



**U.S.T.T-B**

UNIVERSITE DES SCIENCES, DES  
TECHNIQUES ET DES TECHNOLOGIES DE  
BAMAKO



**FACULTE DE PHARMACIE**

ANNEE UNIVERSITAIRE 2022-2023

N° \_\_\_\_\_ /

**THESE**

**EVALUATION DE L'EFFICACITE BIOLOGIQUE DES  
INSECTICIDES A USAGE DOMESTIQUE DANS LA  
LUTTE CONTRE LES MOUSTIQUES VECTEURS DU  
PALUDISME AU MALI**

Présentée et soutenue publiquement le \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ devant la  
faculté de pharmacie

Par **Mme Djénéba MAIGA**

**Pour l'obtention du grade de Docteur en pharmacie  
(DIPLOME D'ETAT)**

**JURY**

**Président : Prof Sékou Fantamady TRAORÉ**

**Membres : Prof Guimogo DOLO**

**Dr Mamadou SOW**

**Directeur : Prof Ousmane KOITA**

**Co-directeur : Prof Moussa BM CISSÉ**

## **LISTE DES MEMBRES DE L'ADMINISTRATION ET DU CORPS ENSEIGNANT A LA FACULTÉ DE PHARMACIE ANNÉE UNIVERSITAIRE 2022-2023**

### ➤ **ADMINISTRATION**

**Doyen** : Boubacar TRAORE, Professeur

**Vice-doyen** : Sékou BAH, Maître de Conférences

**Secrétaire principal** : Seydou COULIBALY, Administrateur Civil

**Agent comptable** : Ismaël CISSE, Contrôleur des Finances.

### ➤ **PROFESSEURS HONORAIRES**

N°	PRÉNOMS	NOM	SPÉCIALITÉ
1	Flabou	BOUGOUDOGO	Bactériologie-Virologie
2	Boubacar Sidiki	CISSE	Toxicologie
3	Bakary Mamadou	CISSE	Biochimie
4	Abdoulaye	DABO	Malacologie — Biologie animale
5	Daouda	DIALLO	Chimie Générale et Minérale
6	Mouctar	DIALLO	Parasitologie-mycologie
7	Souleymane	DIALLO	Bactériologie - Virologie
8	Kaourou	DOUCOURE	Physiologie humaine
9	Ousmane	DOUMBIA	Chimie thérapeutique
10	Boukassoum	HAÏDARA	Législation
11	Gaoussou	KANOUTE	Chimie analytique
12	Alou A.	KEÏTA	Galénique
13	Mamadou	KONE	Physiologie
14	Brehima	KOUMARE	Bactériologie/Virologie
15	Abdourahamane S.	MAÏGA	Parasitologie
16	Saïbou	MAÏCA	Législation
17	Elimane	MARIKO	Pharmacologie
18	Mahamadou	TRAORE	Génétique
19	Sékou Fantamadv	TRAORE	Zoologie
20	Yaya	COULIBALY	Législation

➤ **PROFESSEURS DÉCÉDÉS**

N°	PRÉNOMS	NOMS	SPÉCIALITÉ
1	Mahamadou	CISSE	Biologie
2	Drissa	DIALLO	Pharmacognosie
3	Moussa	HARAMA	Chimie analytique
4	Mamadou	KOUMARE	Pharmacognosie
5	Moussa	SANOGO	Gestion pharmaceutique

➤ **DER : SCIENCES BIOLOGIQUES ET MÉDICALES**

**1. PROFESSEUR/DIRECTEUR DE RECHERCHE**

N°	PRÉNOMS	NOMS	GRADE	SPÉCIALITÉ
1	Mounirou	BABY	Professeur	Hématologie
2	Mahamadou	DIAKITE	Professeur	Immunologie-Génétique
3	Alassane	DICKO	Professeur	Santé Publique
4	Abdoulaye	DJIMDE	Professeur	Parasitologie-Mycologie
5	Amagana	DOLO	Professeur	Parasitologie-Mycologie
6	Aldjouma	GUINDO	Professeur	Hématologie. Chef de DER
7	Akory Ag	IKNANE	Professeur	Santé Publique/Nutrition
8	Kassoum	KAYENTAOU	Directeur de recherche	Santé publ./ Bio-statistique
9	Ousmane	KOITA	Professeur	Biologie-Moléculaire
10	Issaka	SAGARA	Directeur de recherche	Bio-statistique
11	Boubacar	TRAORE	Professeur	Parasitologie-Mycologie

