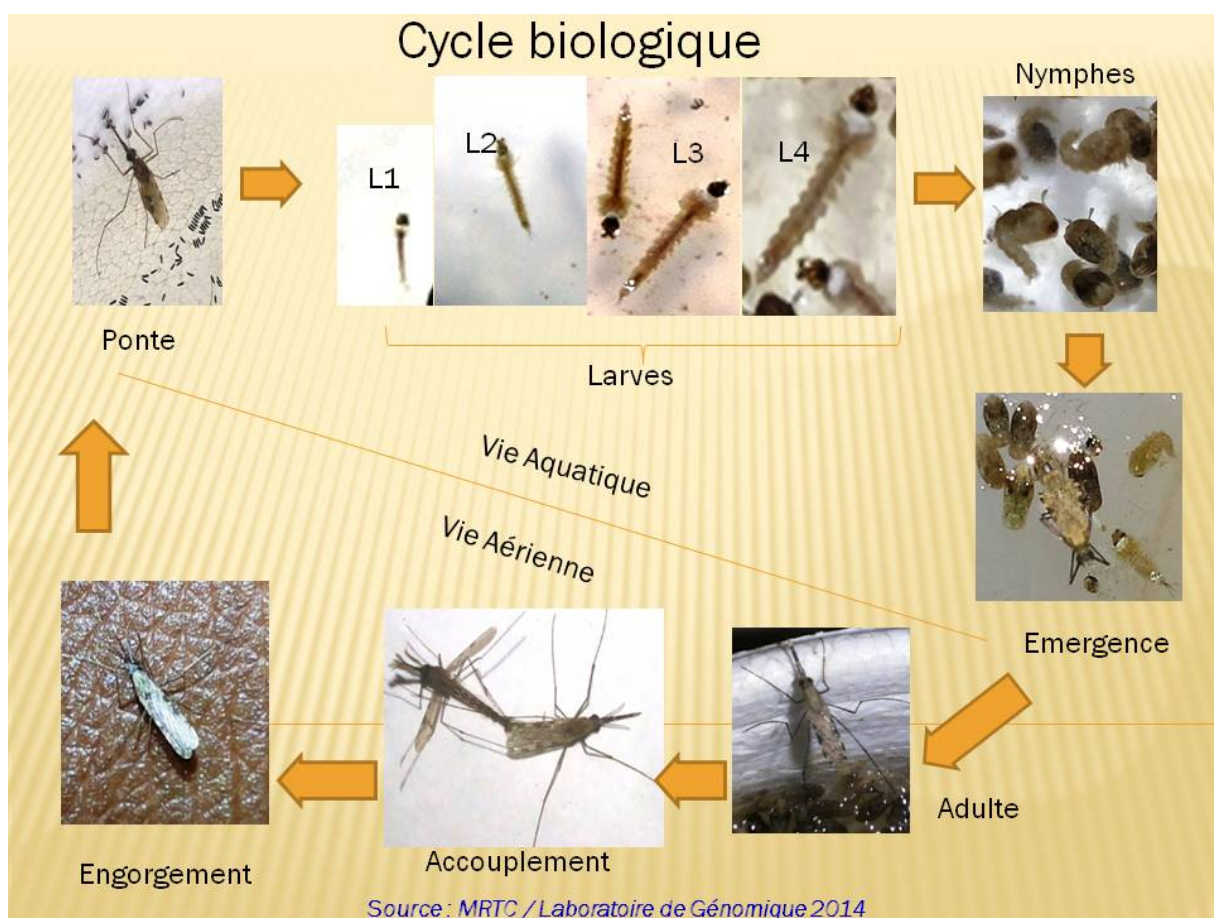
Le cycle de vie des moustiques est caractérisé par la succession de deux phases (fig 4).

➤ La phase aquatique ou pré-imaginale : Les anophèles femelles pondent dans l'eau, des œufs fécondés. De chaque œuf éclot une larve qui se nourrit en filtrant les débris organiques et les micro-organismes de l'eau. On distingue quatre stades de développement larvaires

## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

appelés L1, L2, L3, L4 obtenues par trois mues de croissance ou exuviation. Le stade larvaire se termine avec la formation d'une forme intermédiaire appelée nymphe.

La phase aérienne ou imaginale : Au bout de quelques jours, la nymphe effectue une mue particulière, la nymphose conduisant à l'imago, la forme adulte du moustique. Les *Anopheles* adultes se nourrissent généralement de jus sucrés, de nectars et d'autres exsudats végétaux, mais les femelles ont aussi besoin de sang pour la maturation de ses œufs (Mack S.R et al, 1979a) . Ainsi, de part ce besoin nutritif, l'anophèle femelle pique des hôtes vertébrés. C'est lors de ce repas de sang qu'elle peut ingérer ou injecter les parasites.



**Figure 4:** Cycle biologique d'un *Anophelinae*

### **3.3. Lutte contre le paludisme**

La lutte contre le paludisme s'articule autour de deux composantes : l'une vise à détruire l'agent pathogène, l'autre est orientée contre le vecteur.

#### **3.3.1. Lutte contre le parasite**

##### **3.3.1.1 Diagnostic biologique**

Le diagnostic biologique est nécessaire pour confirmer l'infection à *Plasmodium* dans tous les cas présumés de paludisme. Ce diagnostic est basé sur la mise en évidence du parasite, ou de ses métabolites ou encore des anticorps induits par l'infection. Il peut se faire par l'une des trois méthodes suivantes:

##### ➤ **La microscopie**

Son principe est basé sur la mise en évidence du parasite dans le sang du patient. Le mode opératoire consiste à prélever le sang périphérique du patient et à réaliser une goutte épaisse (GE) et un frottis mince sur une lame de microscope. Après fixation du frottis mince au méthanol, la lame est colorée en la plongeant dans une solution de Giemsa à 10%. Ce réactif a la propriété de se fixer sur le cytoplasme du parasite (pour donner une coloration bleue) et sur son noyau (pour donner une coloration rouge). La lecture se fait au microscope optique à fond clair à l'objectif X100. La microscopie permet en outre d'identifier l'espèce de *Plasmodium* et d'estimer la densité parasitaire (nombre de parasites/ $\mu$ l) dans le sang du patient. La microscopie demeure le test de diagnostic de référence avec un seuil de détection d'environ 50 parasites par microlite de sang (Moody 2002a).

##### ➤ **La Réaction de Polymérisation en Chaîne (P.C.R)**

La PCR est une technique de biologie moléculaire basée sur la détection d'une séquence spécifique d'acides nucléiques. Elle permet une détection inter ou intra spécifique de *Plasmodium* avec un seuil inférieur à 5 parasites par microlitre de sang (Moody 2002a). Cependant son coût élevé et les moyens techniques qu'elle requière limitent son utilisation comme technique de diagnostic de routine.

##### ➤ **Les tests de diagnostic rapides**

Pour simplifier le diagnostic biologique du paludisme, les tests de diagnostic rapides (TDR) par immuno-chromatographie sur bandelette ont été développés (Moody 2002a ; Moody et Chiodini 2002b). Précédemment, le principe de ces tests était basé sur la détection d'anticorps sériques anti-*Plasmodium* produits à la suite de l'infection. Cependant certains anticorps sériques persistent dans le sang après l'infection occasionnant souvent des faux positifs

(Khairnar et *al.* 2009). Ces dernières années des améliorations ont été réalisées, et le principe s'appuie sur la mise en évidence des antigènes parasitaires exprimées à la surface des hématies infectées (Berry et *al.*, 2009). Les TDR sont très simples à réaliser et vont probablement devenir des outils indispensables dans le diagnostic du paludisme.

### **3.3.1.2 Chimiothérapies**

Elles visent soit à éliminer les parasites déjà présents chez un hôte (chimiothérapie), ou à prévenir l'installation et le développement du parasite chez lui (chimio prophylaxie). Les substances antipaludiques (schizonticides et gamétocides) sont actives contre les différents stades sanguins du parasite. Mais il a été constaté que les parasites résistent de plus en plus aux médicaments antipaludiques les plus usuels comme la chloroquine (Kouriba, 1993).

#### **➤ Chimiothérapie curative**

Les combinaisons thérapeutiques à base d'artémisinine (CTA). Elles ont été recommandées par l'OMS comme traitement de première intention pour le paludisme simple (WHO, 2002). Il s'agit de deux molécules à effet complémentaire : un dérivé de l'artémisinine très efficace mais avec une très courte demi-vie (l'artéméther, l'artésunate ou dihydroartémisinine) combiné avec une autre molécule à longue demi-vie mais à action lente (telle que l'amodiaquine, la luméfántrine, la pipéraquline ou la pyronaridine) Bien qu'encore très efficace contre le parasite en Afrique, des cas d'échecs thérapeutiques aux CTA ont été rapportés dans certaines zones endémiques, notamment au Cambodge et en Thaïlande (Dondorp et *al.* 2010).

#### **➤ La chimiothérapie préventive**

La Chimio-prévention du Paludisme Saisonnier (CPS) consiste à administrer une combinaison de médicaments antipaludiques, à dose thérapeutique, durant la saison où le risque lié à la transmission du paludisme est le plus élevé. Cette action a pour but de réduire la morbidité et la mortalité liée au paludisme. Les médicaments recommandés pour cette stratégie sont une combinaison de Sulfadoxine-Piryméthamine (SP) et d'Amodiaquine (AQ). Ces médicaments ont un effet actif d'environ 28 jours après leur administration. En 2012 le ministère de la santé du Mali a intégré la CPS selon la nouvelle nomenclature établie par l'OMS en 2011.

### **3.3.2 Lutte contre les vecteurs**

Cette lutte repose sur la rupture ou la réduction du contact homme-vecteur. Elle s'adresse à la fois aux larves ainsi qu'aux adultes.

#### **3.3.2.1. Lutte anti-larvaire**

La lutte anti-larvaire s'effectue au niveau des gîtes. Elle consiste à la destruction des larves avant qu'elles ne deviennent adultes. Cette lutte peut être : biologique, chimique ou physique.

##### ➤ **La lutte biologique**

###### • **Poissons larvivores**

L'exemple le plus connu est celui des poissons qui se nourrissent de larves de moustiques. Parmi les principales espèces à avoir été introduites avec succès dans différents pays, il ya 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 (OMS, 2003).

###### • **Bactéries Larvicides**

Elles produisent des toxines qui tuent les larves après ingestion. Les bactéries *Bacillus thuringiensis israelensis* (*Bti*) et *Bacillus sphaericus* sont des bactéries qui produisent des toxines très actives contre les larves par ingestion. 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 *Bti* 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 (Fillinger et al, 2003).

##### ➤ **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 (PNEP Tunisie ; [www.malaria.tun](http://www.malaria.tun) ). On distingue :

- **Le drainage**

Consiste à faire évacuer les eaux du gîte à l'aide d'un drain vers un milieu récepteur naturel (tel qu'un cours d'eau, un terrain perméable etc.). 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. Un récepteur naturel situé loin du gîte est souhaitable par contre, une petite distance entre récepteur naturel et gîte constitue un facteur qui limite l'efficacité de cette méthode.

- **La mise en boîte**

Consiste à concentrer les eaux dans les tranchées, et par conséquent réduire la superficie du gîte à empoissonner. Cette méthode est utilisée dans le cas de gîtes importants situés loin d'un milieu récepteur naturel. Cette mise en tranchée nécessite la connaissance du volume d'eau dans le gîte.

- **Le captage des résurgences**

Ces résurgences proviennent de nappes artésiennes ou nappes captives. Pour éliminer ces résurgences, on peut utiliser soit :

- Le pompage à l'aide d'une pompe à moteur ;
- L'aménagement en puits ;
- Le drainage vers un milieu récepteur naturel.

Ces solutions sont fonction du débit de la source et de la permanence de celle-ci.

- **Le comblement**

Certains gîtes peuvent être éliminés à l'aide de matériaux (pierres, débris de construction). Cette méthode est surtout utilisée pour des gîtes de petite superficie, et de profondeur moyenne. Ces matériaux devront souvent être transportés sur de longues distances, et nécessitent d'être compactés, ce qui élève le coût du comblement.

A part la solution de comblement, toutes les autres nécessitent souvent un travail d'entretien (désherbage, curage, mise à bord franc, etc.).

D'une façon générale, les travaux de génie sanitaire peuvent être améliorés par un reboisement au niveau des surfaces assainies.

- **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

.(<http://lozere.org/perso/malaria/lutteantilarvaire.htm>).



➤ *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. Le Temephos qui a une très faible toxicité pour les mammifères a été le larvicide le plus utilisé dans le monde (OMS, 2003).

Il peut être mis dans l'eau d'irrigation et a aussi été utilisé pour traiter les eaux de boisson. Il est cependant toxique pour les poissons ;

- **Le Fenthion** : est aussi communément utilisé à condition de ne pas contaminer l'eau de boisson et les aliments.

**3.3.2.2. Lutte contre les adultes (ou imagos)**

➤ *Pulvérisations intradomiciliaires d'insecticides (PID)*

Les pulvérisations intradomiciliaires d'insecticides restent une option valable pour la lutte contre le paludisme. L'application continue d'insecticides à grandes échelles n'est pas durable à cause du coût, de la résistance acquise par le vecteur et des risques pour l'environnement. Ces pulvérisations ne peuvent être employées avec succès que lorsque :

- la majorité des vecteurs est endophile ;
- la population vectrice est sensible aux insecticides choisis ;
- une fraction importante des maisons ou des structures situées dans les aires opérationnelles offre des surfaces pulvérisables (OMS, 2003).

➤ **Moustiquaires et autres supports traités par insecticides**

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. Toutefois, leur mise en place nécessite une adaptation aux conditions locales. En tant que matériel de prévention et de contrôle du paludisme, le programme de distribution des MILD se fixe sur certains principes de base :

- protection personnelle dans les groupes à haut risque ;
- réduction de la transmission avec pour cible une couverture élevée.

Les moustiquaires traitées aux pyréthrinoïdes, à cause de leur effet excito-répulsif sur la plupart des espèces vectrices, protègent plus que les moustiquaires non traitées. Les rideaux, les hamacs traités avec les insecticides pyréthrinoïdes réduisent le contact homme vecteur (OMS, 2003).

➤ ***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, 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 (OMS, 2003).

➤ ***Répulsifs***

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

• ***Spirales anti-moustiques***

Les spirales sont très populaires et largement utilisés. 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 moustiques (OMS, 2003).

➤ ***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 (Helinski et al. 2008), (Munhenga et al. 2011), soit réfractaires aux parasites qu'ils transmettent habituellement (Tabachnick, 2003).

Les manipulations intéressent également les plantes telles 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.

### **3.4 Préférences trophiques et environnementales**

#### **3.4.1 Choix des hôtes**

La localisation d'un hôte par l'insecte est le résultat d'une série d'événements comportementaux et physiologiques complexes. Les *Culicidae* ne font pas exception à cette règle (Laird M, 1946; Carpenter et al. 2008; Gerry et al. 2009; Linden et al., 2010). Les *Culicidae* hématophages montrent une formidable diversité dans les classes et espèces d'hôtes qu'ils sélectionnent pour se gorger, à savoir humains, mammifères domestiques et sauvages, oiseaux, reptiles, amphibiens voire même d'autres insectes. A l'échelle de l'espèce, un moustique hématophage peut sélectionner une classe de vertébrés, et à l'intérieur de la classe, une espèce d'hôte donnée. Cette tendance à sélectionner un type d'hôte est appelée préférence trophique (Clements, 1999). La sélection d'hôte est sous influence d'un compromis entre le bénéfice obtenu en se nourrissant sur l'hôte le plus approprié et le risque de mourir lors de l'attente de cet hôte (Lyimo et Ferguson, 2009). Cette alternative peut aboutir à la sélection d'un comportement trophique spécialisé (choix pour un hôte donné ou même pour un individu donné) ou opportuniste (large panel d'hôtes). D'un point de vue théorique, un comportement opportuniste peut être sélectionné dans un environnement où les probabilités de rencontre avec les hôtes sont faibles, Ainsi l'avantage de se nourrir sur l'hôte le plus approprié ne compense plus le risque pris à attendre cet hôte : le premier hôte acceptable rencontré devient une cible (Viennet et al, 2011). A l'inverse, un comportement spécialisé peut être sélectionné dans un environnement présentant une large possibilité de rencontre avec l'hôte le plus approprié. Ces choix théoriques d'hôtes dépendent de nombreux facteurs, vraisemblablement en interaction et variables dans le temps et l'espace qui en compliquent leur compréhension. Il peut exister en effet des facteurs spécifiques à la morphologie et physiologie de l'hôte (taille, odeur, couleur), aux comportements (mouvements de défense), à l'environnement (écosystème, disponibilité et densité de population d'hôte) (Blackwell et al, 1994 ; Kelly, 2001).

La taille du repas de sang dépend également de plusieurs facteurs (température ambiante, stade du cycle trophogonique, âge de l'insecte, source des repas de sang). La prise d'un large repas de sang (souvent deux à trois fois le poids de l'insecte adulte) permet différents bénéfices : i) minimiser le risque de se faire écraser lors de mouvements de défense en réduisant le nombre de visites, ii) optimiser la rencontre avec l'hôte, lorsqu' il se fait rare, iii) éviter la perte d'énergie lors de ses diverses attaques et la concentrée sur une autre fonction

## **Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

(reproduction, digestion, maturation des œufs) (Viennet et al. 2011). Les insectes hématophages peuvent sélectionner leurs hôtes en fonction de la qualité de leur sang. Un changement d'hôte peut faire varier le taux de développement, la quantité du repas de sang, l'efficacité de la digestion, la longévité et la fécondité (Nelson et al, 1975). Ainsi, chez les insectes présentant une « concordance gonotrophique », c'est-à-dire qui développent et pondent leurs œufs à chaque fois qu'un repas de sang a été pris (Swellengrebel, 1929), le nombre d'œufs serait directement proportionnel au volume du repas de sang (Goodschild, 1955).

### **3.4.2 Préférences de l'hôte et les lieux de piqûre ; Facteurs environnementaux**

Il existe plusieurs types de moustiques, dont les préférences trophiques et environnementales varient. Les femelles de la plupart des espèces culicidiennes prennent leurs repas sanguin sur des animaux à sang chaud, surtout des mammifères, mais certaines espèces piquent exclusivement soit les humains (anthropophilie), soit les animaux (zoophilie) selon Laarman en 1958. Le repérage par *An. maculipennis atroparvus* du fournisseur de sang se fait surtout à l'odorat ; le CO<sub>2</sub> et les odeurs exerceraient une action stimulante dans les mécanismes d'orientation tandis que l'humidité et la chaleur inciteraient l'insecte à se poser. Le degré d'anthropophilie ou de zoophilie varie en fonction de l'espèce. L'une des raisons pour lesquelles *An. gambiae* est un excellent vecteur du paludisme est son degré d'anthropophilie élevé (Coluzzi et al. 1979). Certaines espèces piquent les humains à l'extérieur des maisons (exophagie), d'autres à l'intérieur (endophagie). C'est un stimulus olfactif provenant de l'intérieur des maisons qui serait le facteur essentiel guidant le vol d'entrée du moustique (Kulhorn, 1971). Mais selon Elliott en 1972, ce vol d'entrée du moustique serait dû au fait que l'intérieur des maisons présente au crépuscule un déficit de saturation supérieur à celui noté à l'extérieur. Le comportement de piqûre du moustique (endophagie ou exophagie) et l'heure de la piqûre sont d'importants facteurs dans l'épidémiologie du paludisme.

Après avoir complété leur repas sanguin, les femelles doivent trouver un endroit favorable pour se reposer et digérer le sang : soit à l'intérieur des maisons (espèces endophiles), soit à l'extérieur des maisons dans toute une série d'abris naturels (espèces exophiles).

Les conditions environnementales ont un effet sur la survie et le comportement des anophèles. En terme de transmission du paludisme, la température est un facteur particulièrement important car la température externe affecte directement la durée du cycle trophogonique et la durée du cycle sporogonique du parasite. En d'autres mots, plus le parasite met du temps à compléter sa maturation, moins il y a de chance que le moustique vive suffisamment

longtemps pour le transmettre. Les conditions microclimatiques, particulièrement l'humidité, affectent l'entrée des moustiques dans les maisons. Les exophiles peuvent devenir endophiles et vice versa.

### **3.4.3 Identification des préférences trophiques**

Les préférences trophiques des insectes hématophages peuvent être identifiées soit par une approche directe comparant les abondances récoltées dans différents pièges à appât (Hair et Turner, 1968) soit par une approche indirecte identifiant l'origine des repas de sang de femelles capturées gorgées (Kay et al., 2007). La méthode de capture sur appât permet, par maîtrise du dispositif expérimental, de mesurer l'attractivité de l'hôte, en exposant un nombre connu d'hôtes et en quantifiant la part relative de chaque espèce d'insecte sur chacun des hôtes exposés (Balenghien et al., 2011). Après correction des données brutes par un facteur prenant en compte les différences de taille des hôtes, on peut obtenir pour chaque espèce d'insecte, les probabilités de se gorger sur telle ou telle espèce d'hôte, probabilités qui sont conditionnelles à la présence de ces hôtes (Balenghien et al., 2011). En revanche, cette approche ne peut pas être employée sur une large échelle, à cause de la lourdeur logistique de ce type de capture. Au contraire, l'approche indirecte par identification de l'origine du repas de sang est peu limitée par le nombre de sites étudiés, et peut donc être entreprise à grande échelle, dans la mesure où l'on dispose d'un moyen efficace pour échantillonner correctement les populations de femelles gorgées.

Cependant, en l'absence d'un recensement précis des hôtes présents sur les sites d'étude, cette méthode indirecte ne donne qu'une information qualitative, c'est-à-dire la liste des hôtes sur lesquels telle espèce est capable de se gorger en conditions naturelles.

### **3.4.4 Importance des études d'attractivités dans la lutte anti-vectorielle**

Les études d'attractivité sont d'une importance capitale car, elles permettront de comprendre la biologie des vecteurs. Elles donneront des renseignements sur l'aspect fondamental de la sélection de l'hôte par les vecteurs du paludisme, de répondre à certaines questions comme : est-ce que la présence d'hôtes alternatifs affecte le choix des moustiques ?

Le choix de l'hôte a une implication intéressante dans la lutte contre le paludisme. Ces réponses permettront d'orienter les futurs efforts de lutte anti-vectorielle. Les données des études sur l'attractivité des moustiques pour un hôte donnée peuvent donner des indices sur la recherche de gène d'olfaction dont la modification pourrait dévier les moustiques de leur hôte. Aussi, la mise au point de molécules influant sur l'olfaction, est une piste de recherche

intéressante pour réduire le contact entre le vecteur et l'hôte. Avant d'explorer ces axes de recherche, il est nécessaire de mener des études d'observation de terrain comme c'est le cas dans la présente étude portant sur l'attractivité des moustiques pour un hôte donnée.

## **4. METHODES**

### **4.1 Site d'étude**

#### **4.1.1 Géographie**

L'étude a été menée dans la zone de riziculture de l'Office du Développement Rural de Sélingué (ODRS), principalement dans un hameau de Sélingué (village 20 du périmètre d'irrigation). Ce site est localisé dans l'aire de santé de Binko, dans la zone sanitaire de Sélingué qui est constitué en plus de Binko, de Kangaré, Siékorolé et de Tagan. Située à 140 Km au Sud-Est de Bamako la capitale du Mali (Figure 5). Sélingué faisait partie de l'ex-arrondissement de Kangaré qui se composait au départ de seize villages, dont Sélinkégny, un petit village malinké situé tout juste derrière le barrage. Dans ce document, le nom "Selingué" désigne non seulement l'ex-arrondissement de Kangaré ; mais aussi toute la zone d'influence du barrage. Toutefois, consécutivement aux découpages territoriaux issus de la décentralisation en 1996, Kangaré dépend désormais de la commune rurale de Baya avec onze autres villages, des dizaines de hameaux de culture et des campements de pêche. L'espace que désigne aujourd'hui Sélingué s'étend sur plusieurs villages qui, pour l'essentiel, relèvent de Baya, une aire socioculturelle malinké (Togola, 2009).

La majorité de la population de la zone sanitaire de Sélingué est constituée par les Malinkés, aux côtés desquels, on rencontre les Peuhls, les Bambara, les Bozo et les Dogon venant de la 5ème région (Mopti) du Mali. L'Islam est la religion la plus répandue, pratiquée par près de 90 % de la population de la zone. On note cependant la subsistance de certaines croyances ancestrales (Diarrassouba, 2002).

La zone sanitaire de Sélingué couvre une superficie de 4500 km<sup>2</sup> pour une population de 20 391 habitants (selon le recensement démographique de 2004), soit une densité de 16,08 habitants au km<sup>2</sup>. C'est une localité située dans le cercle de Yanfolila qui relève de la région de Sikasso, la troisième région économique du Mali. Du point de vue épidémiologique, la zone sanitaire de Sélingué se situe dans la savane sud-soudanienne avec une pluviométrie de 700 à 1300 mm d'eau par an (EDS-V, 2012-2013). La zone de Sélingué est définie comme étant la superficie territoriale qui subit les influences directes du lac de retenue d'eau

## **Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingué, Mali**

---

occasionné par le barrage hydroélectrique dont le niveau maximum (du lac) atteint en principe la cote 340-500. La construction d'un barrage à Selingué sur le Sankarani, un affluent du fleuve Niger, a permis l'aménagement de 50 hectares pour la culture irriguée du riz. Les casiers rizicoles sont situés à moins de 500 mètres des premières habitations du village. Cette proximité a eu comme conséquences, une très forte nuisance culicidienne et particulièrement, anophélienne. La variété de riz cultivée à Sélingué (variété de 120 jours) permet de réaliser deux campagnes de riziculture par an: l'une au milieu de la saison des pluies jusqu'au début de la saison sèche fraîche (Août à novembre) et l'autre (dite de contre saison) en saison sèche fraîche jusqu'à la fin de la saison sèche chaude (de février à mai). Un cycle de riziculture peut être divisé en quatre phases: la mise en eau et le labour des parcelles suivi du repiquage des plants, le tallage des tiges, la montaison, l'épiaison, la maturation et enfin la phase de récolte. Un casier à plants de riz est donc un environnement dynamique où la lame d'eau et le niveau d'ensoleillement évoluent avec la croissance du riz. Les pépinières sont réalisées 21 jours avant le repiquage. Les rizières sont mises en eau (lame d'eau de 2 à 4 cm) pour le labour des parcelles et le repiquage des plants. Le tallage a lieu 15 jours après le repiquage (lame d'eau de 5 à 8cm) et la montaison à 45 jours. L'épiaison a lieu à 60 jours (lame d'eau de 10 cm) et la maturation à 90 jours (diminution progressive de la lame d'eau). La récolte a lieu après le drainage total des parcelles à 120 jours. Les deux cycles annuels sont bien distincts avec une période d'assèchement complet de l'ensemble du périmètre d'une durée d'au moins un à deux mois. Du fait de la riziculture irriguée, la zone sanitaire de Sélingué se caractérise par une transmission plurimodale, avec un paludisme de type stable (Diarrassouba, 2002).

CARTE DU SITE D'ETUDE: VILLAGE 20, SELINGUE - MALI



**Figure 5:** Site d'étude ([https://maps.google.ml/maps?hl=fr&q=google%20earth&gbv=2&um=](https://maps.google.ml/maps?hl=fr&q=google%20earth&gbv=2&um=1&ie=UTF-8&sa=N&tab=wl)

[1&ie=UTF-8&sa=N&tab=wl](https://maps.google.ml/maps?hl=fr&q=google%20earth&gbv=2&um=1&ie=UTF-8&sa=N&tab=wl))

#### 4.1.1.1 Le climat

Le climat est de type soudanien humide. Il est caractérisé par une pluviométrie abondante avec une précipitation annuelle atteignant 1300 mm d'eau. On y distingue deux saisons :

- Une saison sèche qui se subdivise en une saison sèche fraîche allant de novembre en février et une saison sèche chaude de mars à mai.
- Une saison pluvieuse : de juin à octobre.



#### **4.1.1.2 La végétation**

La végétation est dominée par une savane herbacée et arbustive parsemée de galeries de forêts en bordure des cours d'eau. On y trouve des arbres tels que le karité, le caïlcédrat.

#### **4.1.1.3 Le relief et l'hydrographie**

Le relief est accidenté par endroits avec la proximité de la zone guinéenne caractérisée par des massifs montagneux, des plateaux et des collines. La ville de Sélingué est traversée par deux cours d'eau dont le premier est un affluent du fleuve Niger : le Sankarani. Quant au deuxième le Baoulé il est affluent du Bani. La construction du Barrage hydroélectrique de Sélingué qui produit annuellement 247 Mégawatts d'électricité, sur le Sankarani a provoqué la création d'un lac de retenue d'eau d'une superficie de 430 km<sup>2</sup> qui constitue un grand potentiel de culture irriguée et de pêche (<http://fr.wikipedia> la date de mise à jour le 18 mars 2015).

#### **4.1.2 Structure de la population selon le genre et l'âge**

Selon les données fournies par le CSCOM de *Binko* (Selingué 2012), les femmes représentent 51% et les hommes 49% de la population. Les femmes de 15 à 49 ans (âge de procréer) représentent 22% ; les enfants de 0 à 11 mois font 4% et les personnes âgées, 6% de la population.

##### **4.1.2.1 Ethnies et Religion**

Les Malinkés constituent environ la moitié de la population, puis arrivent des Bozos, des Somonos, des Bambaras, des Peulhs, des Sarakolés et autres groupes minoritaires. La religion dominante est l'Islam qui est pratiquée dans le respect mutuel des minorités chrétiennes et animistes.

##### **4.1.2.2 Activités économiques**

La construction du barrage de Sélingué qui produit annuellement 247 Mégawatts sur le Sankarani a nécessité la création d'un lac de retenue d'eau d'une superficie de 430 km<sup>2</sup> qui constitue un grand potentiel de riziculture et de pêche pour la population. Ainsi, au village 20, la pêche et l'agriculture sont les principales activités génératrices de revenus. Le petit commerce est une activité secondaire.

## **4. 2 Période et type d'étude**

L'étude s'est déroulée de septembre 2011 à décembre 2012. Elle était de type transversal à passages répétés.

## **4. 3 Comportement trophique des moustiques**

### **4.3.1. Choix des hôtes**

L'investigation sur le choix des hôtes par le moustique a été menée en utilisant la technique des OBET (Carlos Costantini et al., 1993) (fig6). Le terme OBET veut dire odor-baited-exit-trap ; La technique consistait à retenir sous les tentes différents hôtes et de faire parvenir leurs odeurs respectives dans des cages accessibles aux moustiques. Pour simplicité de lecture les tentes ont été nommées comme suit :

- OBET-Humain pour la tente sous laquelle il y avait l'humain,
- OBET-Veau pour la tente sous laquelle il y avait le veau
- OBET-Chèvres pour la tente sous laquelle il y avait les chèvres
- OBET-Poules pour la tente sous laquelle il y avait les poules.

Pour connaître le choix des différents hôtes par les vecteurs, quatre types d'hôtes ont été utilisés. Chaque type était placé sous une tente. Les nombres d'hôtes ont varié selon le type. Il y avait un homme par tente, un veau par tente, trois chèvres par tente, et douze poules par tente. Sous chaque tente il y avait un générateur de courant (batterie) qui faisait tourner un ventilateur qui propulsait l'odeur de l'hôte à travers un tuyau en caoutchouc jusqu'à une cage où les moustiques venaient se faire piéger à l'intérieur et ne pouvaient plus sortir (fig 6).

**Figure 6:** dispositif des OBET

## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

Quatre séances de capture ont été organisées pendant 4 jours pour chaque hôte. Au cours des quatre séances, les tentes ont été rotées de manière à ce que l'hôte face un tour dans chacun des sites suivant le concept du carré latin (Tableau 1).

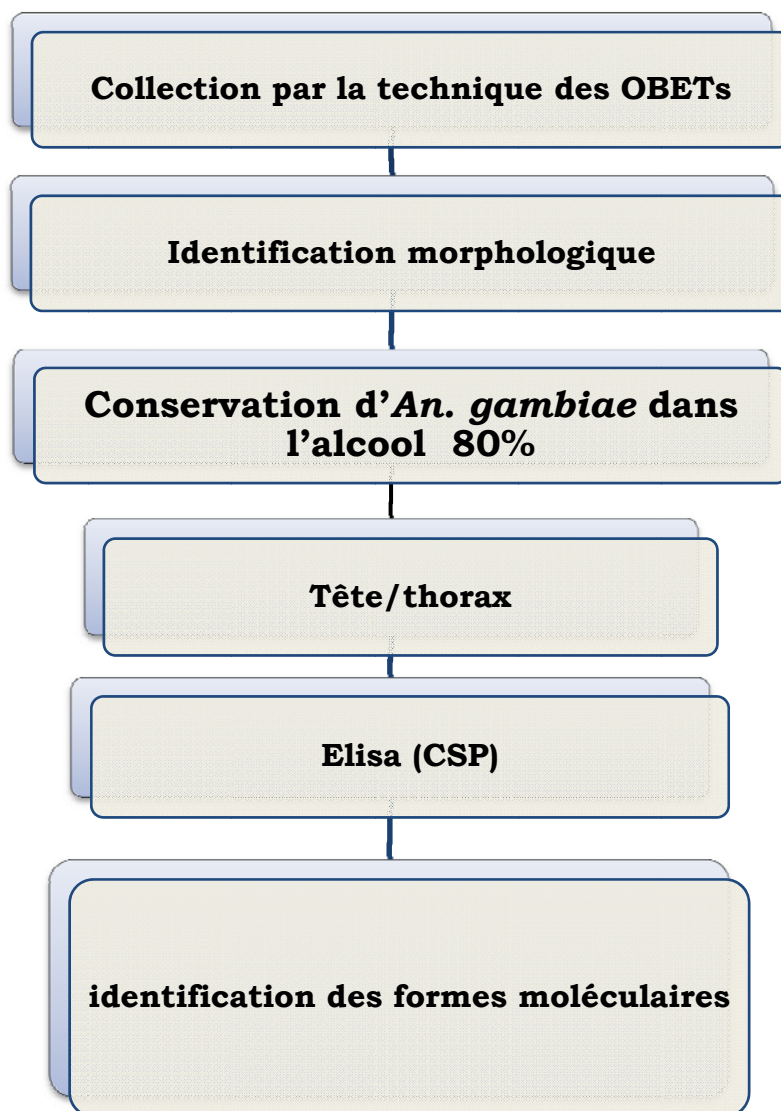
**Tableau 1:** Rotation des hôtes en fonction du site : carré latin

Sites	Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4
A	Poule	chèvre	Homme	Veau
B	Veau	poule	Chèvre	Homme
C	Homme	veau	Poule	Chèvre
D	chèvre	Homme	Veau	Poule

La collecte commençait à 18H et prenait fin à 06H. Les cages étaient remplacées à 00H. Le matin, toutes les cages contenant des moustiques étaient vidées à l'aide d'un aspirateur à bouche. Les moustiques collectés dans des gobelets en carton étaient tués en les plaçant dans un congélateur et morphologiquement identifiés sous une loupe binoculaire. Tous les moustiques du genre *Anopheles* étaient conditionnés dans des tubes individuels contenant de l'éthanol 80% pour des fins d'analyse au laboratoire.

### ➤ Dissection

Chaque moustique (*An.gambiae s.l.*) était découpé en portion tête/thorax et abdomen. La partie tête/thorax était utilisée à l'ELISA (CSP) pour la détection de l'infection au *Plasmodium falciparum*. Le reste de ce broyat servait également à l'identification des formes moléculaires. Le digramme ci-dessous (Fig 7) résume le processus de traitement d'*An. gambiae s.l.*



**Figure 7:** Diagramme de traitement des échantillons des OBET

#### 4.3.2. Choix du lieu de piqûre des moustiques (intérieur vs extérieur)

➤ **Collecte des moustiques (fig 8)**

Pour étudier le choix du lieu de piqûre des moustiques, nous avons utilisé la technique standard de capture sur appât humain. Cette technique consiste à exposer les jambes d'une personne munie d'une torche électrique et d'un aspirateur (Coluzzi et Petrarca' 1973) qui capture tous les moustiques à la recherche d'un repas de sang et qui viennent se poser sur lui (Fig 8). La capture est faite avant que le moustique n'entame la piqûre d'où le nom de landing catch des Anglo-Saxons. Les captures se font simultanément à l'intérieur et à l'extérieur des habitations humaines de 18 heures à 06 heures du matin. Les volontaires opèrent par couple

## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

---

dont un à l'intérieur et son partenaire à l'extérieur de la case. Pour diminuer les biais dus aux facteurs volontaires, ils opèrent alternativement à l'extérieur et à l'intérieur des cases pour des tranches de deux heures. Deux séances d'un poste de capture par nuit ont été organisées.

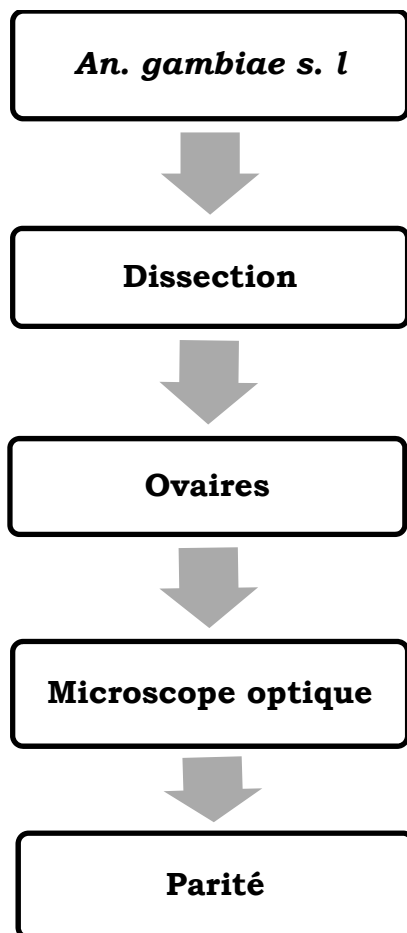
**Figure 8:** Un volontaire en capture

### ➤ Dissection

Le lendemain matin, les ovaires des femelles à jeun d'*An. gambiae s.l.* étaient extraits sous une loupe binoculaire et visualisés sous microscope optique pour déterminer leur parturité du moustique (Detinova, 1962). Les moustiques dont les trachéoles (filaments) ovariens sont enroulés sont dits nullipares tandis que sont dits pares ceux dont les trachéoles sont déroulés (Fig 9).

**Figure 9:** Aspect d'ovaire des moustiques disséqués

Le diagramme ci-dessous (Fig 10) résume la procédure de traitement des moustiques collectés par capture sur appât humain.



**Figure 10:** Diagramme de traitement des échantillons de la CN

#### **4.4 Paramètres entomologiques mesurés**

Seule l'espèce *Anopheles gambiae s.l.* a fait l'objet de la détermination des paramètres entomologiques. Ceci s'explique par le fait que c'est l'espèce la mieux étudiée et les outils sont disponibles pour la détermination des paramètres entomologiques qui font l'objet de cette étude pour cette espèce.

##### **4.4.1 La fréquence des différentes espèces**

Elle exprime la composition des espèces rencontrées. Elle est égale au nombre total de l'espèce donnée (n) divisé par le nombre total (N) de moustiques capturés.

#### **4.4.2 Agressivité (ma)**

C'est l'estimation de la densité d'une espèce donnée par rapport à son hôte par unité de temps.

➤ **En capture de nuit sur appât humain**

$m.a$  = (Nombre de moustiques capturés par nuit / nombre de collecteurs par séance x nombre de séances de captures)

#### **4.4.3 Taux de parturité**

C'est la proportion de femelles pares sur l'ensemble des femelles disséquées (pares + nullipares). Ce paramètre est déterminé à partir des femelles à jeun des captures nocturnes en utilisant la méthode de Detinova (1962).

#### **4.4.4 Taux d'infection et identification des formes moléculaires**

Il correspond au pourcentage d'anophèles d'une espèce donnée ayant des sporozoïtes dans leurs glandes salivaires: indice sporozoïtique (**IS**) ou indice d'antigène sporozoïtique (**IAS**) par rapport au total des moustiques examinés à l'ELISA. La technique de détection utilisée est l'ELISA sandwich décrite par Burkot et *al.*, 1984.

Les moustiques identifiés sont issus des captures de nuit et des OBET. L'identification moléculaire a concerné seulement le complexe *An. gambiae s.l.* L'extraction d'ADN a été faite selon le protocole de Collins et *al.*, 1987. L'identification des espèces d'*An. gambiae s.l.* et des formes moléculaires d'*An. gambiae s.s.* a été faite par PCR (polymerase chain reaction) selon la méthode de Fanello et *al.*, 2002.

#### **4.4.5 Taux d'inoculation entomologique (h)**

Il représente le nombre de piqûres infectantes reçues par personne et par unité de temps (nuit, mois, ou année).

**h** = **ma.IAS** (formule de McDonald); où **ma** est l'agressivité et **IAS** l'indice antigène sporozoïtique.

#### **4.6 Analyses et interprétations des résultats**

Les données ont été saisies sur Excel 2007 et représentées graphiquement sur le logiciel Spss version 16. Les tests statistiques utilisés étaient le khi-carré ( $\chi^2$ ) de Pearson et le t-test pour la comparaison des taux et proportions.

#### **4.7 Considération éthique**

Les volontaires pour l'étude ont signés un formulaire de consentement et ont bénéficiés une formation rigoureuse pour réduire la probabilité de se faire piquer par les moustiques. Ils ont reçu une prophylaxie à la méfloquine. Cependant les volontaires ont reçu une compensation journalière.

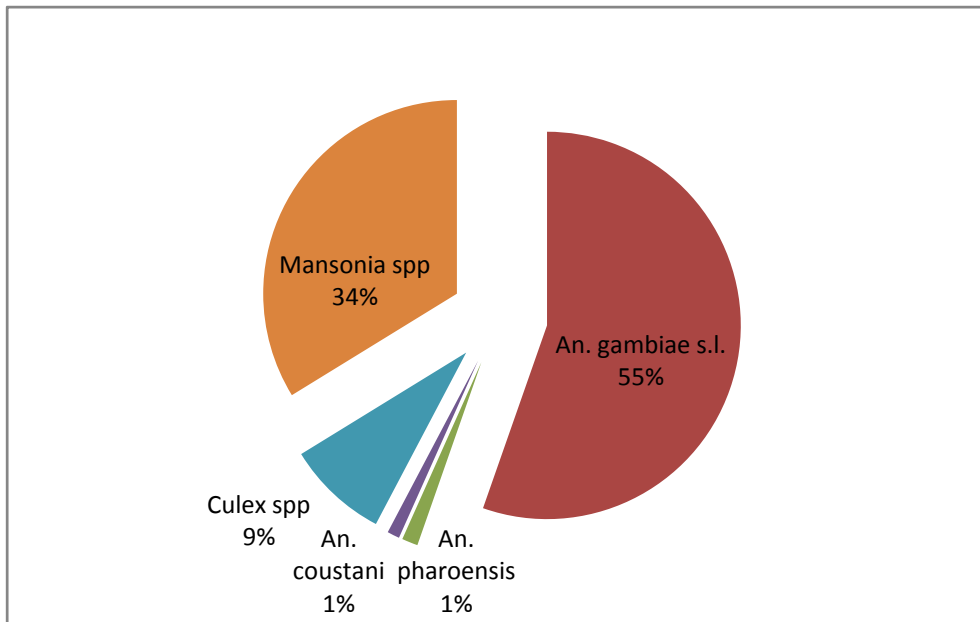


## 5. Résultats

### 5.1 Choix des hôtes par les moustiques

#### 5.1.1 Fréquence culicidienne par type d'hôte

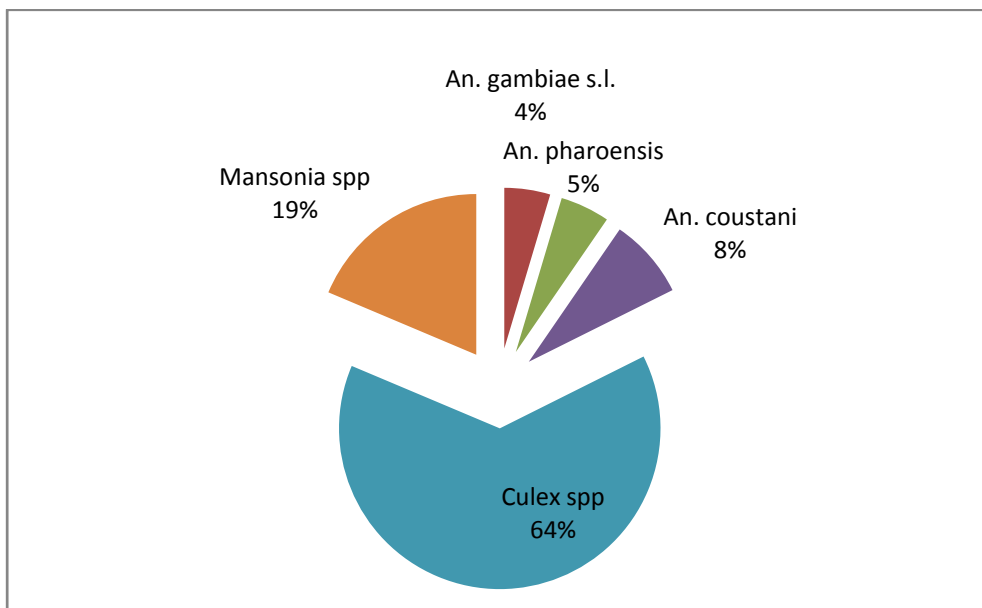
- La fréquence des moustiques dans l'OBET-Humain



**Figure 11:** Proportion d'espèces de moustiques collectées de Septembre 2011 à Décembre 2012 dans l'OBET-Humain (hôte=humain).

Sur un total de 3997 moustiques collectées *An. gambiae s.l* était majoritaire avec une fréquence de 55%, suivi de *Mansonia spp* (34%), de *Culex spp* (9%), *An. pharorensis* (1%) et *An. coustani* (1%).

➤ Fréquence des moustiques dans l'OBET-Veau



**Figure 12:** Proportion d'espèces de moustiques collectées de Septembre 2011 à Décembre 2012 dans l'OBET-Veau (hôte=Veau).

Avec le veau comme hôte, sur un total de 9150 moustiques collectées les *Culex spp* étaient majoritaires avec une fréquence de 64%, suivis de *Mansonia spp* (19%), d'*An. coustani* ( 8%) , d'*An. pharorensis* (5%) et d'*An. gambiae s.l* (4%).

➤ Fréquence des moustiques dans l'OBET-Chèvres

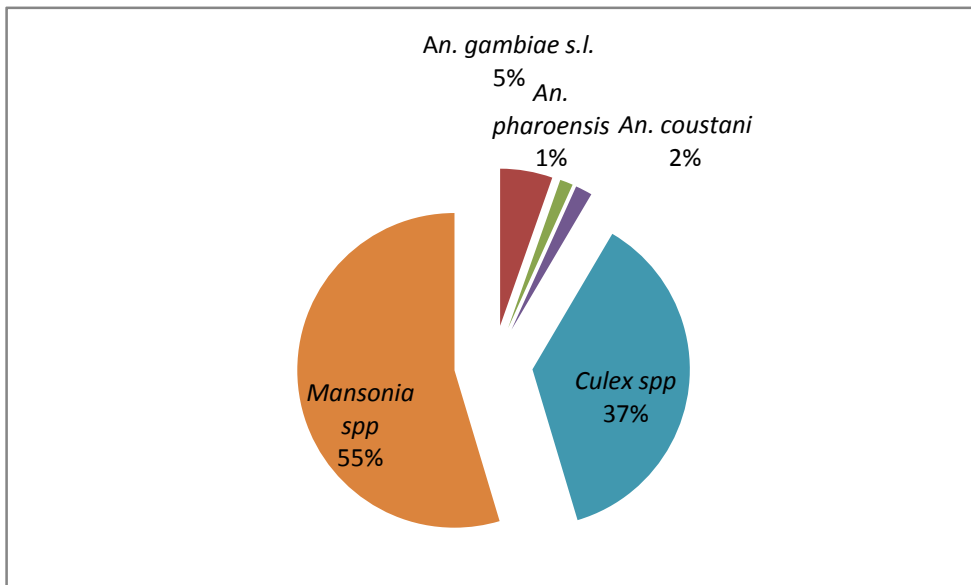


Figure 13: Proportion d'espèces de moustiques collectées de Septembre 2011 à Décembre 2012 dans l'OBET-Chèvres (hôte=Chèvres). Sur un total de 520 moustiques collectées les *Mansonia spp* avec une fréquence de (55%) étaient majoritaires, suivis de *Culex spp* (37%), d'*An. gambiae s.l.* (5%), d'*An. coustani* (2%), et d'*An. pharoensis* (1%).

➤ Fréquence des moustiques dans l'OBET-Poules

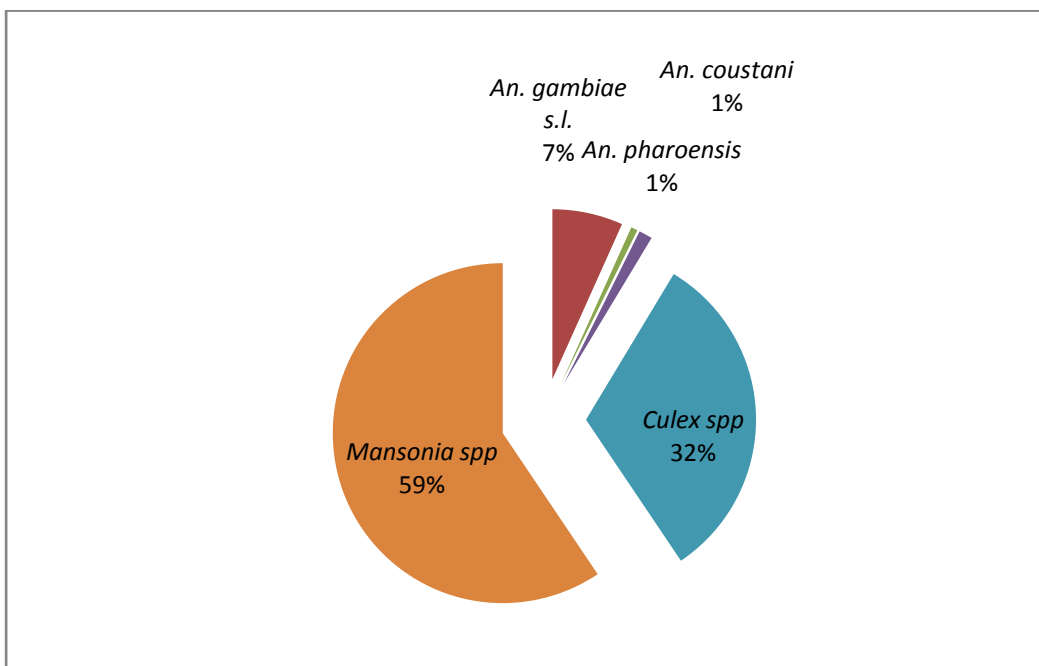


Figure 14: Proportion d'espèces de moustiques collectées de Septembre 2011 à Décembre 2012 dans l'OBET-Poules (hôte=poules).

## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

Avec l'OBET-Poules sur un total de 313 moustiques collectées *Mansonia spp*, avec une fréquence de 59% étaient majoritaires, suivis de *Culex spp* (32%), d'*An. gambiae s.l* (7%), d'*An. coustani* (1%), et d'*An. pharoensis* (1%).

### 5.1.2 Paramètres entomologiques en fonction des hôtes

Seule l'espèce *Anopheles gambiae s. l.* a fait l'objet de la détermination des paramètres entomologiques.

#### 5.1.2.1 Le taux d'infection par hôte

##### ➤ Hôte humain

**Tableau 2:** Taux d'infection des moustiques collectés par mois (OBET-Humain) de septembre 2011 à décembre 2012

Date	Effectif testé	CSP positif	
		Nombre	%
Septembre 2011	27	1	3,7
Octobre 2011	67	0	0
Novembre 2011	27	0	0
Décembre 2011	4	0	0
Janvier 2012	0	0	0
Mai 2012	21	0	0
Juin 2012	9	0	0
Juillet 2012	2	0	0
Aout 2012	9	0	0
Septembre 2012	300	0	0
Octobre 2012	300	0	0
Novembre 2012	68	0	0
Décembre 2012	2	0	0
Total	836	1	0,1%

Le Taux d'infection des moustiques collectés dans l'OBET-Humain a été de 0,1 % (N=836).

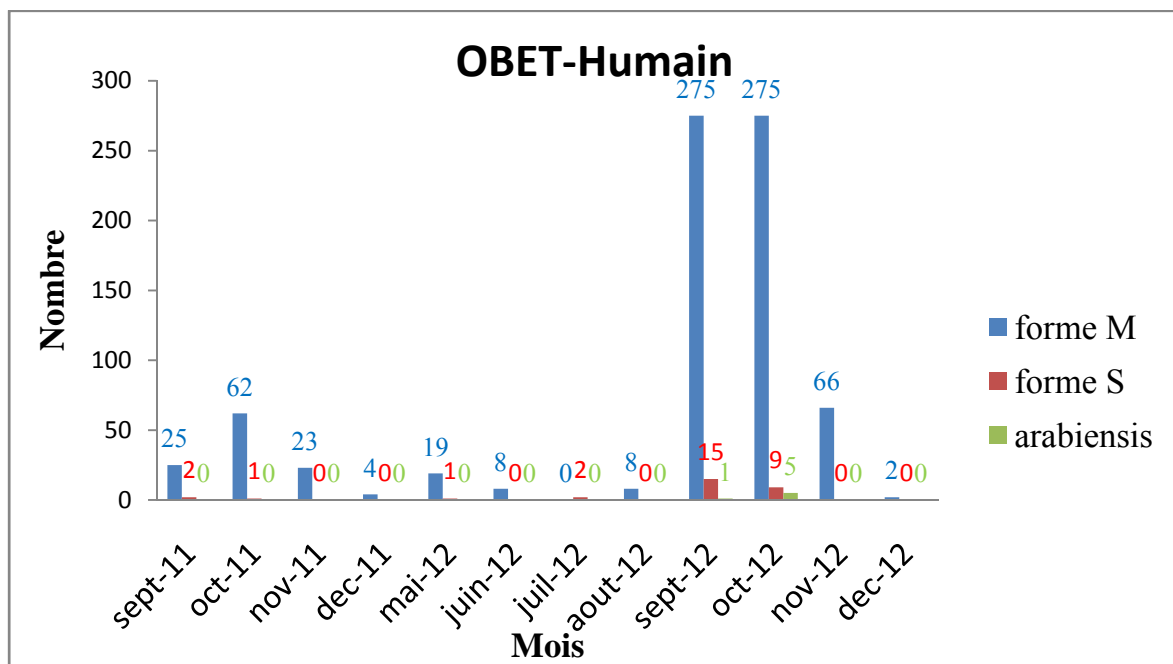
## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

### ➤ Autres hôtes

Il n'y a pas eu de moustiques infectés parmi les moustiques qui ont été testés provenant respectivement de l'OBET-Veau (N=355), l'OBET-Chevres (N=28) et l'OBET-Poules (N=20).

### 5.1.3 Identification des formes moléculaires en fonction des hôtes

#### ➤ OBET-Humain



**Figure 15:** Formes moléculaires dans l'OBET-Humain

Sur un total de 804 moustiques traités la forme moléculaire M représentait 95 % suivi de la forme S et d'*An. arabiensis* avec des fréquences respectives de 3,7% et 0,8%.

➤ OBET-Veau

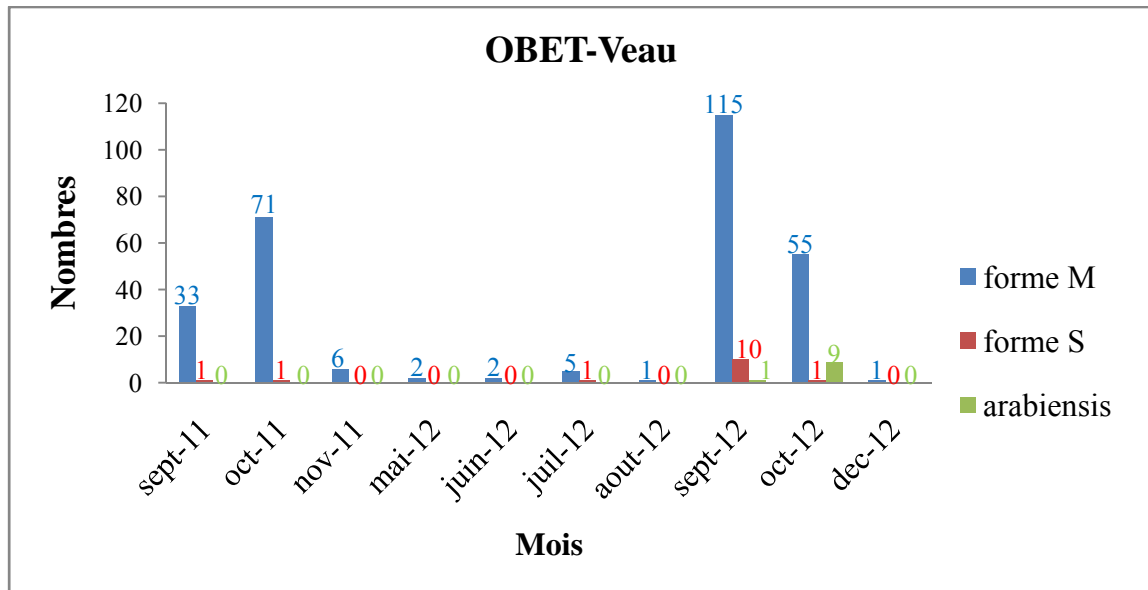


Figure 16: Formes moléculaires dans l'OBET-Veau

Sur un total de 315 moustiques traités la forme moléculaire M était majoritaire avec 92,4% suivi de la forme S et d'*An. arabiensis* avec des fréquences respectives de 4,4%et 3,2%.

➤ OBET-Chevres

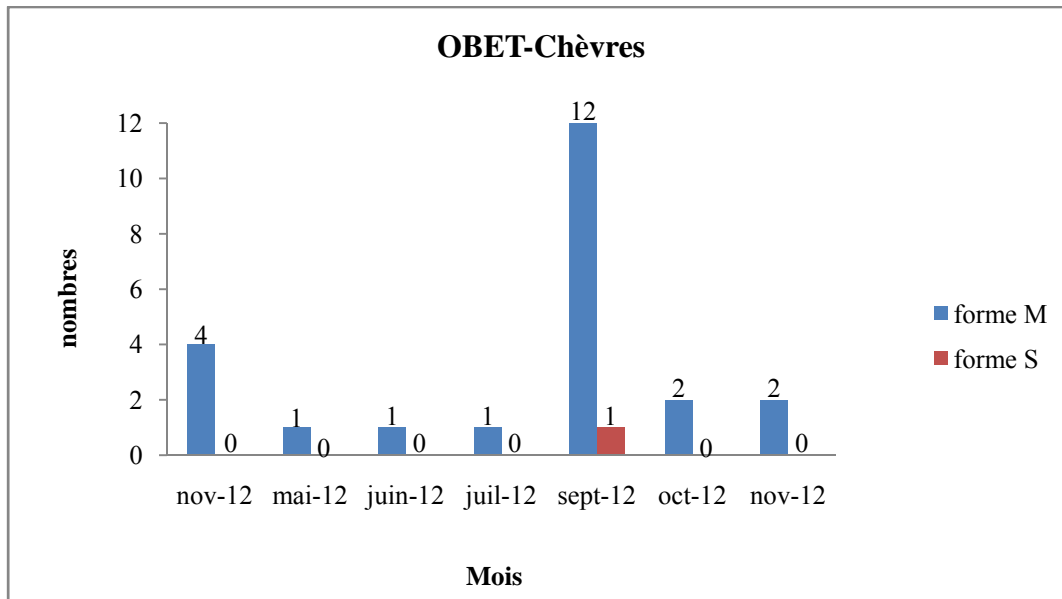


Figure 17: Formes moléculaires dans l'OBET-Chevres

Sur 24 moustiques traités la forme moléculaire M était majoritaire avec 95,8% et la forme S représentait 4,2%.

➤ OBET-Poules

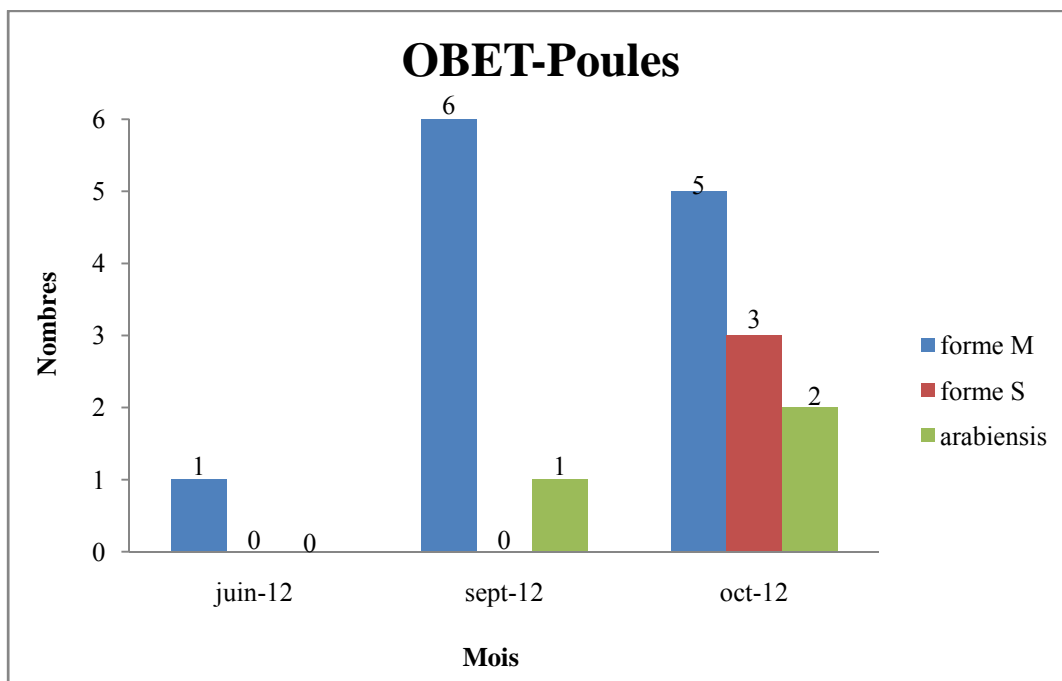


Figure 18: Formes moléculaires chez les poules

Sur 18 moustiques traités la forme moléculaire M représentait 66,6% suivi de la forme s et d'*An. arabiensis* avec chacune une fréquence de 16,7%.

## 5.2 Comportement de piqûre des moustiques (l'intérieur versus l'extérieur)

Les données ont été obtenues par la technique de capture nocturne sur appât humain(CN). Elles concernent *An. gambiae* et d'autres espèces.

### 5.2.1 Comparaisons des nombres de moustiques collectés (intérieur vs extérieur) par mois

➤ *An.gambiae s. l*

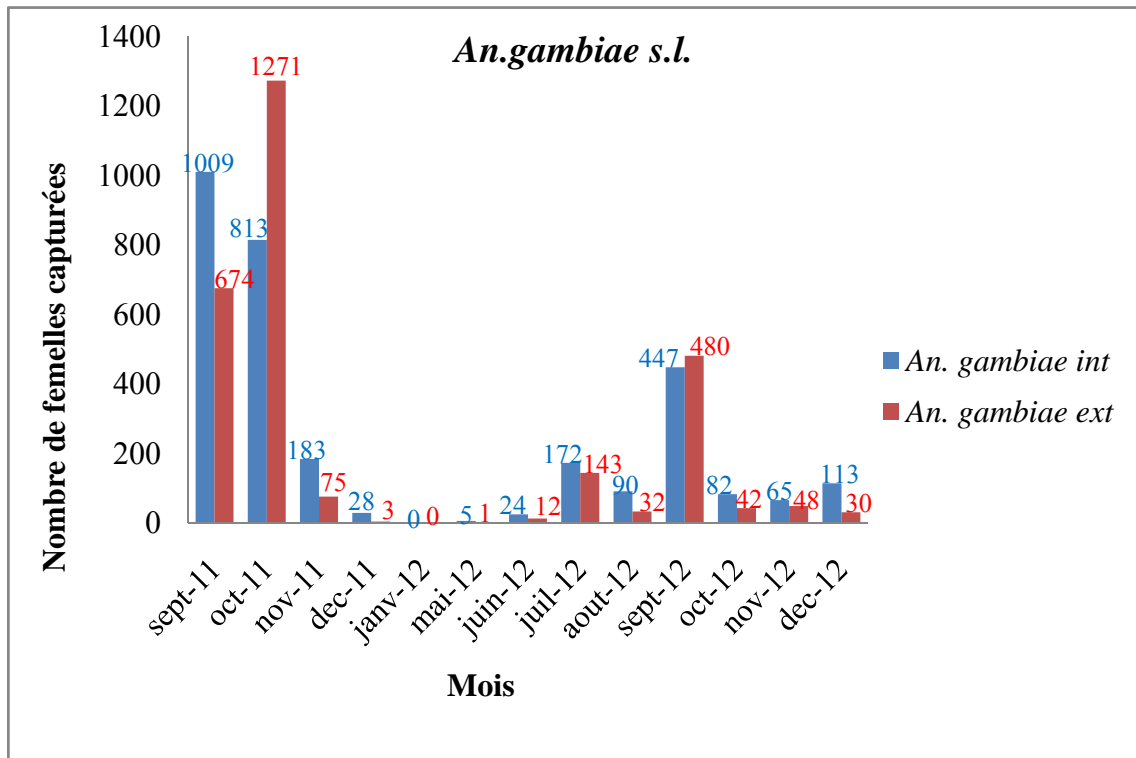


Figure 19: Total d'*An.gambiae s l* capturés par mois et en fonction de l'intérieur et l'extérieur.

Sur un total de 5842 moustiques capturés ceux de l'intérieur représentait 51,9% avec une moyenne mensuelle de 233,15 (sd=±325,12) moustiques et ceux de l'extérieur était 48,1% avec une moyenne de 216,23 (sd=±379,09) moustiques. Les pics de piqure étaient observés à l'intérieur en septembre 2011 et septembre 2012 alors qu'à l'extérieur ce pic était observé en octobre 2011 et septembre 2012. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les nombres de moustiques collectés à l'intérieur et l'extérieur durant l'étude (P=0,72 ; df=24).



➤ *An. pharoensis*

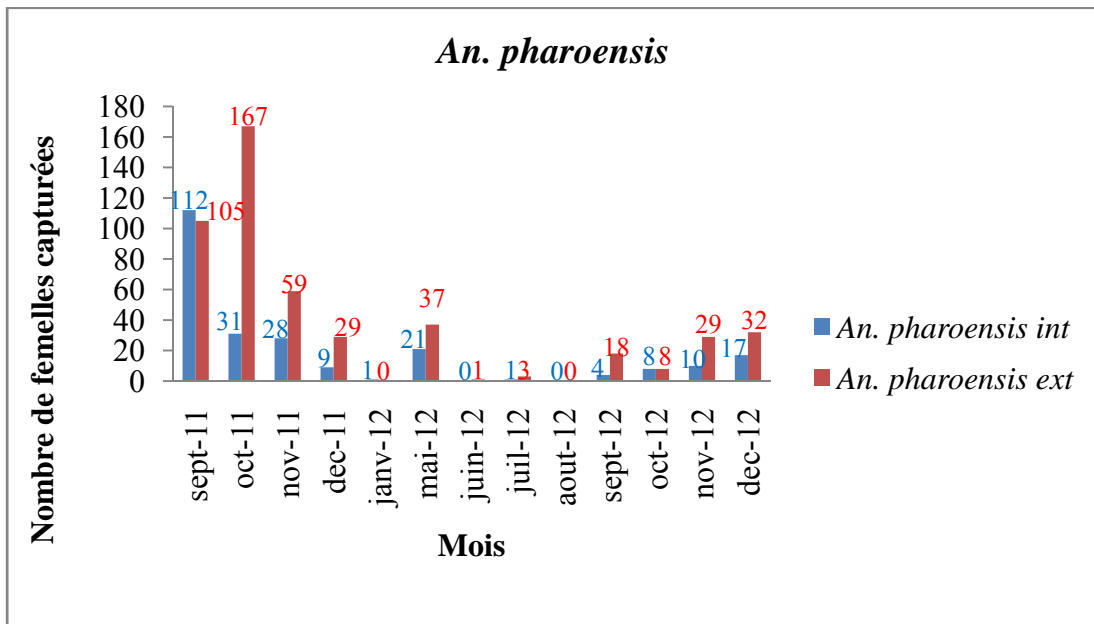
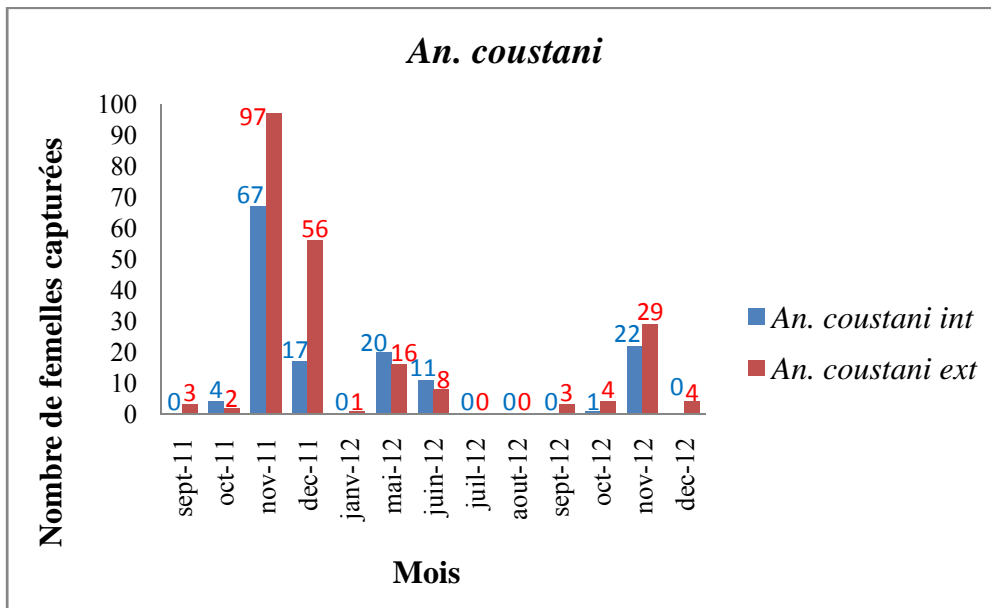


Figure 20: Total d'*An. pharoensis* capturés par mois et en fonction de l'intérieur et l'extérieur.

Sur un total de 730 moustiques capturés ceux de l'extérieur représentait 66,8% avec une moyenne mensuelle de 37,54 (sd= $\pm$ 48,77) moustiques et ceux de l'intérieur était 33,2% avec une moyenne de 18,62 (sd= $\pm$ 29,96) moustiques. Le pic a été observé à l'extérieur au mois d'octobre 2011 tandis qu'à l'intérieur c'était plutôt au mois de septembre 2011. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les nombres de moustiques collectés à l'intérieur et l'extérieur durant l'étude ( $P=0,18$ ;  $df=24$ ).

➤ *An. coustani*

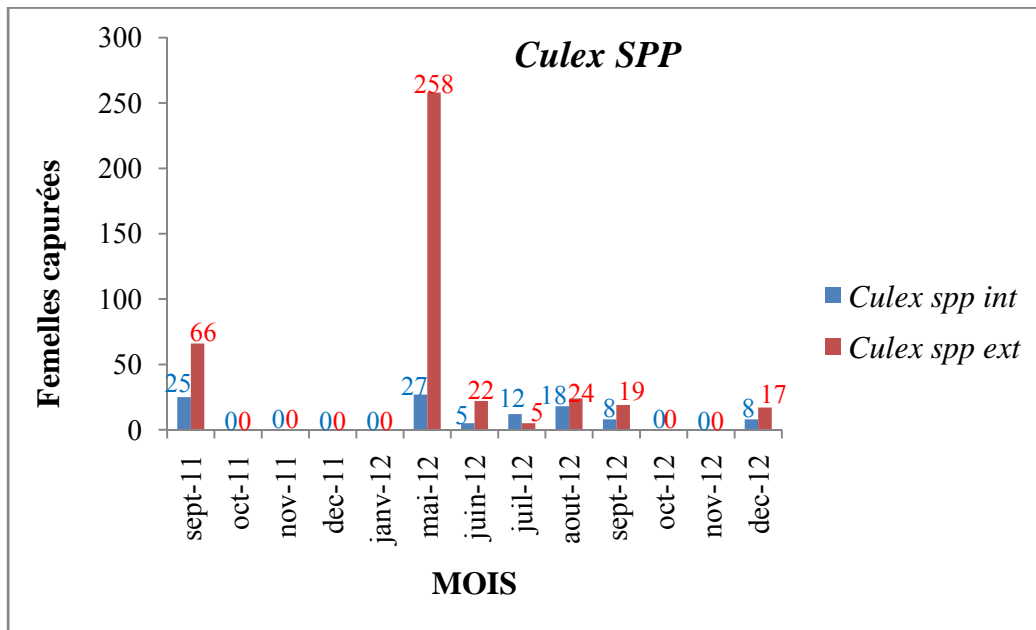


**Figure 21:** Total d'*An. coustani* capturés par tranche horaire en fonction de l'intérieur et l'extérieur.

Sur un total de 365 moustiques capturés ceux de l'extérieur représentait 61,1 % avec une moyenne mensuelle  $17,15(sd=\pm 28,77)$  moustiques et ceux de l'intérieur était 38,9 % avec une moyenne de  $10,92(sd=\pm 18,81)$  moustiques. De l'intérieur comme de l'extérieur le pic était observé en mois de novembre respectivement ( $n=67$  et  $n= 59$ ) en 2011 et ( $n=22$  et  $n= 29$ ) en 2012. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les nombres de moustiques collectés à l'intérieur et l'extérieur durant l'étude ( $P=0, 27$ ;  $df=24$ ).

## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

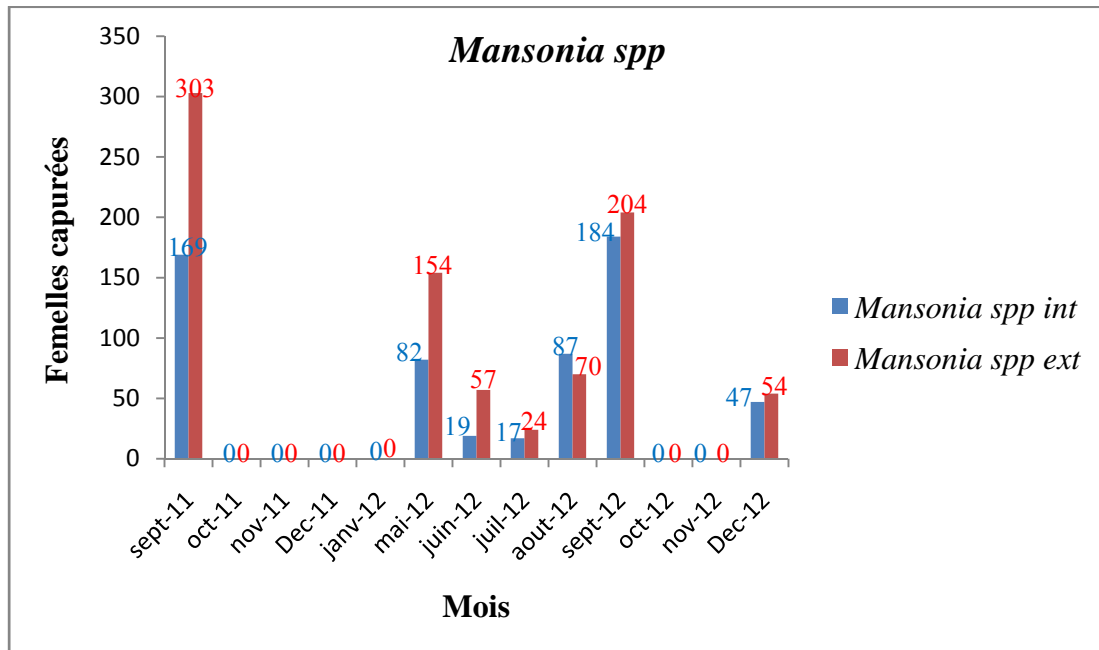
### ➤ *Culex SPP*



**Figure 22:** Total de *Culex spp* capturés par mois et en fonction de l'intérieur et l'extérieur.

Sur un total de 514 moustiques capturés ceux de l'extérieur représentait 80% avec une moyenne mensuelle 31,62 (sd= $\pm$ 70,51) moustiques et ceux de l'intérieur était 20% avec une moyenne de 7,92 (sd= $\pm$ 9,82) moustiques. En 2011 le pic était observé en septembre à l'intérieur (n=25) de même qu'à l'extérieur (n=66) comparativement en 2012 s'était plutôt en mois de mai à l'intérieur ainsi qu'à l'extérieur. Il existait une différence statistiquement significative entre les nombres de moustiques collectés à l'intérieur et l'extérieur durant l'étude (P=0,05 ; df=24).

➤ *Mansonia SPP*

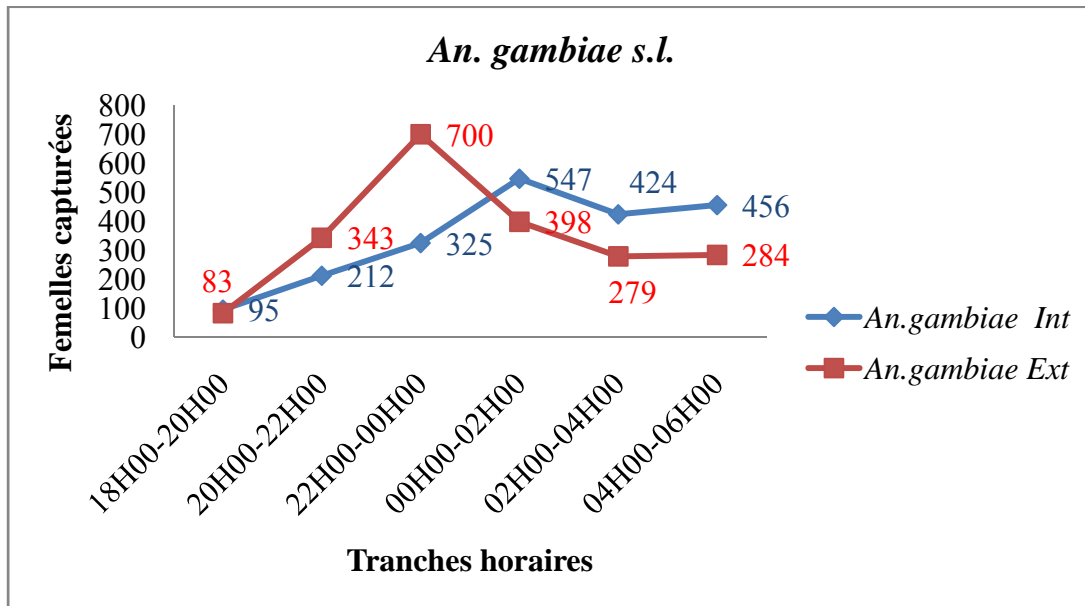


**Figure 23:** Total de *Mansonia spp* capturés par tranche horaire en fonction de l'intérieur et l'extérieur.

Sur un total de 1471 moustiques capturés ceux de l'extérieur représentaient 58,9 % avec une moyenne mensuelle 66,62 (sd=±96,21) moustiques et ceux de l'intérieur ont représenté 41,1 % avec une moyenne de 46,54(sd=±65,45) moustiques. De l'intérieur comme de l'extérieur le pic était observé au mois de septembre aussi bien en 2011 qu'en 2012. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les nombres de moustiques collectés à l'intérieur et l'extérieur durant l'étude (P=0,33 ; df=24).

### 5.2.2 Rythme horaire d'agressivité

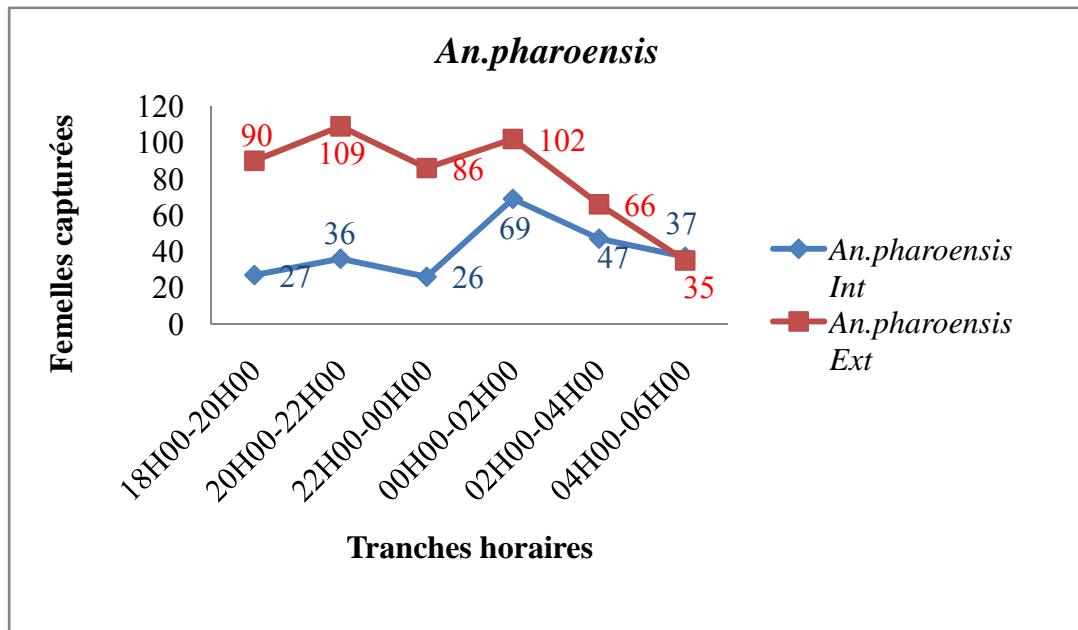
➤ *An.gambiae s l*



**Figure 24:** Total d'*An. gambiae s.l* capturés par tranche horaire en fonction de l'intérieur et l'extérieur.

Cette figure nous montre que le pic de la pique s'observe entre 22h-00 et 00h-02h respectivement (n=700 et n=547) pour l'extérieur et l'intérieur.

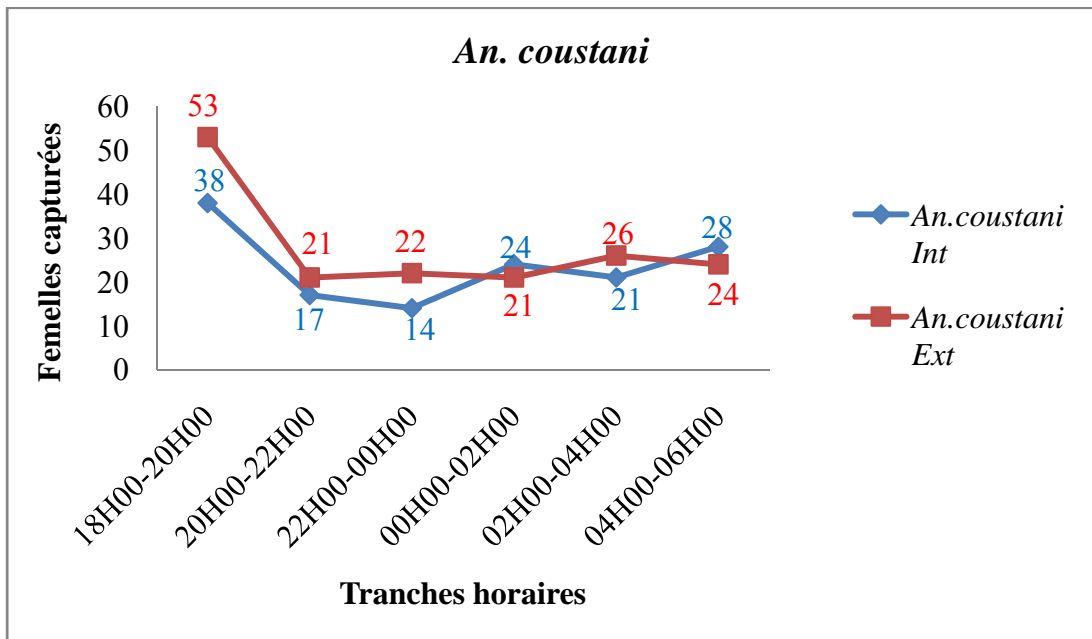
➤ *An. pharoensis*



**Figure 25:** Total d'*An. pharoensis* capturés par tranche horaire en fonction de l'intérieur et l'extérieur.

Le pic de la pique s'observe entre 20h-22h et 00h-02h respectivement (n=109 et n=69) pour l'extérieur et l'intérieur avec l'*An. pharoensis*. Cette figure montre la propension d'*An. pharoensis* à piquer plus à l'intérieur qu'à l'extérieur même si la différence n'est pas statistiquement significative.

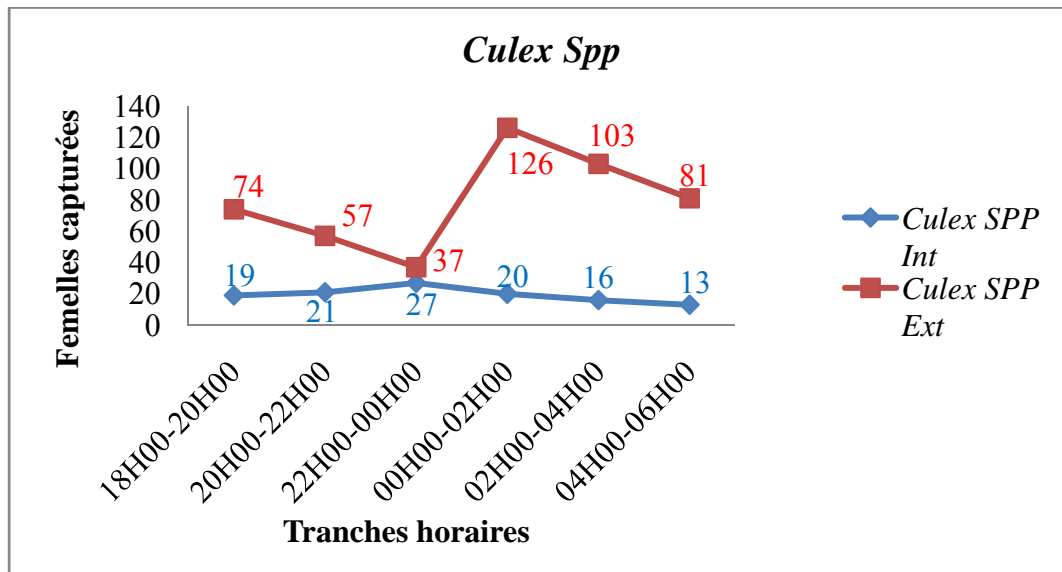
➤ *An. coustani*



**Figure 26:** Total d'*An. coustani* moustiques capturés par tranche horaire en fonction de l'intérieur et l'extérieur.

A l'intérieur aussi bien qu'à l'extérieur le pic était observé entre 18h-20h avec l'*An. coustani*.

➤ *Culex spp*

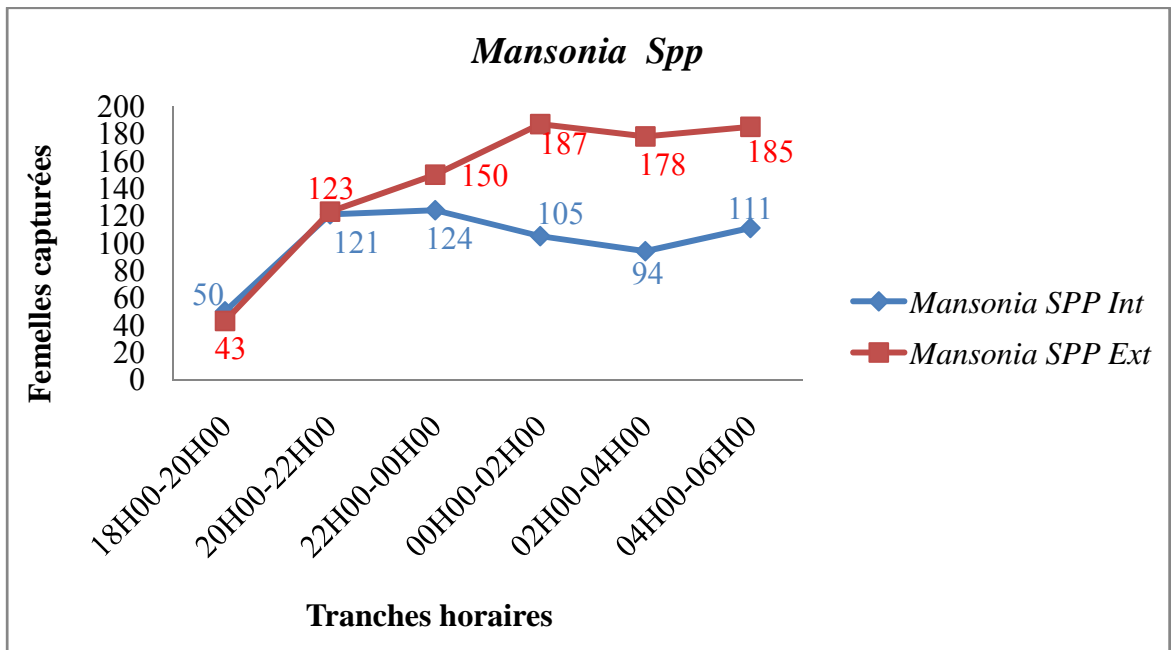


**Figure 27:** Total de *Culex spp* capturés par tranches horaires en fonction de l'intérieur et de l'extérieur.

Avec les *Culex* le pic était observé à l'extérieur entre 00h-02h (n=126) et à l'intérieur l'activité des *culex* était constant.



➤ *Mansonia SPP*



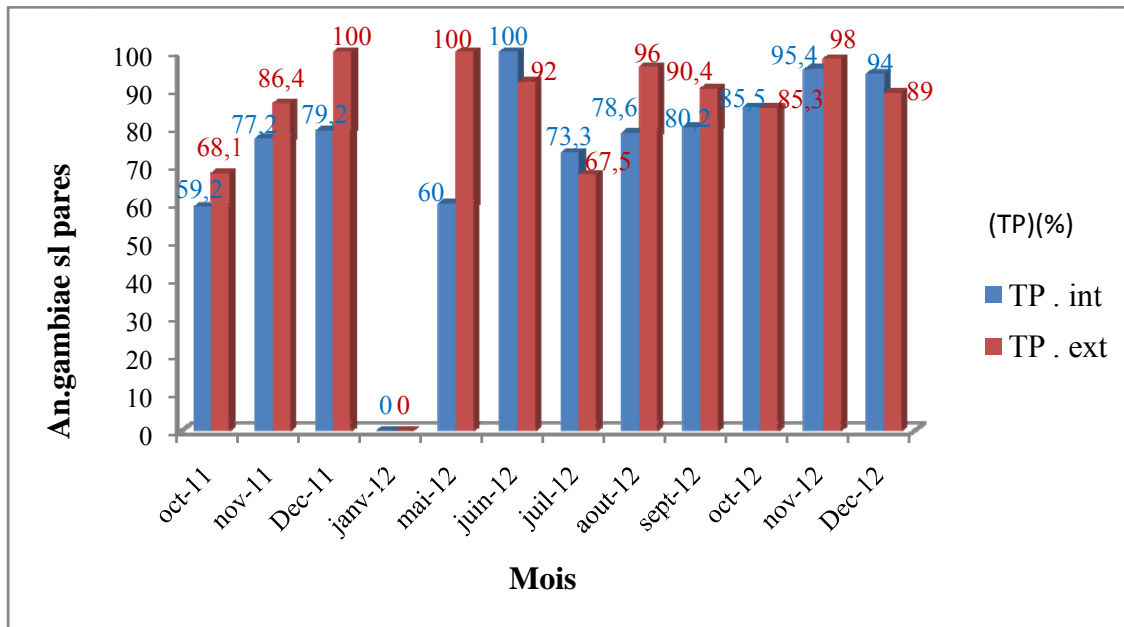
**Figure 28:** Total de *Mansonia spp* capturés par tranche horaire en fonction de l'intérieur et l'extérieur.

Avec *Mansonia spp* le pic était observé à l'intérieur entre 22h-00h (n=124) alors qu'à l'extérieur c'était entre 00h-02h (n=187).

## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

### 5.2.3 Les paramètres entomologiques calculés pour la capture nocturne

#### 5.2.3.1 Comparaison entre le taux de parturité à l'extérieur versus l'intérieur



**Figure 29:** Total d'*An. gambiae s.l.* paires de l'intérieur et l'extérieur de septembre 2011 à décembre 2012.

Le taux global de moustiques pare au cours de la période d'étude à l'intérieur et à l'extérieur des habitations humaines étaient de 79,6% (n = 862) et 83,3% (n =606), respectivement. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative ( $X^2 = 3,27$ ,  $P = 0,07$ ) entre ces deux taux.

#### 5.2.3.2 Taux d'infection d'*An .gambiae s l* à l'intérieur et l'extérieur

**Tableau 3:** Comparaison entre le taux d'infection à l'intérieur versus l'extérieur

	CSP	
	Positif	Total
<b>Extérieur</b>	5(0,6%)	823(100%)
<b>Intérieur</b>	7(0,6%)	1189(100%)
<b>Total</b>	12(0,6%)	2012(100%)

Ch<sup>2</sup>=0,003                      df=1                      P=0,95

Sur 2012 femelles traitées à l'ELISA CSP le taux d'infection a été 0,6%. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les taux d'infection à l'intérieur et l'extérieur durant l'étude (P=0,95; df=1).

## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

### 5.2.3.3 Agressivité mensuelle et le taux d'inoculation entomologique d'*An .gambiae s.l.* à l'extérieur et l'intérieur

**Tableau 4:** Comparaison mensuelle d'agressivité et du taux d'inoculation entomologique à l'extérieur versus l'intérieur

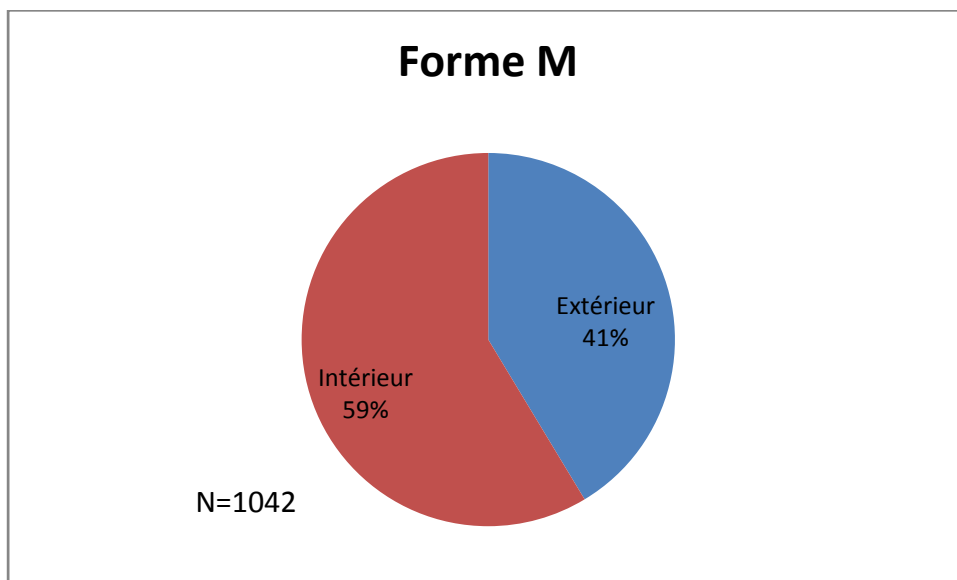
Mois	CSP-Positif		Total traité		m .a mensuel		TIE mensuel	
	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int	Ext	Int
Sep-11	0	0	96	104	10110	15135	0	0
Oct-11	0	0	100	100	19065	12195	0	0
Nov-11	0	0	75	165	1125	2725	0	0
Déc-11	0	0	3	28	45	420	0	0
Jan-12	0	0	0	0	0	0	0	0
Mai-12	0	0	0	4	15	75	0	0
Juin-12	0	1	12	24	180	360	0	15
Jul-12	2	2	143	172	2145	2580	30	30
Aout-12	2	2	32	90	480	1350	30	30
Sep-12	0	1	242	242	7200	6705	0	28
Oct-12	0	1	42	82	630	1230	0	15
Nov-12	1	0	48	65	720	975	15	0
Déc-12	0	0	30	113	450	1695	0	0
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>823</b>	<b>1189</b>	<b>42165</b>	<b>45465</b>	<b>75</b>	<b>118</b>

TIE ou Taux d'inoculation entomologique=Nombre de piqure infectante/personne/unité de temps

Ce tableau montre qu'en 2011 l'agressivité la plus élevée à l'extérieur a été observée en mois d'octobre (10110 p/h/m) et à l'intérieur en septembre (15135 p/h/m) alors qu'en 2012 l'agressivité la plus élevée à l'extérieur (7200 p/h/m) comme à l'intérieur (6705 p/h/m) a été observée en mois de septembre. La moyenne d'agressivité mensuelle à l'extérieur a été 3243,5 p/h/m avec  $sd=\pm 5686,4$  et celle de l'intérieur a été 3497,3 p/h/m avec  $sd=\pm 4876,8$ . Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre l'agressivité à l'intérieur et l'extérieur des habitations humaines durant l'étude ( $P=0,727$  ;  $df=24$ ).

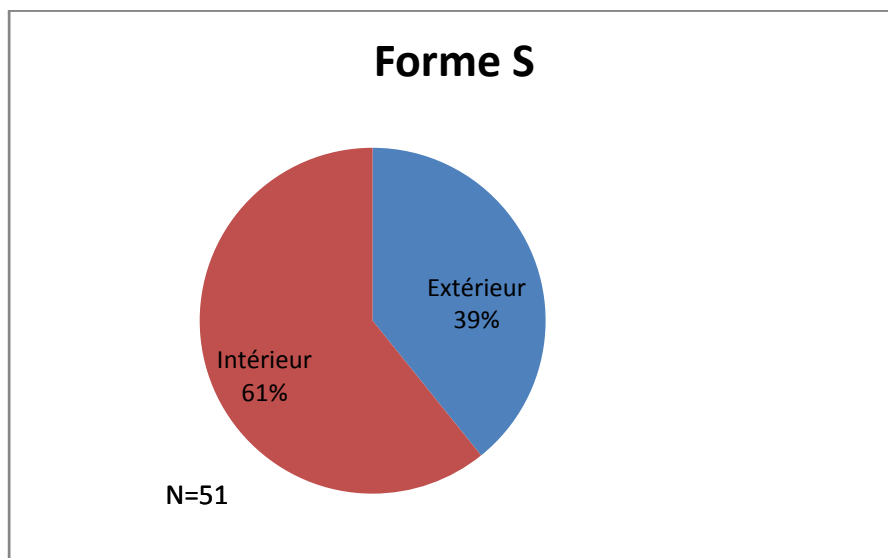
Le taux d'inoculation mensuel le plus élevé a été observé aux mois de juillet 30 pi/h/m et d'août 30 pi/h/m à l'extérieur comme à l'intérieur. Le taux moyen d'inoculation mensuel a été 5,77 pi/h/m  $sd=\pm 11,519$  à l'extérieur et de 9,08 p/h/m avec  $sd=\pm 12,790$  à l'intérieur. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le taux d'inoculation à l'intérieur et à l'extérieur des habitations durant l'étude ( $P=0,351$  ;  $df=24$ ).

#### 5.2.3.4 Comparaison entre les formes moléculaire



**Figure 30:** Proportions de la forme moléculaire M à l'intérieur versus l'extérieur

Sur 1042 femelles traitées par PCR les proportions de M ont été de 41 % à l'extérieur avec une moyenne de 53,88 ou  $sd=\pm 57,09$ . Elle était à l'intérieur de 59% avec une moyenne de 76,38 ou le  $sd=\pm 55,27$ . Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les nombres moyens de moustiques (Forme M) collectés à l'intérieur et l'extérieur des habitations humaines durant l'étude ( $P=0,865$  ;  $df=14$ ).



**Figure 31:** Forme S à l'intérieur versus l'extérieur

Sur 51 femelles traitées par PCR les proportions de S ont été de 39 % à l'extérieur avec une moyenne de 2,50 ou  $sd=\pm 5,50$ . Elle était à l'intérieur de 61% avec une moyenne de 3,88 ou le  $sd=\pm 8,59$ . Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les nombres moyens de moustiques (forme S) collectés à l'intérieur et l'extérieur des habitations humaines durant l'étude ( $P=0,493$  ;  $df=14$ ).

**Tableau 5:** Comparaison entre les formes moléculaire d'*An.gambiae s.l.* à l'intérieur versus l'extérieur

Intérieur /Extérieur	Formes		Total
	M	S	
<b>Extérieur</b>	431 (95,6%)	20 (4,4%)	451 (100%)
<b>Intérieur</b>	611 (95,2%)	31 (4,8%)	642 (100%)
<b>Total</b>	1042 (95,3%)	51 (4,7%)	1093 (100%)

Il n'y avait pas de différence statistique significative entre les moustiques traités à l'intérieur et l'extérieur durant l'étude ( $P=0,88$  ;  $df=1$ ).

## **6. DISCUSSION**

L'étude des moustiques vecteurs de la transmission du paludisme est un préalable indispensable non seulement pour comprendre l'épidémiologie de la maladie mais aussi pour mettre en place une méthode de lutte efficace et ciblée contre les vecteurs (Fontenille et *al.* 2003). Actuellement les méthodes de lutte anti-vectorielle sont dirigées contre plusieurs espèces de moustiques raison pour laquelle nous nous sommes intéressés à différentes espèces pour une meilleure connaissance de leur comportement trophique. La présente étude s'est proposée d'évaluer les variations dans le choix des hôtes (homme, veau, poules, chèvres) pour différentes espèces de moustiques dans le périmètre de riziculture irriguée de Sélingué.

### **6.1. Composition vectorielle**

L'espèce vectrice du paludisme rencontrée au village V20 était *An. gambiae s.l.* Elle était composée d'*An. arabiensis* et d'*An. gambiae s.s* dans laquelle la fréquence des formes moléculaires M ( ou *An. coluzzii*) prédominait sur celle des formes moléculaires S, ce résultat est comparable à celui de Camara, 2012 à Baroueli-Mali.

En plus du complexe *Anopheles gambiae s.l.*, dans la faune anophélienne, il y avait la présence d'*An. coustani* , d'*An. pharoensis* ; et dans la faune culicinae des *Culex spp* et des *Mansonia spp.*

### **6.2 Choix des moustiques pour différents hôtes**

Durant cette période d'étude de septembre 2011 à décembre 2012, nous avons collectés au total 13980 moustiques dans les pièges. Les espèces collectées ont été : *Anopheles gambiae s.l.*, *Anopheles pharoensis*, *Anopheles coustani*, les *Culex spp*, les *Mansonia spp.*

A l'exception de l'*Anopheles coustani* les autres espèces ont été retrouvés au Burkina Faso par C. Costantini et al. 1998 avec la même technique de capture.

Au niveau de l'OBET-Humain, l'*An. gambiae s.l* a été l'espèce la plus fréquente comparée aux autres espèces collectées. La proportion d'*An. gambiae s.l* qui a choisi le piège à appât humain était 82,45% en majorité composé d'*An. gambiae s.s* et 17,55 % pour les autres pièges à appât, ce résultat est comparable à celui de Costantini et *al.*, 1993. Ces résultats montrent que le degré très élevé d'anthropophilie d'*An. gambiae s.l* pourrait être expliqués en partie comme une préférence pour les odeurs humaines. Il est intéressant de noter un taux très

élevé de *Culex spp* au niveau d'OBET-Veau et de *Mansonia spp* au niveau de l'OBET-Chèvre et de l'OBET-Poules. Ces résultats corroborent les hypothèses de Garrett-Jones C et al 1980 et de Gillies et al 1972. Dans un même environnement (naturel ou expérimental) des espèces différentes choisiront différents hôtes. Cette spécificité indique fortement que des facteurs génétiques et/ou environnementaux pourraient jouer un rôle dans le choix de l'hôte.

➤ **Importance de l'étude sur le choix des hôtes par les moustiques**

Les études sur le choix des hôtes par les moustiques sont d'importance primordiale pour la préparation et la mise en œuvre des campagnes de lutte anti-vectorielle. La connaissance du choix de l'hôte peut expliquer certaines modalités de transmission du parasite, en ce fait, un intérêt épidémiologique évident. C'est-à-dire le choix par les moustiques hématophages est un facteur déterminant l'intensité de la transmission des pathogènes associés (Gubbins et al. 2008). Les parasites (sporozoïtes) profitent de la relation étroite qui s'instaure entre les vecteurs et son hôte pour être transmis, de l'hôte infecté au moustique sain et du moustique infectant à l'hôte sain, à la faveur d'un repas sanguin. Définir la communauté d'hôtes des moustiques hématophages est essentiel pour identifier les espèces de moustiques impliquées dans la transmission de maladies vectorielles, avec comme conséquences la possibilité d'influer sur l'intensité de la transmission en jouant sur l'abondance et la localisation des hôtes.

Les résultats de cette étude sur l'attractivité des moustiques pour un hôte donnée pourront servir d'indice pour la recherche de gènes d'olfaction dont la modification pourrait dévier les moustiques de leur hôte. Aussi, la mise au point de molécules influant sur l'olfaction, est une piste de recherche intéressante pour réduire le contact entre le vecteur et l'hôte. Selon Collins et Besansky, en 1994 la modification des gènes qui prédisposent un moustique à piquer les hôtes pourrait être une stratégie de lutte génétique contre le paludisme.

**6. 3 Choix du lieu de piqûre des vecteurs (extérieur versus l'intérieur)**

La dynamique de la faune culicidienne est en rapport avec le fonctionnement et la dynamique des gîtes larvaires que constituent les rizières, notamment avec le développement végétatif des plants de riz dans les casiers. Les densités et agressivités sont élevées après le repiquage des plants de riz, pendant le tallage et la montaison où les conditions sont idéales pour le développement des larves où nous observons le pic du vecteur du paludisme (*An. gambiae s.l.*). Ce même constat a été fait à Kafiné en Cote d'Ivoire par Doannio et al. en 2002.

Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le nombre des moustiques (*An. gambiae s.l*) collectés à l'intérieur et l'extérieur durant l'étude ( $P=0,72$ ;  $df=24$ ). Les mêmes observations ont été faites par Niangaly en 2014 à Sirakorola et par Camara en 2012 à Baroueli.

La moitié des espèces vectrices retrouvées à l'extérieur est probablement due à l'utilisation généralisée des moustiquaires imprégnées à longue durée de rémanence dans les habitations humaines. De façon générale les méthodes de lutte anti-vectorielle sont principalement dirigées contre les espèces vectrices présentes à l'intérieur des habitations humaines (moustiquaires imprégnées d'insecticide et la pulvérisation intra domiciliaire etc...).

Le cycle d'agressivité horaire d'*An. gambiae s.l* à l'intérieur et à l'extérieur des maisons était divisé en différentes périodes : Entre 18 heures et 00 heure, l'activité de piqûre était élevée à l'extérieur et entre 00 heure et 06 heures, elle était intense à l'intérieur des maisons. Le cycle d'agressivité horaire d'*An. gambiae s.l* observé était caractérisé par un pic au milieu de la nuit entre 22 heures et 02 heures, Il est conforme aux observations faites antérieurement à Tiassalékro en Côte d'Ivoire par (Konan et al. 2009). Les autres espèces (*Culex spp*, *Mansonia spp* ; *An. coustani* ; *An. pharoensis* ) avaient des activités à l'extérieur en majorité ; Ces observations sont similaires à celles de (Ravoahangimalala et al. 2003) à Mandritsara-Madagascar.

#### **6. 4 Etudes entomologiques de la transmission**

Les paramètres entomologiques calculés à ce niveau ont été fait sur les moustiques issus de la capture nocturne de septembre 2011 à décembre 2012.

Il ressort de cette étude qu'au V20 les pourcentages d'*An. gambiae* femelles pares étaient relativement stables, toujours supérieur à 50% sauf au mois de janvier où nous n'avons pas eu d'*An. gambiae* femelle. Le maximum des femelles pares a été observé en décembre 2011 et mai 2012 à l'extérieur (100%) et juin 2012 à l'intérieur (100%). Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les moustiques disséqués à l'intérieur et à l'extérieur durant l'étude ( $P=0,07$  ;  $X^2=3,27$ ). La prédominance des femelles pares durant toute la période d'étude pourrait se traduire par une longévité élevée des femelles. Ce résultat est contraire à l'observation faite par Konan et al. en 2009 et Doannio et al. en 2002 où le taux de parturité était faible dans ces zones de riziculture.



## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

---

L'agressivité (**m.a**) a varié d'un mois à l'autre, de 521 piqûres par personne et par nuit (PPN) au mois d'octobre en 2011 à 1,5 PPN au mois de mai 2012. Cette variation était en rapport avec les activités de riziculture. La même remarque a été faite à Kisumu au Kenya par (Chandler et al 1975). Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre l'agressivité à l'intérieur et l'extérieur des habitations humaines durant l'étude ( $P=0,727$  ;  $df=24$ ). Il ressort de cette étude un taux d'infection très faible à l'intérieur comme à l'extérieur des habitations et il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les taux d'infection à l'intérieur et l'extérieur durant l'étude ( $P=0,95$ ;  $df=1$ ). Cela pourrait être la conséquence de cette pullulation culicidienne provoquant un changement de comportement des villageois qui se sont équipés de moustiquaires, plus ou moins en bon état, dans leurs maisons. Dans ces conditions, il est vraisemblable qu'ils reçoivent moins de piqûres, et donc moins de piqûres infectées. Ce constat a été fait en vallée de Kou au Burkina Faso par (Robert et al. 1988). Le taux moyen d'inoculation mensuel a été 5,77 pi/h/m  $sd=\pm 11,519$  à l'extérieur et de 9,08 p/h/m avec  $sd=\pm 12,790$  à l'intérieur. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le taux d'inoculation à l'intérieur et à l'extérieur des habitations durant l'étude ( $P=0,351$  ;  $df=24$ ).

### 6.5 Limites de l'étude

L'une des limites de notre étude a été le manque d'équivalence entre la taille (poids) des différents hôtes. D'autres part l'état de réplétion des moustiques collectés dans les pièges à OBET n'ont pas été prise en compte.

## 7. Conclusion et recommandations

### 7.1 Conclusion

Au terme de cette étude, il peut être conclu qu'il existe une différence dans la réactivité des différentes espèces de moustiques aux odeurs à partir de plusieurs hôtes disponibles ;

L'*An. gambiae s.l* a été la plus anthropophile, les *Culex spp* et les *Mansonia spp* ont été beaucoup plus attirés par les animaux.

Il permet aussi de comprendre l'activité d'*An. gambiae s.l* qui était plus présent à l'extérieur entre 18H-24H) qu'à l'intérieur et entre (24H-06H) plus présent à l'intérieur qu'à l'extérieur. Les résultats de cette étude ont montrés qu'il n'y a pas de différence statistiquement

## **Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

significative entre le nombre d'*An. gambiae s l* collectés à l'intérieur et l'extérieur des maisons.

Le taux d'infection était faible durant l'étude à Selingué (village 20 du périmètre d'irrigation), et Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les taux d'infection à l'intérieur et l'extérieur.

Les données sur les formes moléculaires (M et S) ont montrée qu'il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le nombre de moustiques (forme M et S) à l'intérieur et à l'extérieur des habitations.

### **7.2 Recommandations**

A l'issu de cette étude et au vu de ces résultats, nous recommandons :

➤ **Au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

De financer et d'encourager de telles études qui pourront avoir une contribution de taille dans la planification d'une lutte anti vectorielle.

➤ **Au PNL**

- D'appuyer les recherches dans le domaine de la santé surtout en ce qui concerne la lutte contre le paludisme et la recherche de nouveaux outils de protection contre les vecteurs.
- De renforcer la collaboration avec les structures de recherche telles que la section d'entomologie du MRTC pour les sujets de lutte contre les vecteurs de maladies.

➤ **Aux chercheurs**

- De mener des études similaires sur la faune culicidienne (*An. gambiae s l*) en vue d'une meilleure connaissance du comportement trophique pour l'amélioration de la lutte anti-vectorielle.

➤ **Aux populations des sites d'étude**

- De bien renforcer la coopération pour les activités de recherche.

## **8. Références bibliographiques**

- Balbir Singh, Lee Kim Sung. 2004.** « A large focus of naturally acquired Plasmodium knowlesi infections in human beings. » *Lancet* 363 (9414): 1017-24. doi:10.1016/S0140-6736(04)15836-4.
- Balenghien, Thomas, F Fouque, P Sabatier, et D.J Bicout. 2011.** « Theoretical formulation for mosquito host-feeding patterns: application to a West Nile virus focus of Southern France. *Journal of Medical Entomology*, 48(5): 1076-1090. »
- Berrya A, Iriarta X, et Magnavala J. s. d.** « Nouvelles méthodes de diagnostic du paludisme. REVUE FRANCOPHONE DES LABORATOIRES. »
- Blackwell, A., A. J. Mordue (Luntz), et W. Mordue. 1994.** « Identification of Bloodmeals of the Scottish Biting Midge, *Culicoides Impunctatus*, by Indirect Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) ». *Medical and Veterinary Entomology* 8 (1): 20-24. doi:10.1111/j.1365-2915.1994.tb00378.x.
- Burkot, T.R., F Zavala, R.W Gwadz, F. H. Collins, R.S Nussenzweig, et D.R Roberts. 1984.** « Identification of malaria-infected mosquitos by a two-site enzyme linked immuno-sorbent assay. *America Journal of Tropical Medecine and Hygiene*, 33, 227 ». [https://scholar.google.com/scholar?q=Burkot+et+al+1984.+Technique+d%E2%80%999ELISA+Sandwich&btnG=&hl=fr&as\\_sdt=0%2C5](https://scholar.google.com/scholar?q=Burkot+et+al+1984.+Technique+d%E2%80%999ELISA+Sandwich&btnG=&hl=fr&as_sdt=0%2C5).
- Camara, L. 2012.** « Etude entomologique de base en prélude à la pulvérisation intra domiciliaire dans la commune rurale de Boidie, cercle de Barouéli ». Doctorat, Mali: FMPOS.
- Carpenter, S., C. McArthur, R. Selby, R. Ward, D. V. Nolan, A. J. Mordue Luntz, J. F. Dallas, F. Tripet, et P. S. Mellor. 2008.** « Experimental Infection Studies of UK *Culicoides* Species Midges with Bluetongue Virus Serotypes 8 and 9 ». *The Veterinary Record* 163 (20): 589-92.
- CHANDLER et al. 1975.** « The succession of mosquito species (Diptera, Culicidae) in rice fields in the Kisumu area of Kenya, and their possible control ». *Bull. ent. Res.* 65, 295-302. *Bull. ent. Res.* 65, 295-302.
- Clements, AN. 1999.** « The biology of mosquitoes sensory réception and behaviour;oxon;editor. new-york:CABI ». In .

## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

---

- Coetzee, Maureen, Richard H. Hunt, Richard Wilkerson, Alessandra Della Torre, Mamadou B. Coulibaly, et Nora J. Besansky. 2013.** « *Anopheles Coluzzii* and *Anopheles Amharicus* , New Members of the *Anopheles Gambiae* Complex ». *Zootaxa* 3619 (3): 246-74. doi:10.11646/zootaxa.3619.3.2.
- Collins, F. H., et N. J. Besansky. 1994.** « Vector Biology and the Control of Malaria in Africa ». *Science (New York, N.Y.)* 264 (5167): 1874-75.
- Collins, F. H., M. A. Mendez, M. O. Rasmussen, P. C. Mehaffey, N. J. Besansky, et V. Finnerty. 1987.** « A Ribosomal RNA Gene Probe Differentiates Member Species of the *Anopheles Gambiae* Complex ». *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 37 (1): 37-41.
- COLUZZI, M, et V PETRARCA. 1973.** « Aspirator with paper cup for collecting mosquitoes and other insects. *Mosquito News*, 33: 249-250. »
- Coluzzi, M., A. Sabatini, V. Petrarca, et M. A. Di Deco. 1979.** « Chromosomal Differentiation and Adaptation to Human Environments in the *Anopheles Gambiae* Complex ». *Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 73 (5): 483-97. doi:10.1016/0035-9203(79)90036-1.
- Costantini, Carlos, G Gibson, J Brady, L Merzagaro, et M Coluzzi. 1993.** « A NEW Odour-Baited-Trap to collect host-seeking mosquitoes. *Parassitologia* 35:5-9 ». [http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fprofile%2FCarlo\\_Costantini%2Fpublication%2F15284260\\_A\\_new\\_odour-baited\\_trap\\_to\\_collect\\_host-seeking\\_mosquitoes%2Flinks%2F00b49518bd209180ba000000.pdf&ei=Kf72VPfLEdHUaqzjgfAI&usg=AFQjCNG-9JG7QQpkO\\_4UNKKIkueyHP2RjQ](http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fprofile%2FCarlo_Costantini%2Fpublication%2F15284260_A_new_odour-baited_trap_to_collect_host-seeking_mosquitoes%2Flinks%2F00b49518bd209180ba000000.pdf&ei=Kf72VPfLEdHUaqzjgfAI&usg=AFQjCNG-9JG7QQpkO_4UNKKIkueyHP2RjQ).
- Costantini, C., N. F. Sagnon, A. della Torre, M. Diallo, J. Brady, G. Gibson, et M. Coluzzi. 1998.** « Odor-Mediated Host Preferences of West African Mosquitoes, with Particular Reference to Malaria Vectors ». *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 58 (1): 56-63.
- Diarrassouba, Fatoumata. 2002.** « Sensibilité des Vecteurs du paludisme aux DDT et aux PYRETHRINOIDES de synthèse preconisées pour l'impregnation au Mali ». Doctorat, Mali: FMPOS. Bibliothèque FMOS.
- Dolo, Guimogo, Olivier J. T. Briët, Adama Dao, Sékou F. Traoré, Madama Bouaré, Nafomon Sogoba, Oumou Niaré, et al. 2004.** « Malaria Transmission in Relation to Rice Cultivation in the Irrigated Sahel of Mali ». *Acta Tropica* 89 (2): 147-59.

- Dondorp, Arjen M., Shunmay Yeung, Lisa White, Chea Nguon, Nicholas P. J. Day, Duong Socheat, et Lorenz von Seidlein. 2010.** « Artemisinin Resistance: Current Status and Scenarios for Containment ». *Nature Reviews. Microbiology* 8 (4): 272-80. doi:10.1038/nrmicro2331.
- Elliott, R. 1972.** « The Influence of vector Behavior on Malaria Transmission », *Amer. J. trop. Med. Hyg.*, 21, (5), 755-763 ».
- Fanello, C., F. Santolamazza, et A. della Torre. 2002.** « Simultaneous Identification of Species and Molecular Forms of the *Anopheles Gambiae* Complex by PCR-RFLP ». *Medical and Veterinary Entomology* 16 (4): 461-64.
- Fillinger, Ulrike, Bart G. J. Knols, et Norbert Becker. 2003.** « Efficacy and Efficiency of New *Bacillus Thuringiensis* Var. *Israelensis* and *Bacillus Sphaericus* Formulations against Afrotropical Anophelines in Western Kenya ». *Tropical Medicine & International Health* 8 (1): 37-47. doi:10.1046/j.1365-3156.2003.00979.x.
- Fontenille, D., A. Cohuet, P. H. Awono-Ambene, C. Antonio-Nkondjio, C. Wondji, P. Kengne, I. Dia, et al. 2003.** « [Systematics and biology of *Anopheles* vectors of Plasmodium in Africa, recent data] ». *Médecine Tropicale: Revue Du Corps De Santé Colonial* 63 (3): 247-53.
- Gamage-Mendis, A. C., J. Rajakaruna, S. Weerasinghe, C. Mendis, R. Carter, et K. N. Mendis. 1993.** « Infectivity of Plasmodium Vivax and P. Falciparum to *Anopheles Tessellatus*; Relationship between Oocyst and Sporozoite Development ». *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 87 (1): 3-6.
- Garrett-Jones C et al. 1980.** « Feeding habits of anophelines (Diptera: Culicidae) in 1971-1978, with reference to the human blood index ». *Bulletin of Entomological Research* 70: 165-185.
- Gerry, Alec C., V. Sarto i Monteys, J. O. Moreno Vidal, O. Francino, et Bradley A. Mullens. 2009.** « Biting Rates of Culicoides Midges (Diptera: Ceratopogonidae) on Sheep in Northeastern Spain in Relation to Midge Capture Using UV Light and Carbon Dioxide-Baited Traps ». *Journal of Medical Entomology* 46 (3): 615-24.
- Gillies et al, M. T. 1972.** « The range of attraction of animal baits and carbon dioxide for mosquitoes. Studies in a freshwater area of West Africa ». *Bulletin of Entomological Research* 61 (03): 389-404. doi:10.1017/S0007485300047295.

## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

---

- Gillies, M. T., et T. J. Wilkes. 1972.** « The range of attraction of animal baits and carbon dioxide for mosquitoes. Studies in a freshwater area of West Africa ». *Bulletin of Entomological Research* 61 (03): 389-404. doi:10.1017/S0007485300047295.
- Goodschild, A.J.P. 1955.** « Some observations on growth and egg production of the blood-sucking Reduviids, *Rhodnius prolixus* and *Triatoma infestans* Proceedings of the Royal Entomological Society of London. Series A, General Entomology, 30(10-12): 137-144. »
- Hair, J. A, et Jr Turner. 1968.** « Preliminary host preference studies on Virginia Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae). Mosquito News 28 (1):103-107 ». [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=8023780&pid=S0101-8175199800010001200010&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=8023780&pid=S0101-8175199800010001200010&lng=en).
- Helinski, Michelle E. H., Mo'awia M. Hassan, Waleed M. El-Motasim, Colin A. Malcolm, Bart G. J. Knols, et Badria El-Sayed. 2008.** « Towards a Sterile Insect Technique Field Release of *Anopheles Arabiensis* Mosquitoes in Sudan: Irradiation, Transportation, and Field Cage Experimentation ». *Malaria Journal* 7: 65. doi:10.1186/1475-2875-7-65.
- Hingst, Hans E. 1934.** « Plasmodium Falciparum Welch, 1897 Does Direct Division of the Parasite Precede Schizogony? ». *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* s1-14 (4): 325-28.
- J Hamon, E Abonneng, et E Noel. 1955.** « CONTRIBUTION A L'ETUDE DES CULICIDES DE L'OUEST DE SENEGAL.-Ann.Parasit.Hum.Comp.,30,P,278-303. »
- Kay, Brian H., Ann Marie Boyd, Peter A. Ryan, et Roy A. Hall. 2007.** « Mosquito Feeding Patterns and Natural Infection of Vertebrates with Ross River and Barmah Forest Viruses in Brisbane, Australia ». *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 76 (3): 417-23.
- Kelly, D. W. 2001.** « Why Are Some People Bitten More than Others? ». *Trends in Parasitology* 17 (12): 578-81.
- Khairnar, Krishna, Donald Martin, Rachel Lau, Filip Ralevski, et Dylan R. Pillai. 2009.** « Multiplex Real-Time Quantitative PCR, Microscopy and Rapid Diagnostic Immunochromatographic Tests for the Detection of Plasmodium Spp: Performance, Limit of Detection Analysis and Quality Assurance ». *Malaria Journal* 8: 284. doi:10.1186/1475-2875-8-284.
- Konan, Y. L., A. B. Kone, J. M. C. Doannio, D. Fofana, et P. Odehour-Koudou. 2009.** « Transmission du paludisme à Tiassalékro, village de riziculture irriguée situé en

## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

---

- zone sud forestière de Côte d'Ivoire ». *Bulletin de la Société de pathologie exotique* 102 (1): 26-30.
- Kouriba. 1993.** « Ecologie de la chloroquino-résistance au Mali: intérêt d'un test de détection des souches chloroquino-résistantes de *Plasmodium falciparum* par l'utilisation de l'hydrogène trituré et de verapamil. » Thèse de pharmacie, ENMP, Bamako, Mali.
- Kulhorn, F. 1971.** « Uber verhaltensweisen von Anopheles (Dipt. □: Culicidae) beim Raumberflug Untersuchungen über die Insektenfauna von Raumen, *Z. Angewandte zool.*,58, 1-23 ».
- Laarman, J.J. 1958.** « *Folia Sc. Africae Centr.*,4, 1, 18 ».
- Laird, M. 1946.** « A Ceratopogonide midge (*Culicoides anophelis* Edwards, 1922) sucking engorged blood from a mosquito (*Armigeres lacuum* Edwards, 1922) at Palmalmal, New Britain. *Transactions of the Royal Society of the New Zealand*, 76(2): 158-161. »
- Linden, Annick, Fabien Grégoire, Adrien Nahayo, David Hanrez, Bénédicte Mousset, Audrey Laurent Massart, Ilse De Leeuw, Elise Vandemeulebroucke, Frank Vandebussche, et Kris De Clercq. 2010.** « Bluetongue Virus in Wild Deer, Belgium, 2005–2008 ». *Emerging Infectious Diseases* 16 (5): 833–36. doi:10.3201/eid1605.091217.
- Lyimo, Issa N., et Heather M. Ferguson. 2009.** « Ecological and Evolutionary Determinants of Host Species Choice in Mosquito Vectors ». *Trends in Parasitology* 25 (4): 189-96. doi:10.1016/j.pt.2009.01.005.
- Mack S.R, Samuels S, et Vanderberg J.P. 1979a.** « Hemolymph of *Anopheles stephensi* from noninfected and *Plasmodium berghei*-infected mosquitoes. 3. Carbohydrates. *J Parasitol* 65, 217-21. » about:home.
- Mack S.R . 1979b.** « Hemolymph of *Anopheles stephensi* from uninfected and *Plasmodium berghei*-infected mosquitoes. 2. Free amino acids. *J Parasitol* 65, 130-6. »
- Moody, A. H., et P. L. Chiodini. 2002.** « Non-Microscopic Method for Malaria Diagnosis Using OptiMAL IT, a Second-Generation Dipstick for Malaria pLDH Antigen Detection ». *British Journal of Biomedical Science* 59 (4): 228-31.
- Moody, Anthony. 2002.** « Rapid Diagnostic Tests for Malaria Parasites ». *Clinical Microbiology Reviews* 15 (1): 66-78.

**Munhenga, Givemore, Basil D. Brooke, Tobias F. Chirwa, Richard H. Hunt, Maureen Coetzee, Danny Govender, et Lizette L. Koekemoer. 2011.** « 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 & Vectors* 4: 208. doi:10.1186/1756-3305-4-208.

**Nelson, W.A., J.E. Keirans, J.F. Bell, et C.M. Clifford. 1975.** « Host-ectoparasite relationships. *Journal of Medical Entomology*, 12(2): 143-266. »

**Niangaly, Alèwè. 2014.** « Etude des paramètres paludométriques en zones de pulvérisation intra domiciliaire (PID) de Koulikoro, Mali ». Bamako: FPH. Bibliothèque FMOS.

« **OMS | Rapport 2013 sur le paludisme dans le monde** ». 2014. **WHO**. Consulté le novembre 3. [http://www.who.int/malaria/publications/world\\_malaria\\_report\\_2013/report/fr/](http://www.who.int/malaria/publications/world_malaria_report_2013/report/fr/).

« **OMS | Rapport 2014 sur le paludisme dans le monde** ». 2015. **WHO**. Consulté le mars 4. [http://www.who.int/malaria/publications/world\\_malaria\\_report\\_2014/report/fr/](http://www.who.int/malaria/publications/world_malaria_report_2014/report/fr/).

« **OMS | Rapport sur le paludisme en Afrique 2003** ». 2014. **WHO**. Consulté le décembre 1. <http://www.who.int/malaria/publications/atoz/whocdsmal20031093/fr/>.

**Petrarca, V., et J. C. Beier. 1992.** « Intraspecific Chromosomal Polymorphism in the *Anopheles Gambiae* Complex as a Factor Affecting Malaria Transmission in the Kisumu Area of Kenya ». *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 46 (2): 229-37.

**Ravoahangimalala, RO, HL Rakotoarivony, D Fontenille, et G Goff. 2003.** « Écoéthologie des vecteurs et transmission du paludisme dans la région rizicole de basse altitude de Mandritsara, Madagascar. » [http://www.pathexo.fr/SPE/abstract.php?id\\_article=4054&id\\_bull=96&id\\_volume=24](http://www.pathexo.fr/SPE/abstract.php?id_article=4054&id_bull=96&id_volume=24) 1.

**Robert, V., G. le Goff, L. C. Gouagna, M. Sinden, J. Kieboom, R. Kroneman, et J. P. Verhave. 1998.** « Kinetics and Efficiency of *Plasmodium Falciparum* Development in the Midguts of *Anopheles Gambiae*, *An. Funestus* and *An. Nili* ». *Annals of Tropical Medicine and Parasitology* 92 (1): 115-18.



## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

---

- Robert V, Robert, Ouari B, Ouedraogo V, et Carnevale P. 1988.** « [An ecologic study of adult and larval Culicidae in a rice field of Kou Valley, Burkino Faso] ». *Acta tropica* 45 (4): 351-59.
- Sachs, Jeffrey, et Pia Malaney. 2002.** « The Economic and Social Burden of Malaria ». *Nature* 415 (6872): 680-85. doi:10.1038/415680a.
- Sangaré D. 2000.** « Dynamique des populations d'*Anopheles gambiae* sl, d'*Anopheles funestus* et de *Plasmodium falciparum* dans le système de transmission par relais du paludisme à Donéguébougou (Arrondissement central de Kati). » Thèse de Doctorat 3e Cycle: Entomologie et Parasitologie, ISFRA, Bamako-Mali.
- Singh, Balbir, Lee Kim Sung, Asmad Matusop, Anand Radhakrishnan, Sunita S. G. Shamsul, Janet Cox-Singh, Alan Thomas, et David J. Conway. 2004.** « A Large Focus of Naturally Acquired *Plasmodium Knowlesi* Infections in Human Beings ». *Lancet* 363 (9414): 1017-24. doi:10.1016/S0140-6736(04)15836-4.
- Sinka et al. 2012.** « A global map of dominant malaria vectors ». <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1756-3305-5-69.pdf>.
- Swellengrebel, N.H. 1929.** « La dissociation des fonctions sexuelles et nutritives (dissociations gonotrophiques) d'*Anopheles maculipennis* comme cause du Paludisme dans les Pays-Bas et ses rapports avec l'«infection domiciliaire». *Annales de l'Institut Pasteur*, 43 1370-1389. »
- Tabachnick, Walter J. 2003.** « Reflections on the *Anopheles Gambiae* Genome Sequence, Transgenic Mosquitoes and the Prospect for Controlling Malaria and Other Vector Borne Diseases ». *Journal of Medical Entomology* 40 (5): 597-606.
- Talman, Arthur M, Olivier Domarle, F Ellis McKenzie, Frédéric Ariey, et Vincent Robert. 2004.** « Gametocytogenesis□: the puberty of *Plasmodium falciparum* ». *Malaria Journal* 3 (juillet): 24. doi:10.1186/1475-2875-3-24.
- Tirados, I., C. Costantini, G. Gibson, et S. J. Torr. 2006.** « Blood-Feeding Behaviour of the Malarial Mosquito *Anopheles Arabiensis*: Implications for Vector Control ». *Medical and Veterinary Entomology* 20 (4): 425-37. doi:10.1111/j.1365-2915.2006.652.x.
- Togola, Salif. 2009.** « Les pêcheurs du lac de Sélingué ». *Hommes et migrations. Revue française de référence sur les dynamiques migratoires*, n° 1279 (mai): 24-37. doi:10.4000/hommesmigrations.290.

- Touré . 1979.** « Bio-écologie des anophèles (DIPTERA-CULICIDEA) dans une zone rurale de savane soudanienne au Mali; Incidence sur la transmission du paludisme et de la filariose de bancroft (Village de Banambani, arrondissement de Kati). » Thèse de 3e cycle Entomologie: Bamako, Mali, Centre Pédagogique Supérieur de Bamako.
- Vaughan, J. A., B. H. Noden, et J. C. Beier. 1994.** « Sporogonic Development of Cultured Plasmodium Falciparum in Six Species of Laboratory-Reared Anopheles Mosquitoes ». *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 51 (2): 233-43.
- Viennet, Elvina, Claire Garros, Renaud Lancelot, Xavier Allène, Laëtitia Gardès, Ignace Rakotoarivony, Didier Crochet, et al. 2011.** « Assessment of vector/host contact: comparison of animal-baited traps and UV-light/suction trap for collecting Culicoides biting midges (Diptera: Ceratopogonidae), vectors of Orbiviruses ». *Parasites & Vectors* 4 (juin): 119. doi:10.1186/1756-3305-4-119.
- World Health Organization, Department of Communicable Disease Surveillance and Response, et Global Partnership to Roll Back Malaria. 2002.** *Monitoring Antimalarial Drug Resistance Report of a WHO Consultation, Geneva, Switzerland, 3-5 December 2001.* Geneva: World Health Organization. [http://www.who.int/emc-documents/antimicrobial\\_resistance/docs/whocdscsreph200217.pdf](http://www.who.int/emc-documents/antimicrobial_resistance/docs/whocdscsreph200217.pdf).
- Yaro., A. S. 2007.** *Impact de l'infection à Plasmodium falciparum sur le taux d'éclosion des œufs et le développement larvaire chez Anopheles gambiae s.s au Mali. Master M.I.E. Université d'Abomey Calavi (Cotonou) Promotion Ronald Ross: IRSP Ouidah, Rapport N01.*

# Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

---

## FICHE SIGNALÉTIQUE

Nom : **Sylla**

Prénom : **Daman**

Titre : Etude du comportement trophique et des paramètres entomologiques chez *Anopheles gambiae s.l* en utilisant les OBET et la capture de nuit à Sélingue, Mali

Année de Soutenance : **2015**

Ville de Soutenance : **Bamako**

Lieu de dépôt : **Bibliothèque de la Faculté de Médecine et d'Odonto-Stomatologie (FMOS), Bamako, Mali.**

Secteur d'intérêt : **Santé publique, Paludisme, Lutte anti vectorielle,**

## RESUME

Dans le monde les moustiques sont responsables de plus de 700 millions cas de maladies par an dont le paludisme qui tue en moyenne 548 000 personnes sur 198 millions de cas chaque année selon le rapport de l'OMS de 2014. *Anopheles gambiae s l* et *An. funestus* sont Les vecteurs majeures du paludisme au Mali.

La lutte anti vectorielle, composante essentielle de la lutte contre le paludisme, est essentiellement basée sur deux grandes stratégies (distribution de moustiquaires imprégnées d'insecticides et pulvérisation intra domiciliaire) qui ont prouvé leur efficacité mais qui présentent aussi des insuffisances. L'efficacité de ces stratégies dépend en large partie du comportement trophique des moustiques. Pour améliorer ces stratégies de lutte, il est important de comprendre le comportement trophique des vecteurs.

Le but de cette étude était d'évaluer les variations dans le choix des hôtes (humains, veau, poules, chèvres), dans la zone de riziculture de l'Office du Développement Rural de Selingué, principalement à V20, un hameau de Sélingué.

Les OBET (odor-baited-entry-trap) et la capture nocturne sur appât humain ont été utilisées pour les collectes de moustiques.

Au niveau de l'OBET-Humain, l'*An. gambiae s.l* a été l'espèce la plus fréquente comparée aux autres espèces collectées. Les *Culex spp* ont été l'espèce fréquemment rencontrés au niveau d'OBET-Veau et les *Mansonia spp* ont été fréquemment rencontrés au niveau de l'OBET-Chèvre et Poules. Dans la capture de nuit, il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le nombre d'*An. gambiae s.l* collectés à l'intérieur et l'extérieur ( $P=0,72$ ;  $df=24$ ). Les taux d'infection à l'intérieur (0,6%,  $n=1189$ ) et à l'extérieur

## **Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

(0.6%, n=823) sont comparables ( $P=0,95$ ;  $df=1$ ). Le taux moyen d'inoculation entomologique (TIE) mensuel à été de  $5,77 \pm 11,52$  à l'extérieur et de  $9,08 \pm 12,79$  à l'intérieur. Les TIE étaient comparables ( $P=0,351$ ;  $df=24$ ) entre l'intérieur et l'extérieur. Ces résultats indiquent un niveau comparable de la transmission du paludisme entre l'intérieur et l'extérieur des chambres. A cet effet les stratégies pourraient être améliorées pour cibler aussi la chaîne de transmission à l'extérieur.

**Mots clés:** Paludisme, lutte anti vectorielle, OBET (Odor-Baited-Entry-Trap), Capture nocturne.

## Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali

---

Name: **SYLLA**

First name: **Daman**

Title: Study of feeding behavior and entomological parameters of *Anopheles gambiae sl* using OBETs and Human Landing Catch in SELINGUE, Mali

Year of defense : **2015**

City of defense : **Bamako**

Place of deposit : **Library of the Faculty of Medecine and Dentistry (FMOS), Bamako, Mali.**

Sector of interest: **Public Health, Malaria, vector control**

ABSTRACT

Mosquitoes are responsible for more than 700 million illnesses per year worldwide, including malaria, which kills an average of 548,000 people out of 198 million cases each year according to the 2014 WHO report. *Anopheles gambiae s l* and *An. funestus* are the main vectors of malaria in Mali.

Vector control, an essential component of malaria control, is essentially based on two main strategies (distribution of insecticide-treated nets and indoor residual spraying), which have proven effective but also have shortcomings. The effectiveness of these strategies depends largely on the feeding behavior of mosquitoes. To improve these strategies, it is important to understand the feeding behavior of the vectors.

The purpose of this study was to assess changes in the choice of the host (human, calf, chickens, goats) in rice farming area of the Office of Rural Development Selingué, mainly V20, a hamlet Selingue.

Sample collection was done using OBETs (Odor-Baited-Entry-Trap) and the human landing catch method.

It appears from this study that for the Human-OBET, *Anopheles gambiae sl* was the most frequent species observed compared to other species collected. *Culex spp* were frequently encounters species at Calf-OBET and *Mansonia spp* were frequently encounters at the Goat-OBET and chickens-OBET. In the human landing catch, there was no statistically significant difference between the number of *An. gambiae sl* collected indoor and outdoor ( $P = 0.72$ ,  $df = 24$ ). The infection rate in the indoor (0.6%,  $n = 1189$ ) and outdoor (0.6%,  $n = 823$ ) were

## **Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

comparable ( $P = 0.95$ ,  $df = 1$ ). The average monthly entomological inoculation rate (EIR) to was  $5.77 \pm 11.52$  outside and  $12.79 \pm 9.08$  in. EIR were comparable ( $P = 0,351$ ,  $df = 24$ ) between the indoor and the outdoor. These results indicate a comparable level of malaria transmission between inside and outside the rooms. For this purpose the strategies could be improved to target also the transmission chain on the outside.

Keywords: Malaria, vector control, OBET (**Odor-Baited-Entry-Trap**), human landing catch.

## **Comportement trophique d'*Anopheles gambiae* et d'autres espèces de moustiques pour différents hôtes à Sélingue, Mali**

---

### **SERMENT D'HIPPOCRATE**

En présence des maîtres de cette faculté et 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 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**