**2. MAITRE DE CONFÉRENCES/MAITRE DE RECHERCHE**

N°	PRÉNOMS	NOMS	GRADE	SPÉCIALITÉ
1	Bourèma	KOURIBA	Maître de conférences	Immunologie
2	Almoustapha Issiaka	MAÏGA	Maître de recherche	Bactériologie-Virologie
3	Mahamadou S.	SISSOKO	Maître de recherche	Bio-statistique
4	Ousmane	TOURE	Maître de recherche	Santé Publiq/Santé environ.
5	Djibril Mamadou	COULIBAL Y	Maître de conférences	Biochimie clinique
6	Djénéba Coumba	DABITAO	Maître de conférences	Biologie-moléculaire
7	Antoine	DARA	Maître de conférences	Biologie-moléculaire
8	Souleymane	DAMA	Maître de conférences	Parasitologie - Mycologie
9	Laurent	DEMBELE	Maître de conférences	Biotechnologie-Microbienne
10	Seydina S. A.	DIAKITE	Maître de conférences	Immunologie
11	Fatou	DIAWARA	Maître de conférences	Épidémiologie
12	Ibrahima	GUINDO	Maître de conférences	Bactériologie Virologie
13	Amadou Birama	NIANGALY	Maître de conférences	Parasitologie – Mycologie
14	Fanta	SANGO	Maître de conférences	Santé publ/Santé commun.
15	Yéya dit Dadio	SARRO	Maître de conférences	Épidémiologie

**3. MAITRE ASSISTANT/CHARGE DE RECHERCHE**

N°	PRÉNOMS	NOMS	GRADE	SPÉCIALITÉ
1	Mohamed	AG BARAIKA	Maître-Assistant	Bactériologie-Virologie
2	Charles	ARAMA	Maître-Assistant	Immunologie
3	Boubacar Tiétiè	BISSAN	Maître-Assistant	Biologie clinique
4	Seydou Sassou	COULIBALY	Maître-Assistant	Biochimie Clinique
5	Klétigui Casimir	DEMBELE	Maître-Assistant	Biochimie Clinique
6	Yaya	GOITA	Maître-Assistant	Biochimie Clinique
7	Aminatou	KONE	Maître-Assistant	Biologie moléculaire
8	Birama Apho	LY	Maître-Assistant	Santé publique
9	Dinkorma	OUOLOGUEM	Maître-Assistant	Biologie Cellulaire

**4. ASSISTANT/ATTACHE DE RECHERCHE**

N°	PRÉNOMS	NOMS	GRADE	SPÉCIALITÉ
1	Djénéba	COULIBALY	Assistant	Nutrition/Diététique
2	Issa	DIARRA	Assistant	Immunologie
3	Merepen dit Agnès	GUINDO	Assistant	Immunologie
4	Falaye	KEITA	Attaché de Recherche	Santé Publique/Santé Environn.
5	N'Deye Lallah Nina	KOITE	Assistant	Nutrition
6	Djakaridia	TRAORE	Assistant	Hématologie

➤ **DER : SCIENCES PHARMACEUTIQUES**

**1. PROFESSEUR/DIRECTEUR DE RECHERCHE**

N°	PRÉNOMS	NOM	Grade	SPÉCIALITÉ
1	Rokia	SANOGO	Professeur	Pharmacognosie Chef de DER

**2. MAITRE DE CONFÉRENCES/MAITRE DE RECHERCHE**

N°	PRÉNOMS	NOM	Grade	SPÉCIALITÉ
1	Loséni	BENGALY	Maitre de Conférences	Pharmacie hospitalière
2	Mahamane	HAIDARA	Maitre de Conférences	Pharmacognosie

**3. MAITRE ASSISTANT/CHARGE DE RECHERCHE**

N°	PRÉNOMS	NOM	Grade	SPÉCIALITÉ
1	Bakary Moussa	CISSE	Maitre-Assistant	Galénique
2	Issa	COULIBALY	Maitre-Assistant	Gestion
3	Balla Fatogoma	COULIBALY	Maitre-Assistant	Pharmacie hospitalière
4	Adama	DENOU	Maitre-Assistant	Pharmacognosie
5	Hamma Boubacar	MAÏGA	Maitre-Assistant	Galénique
6	Adiaratou	TOGOLA	Maitre-Assistant	pharmacognosie

#### 4. ASSISTANT/ATTACHE DE RECHERCHE

N°	PRÉNOMS	NOM	Grade	SPÉCIALITÉ
1	Seydou Lahaye	COULIBALY	Assistant	Gestion pharmaceutique
2	Daouda Lassine	DEMBELE	Assistant	Pharmacognosie
3	Sékou	DOUMBIA	Assistant	Pharmacognosie
4	Assitan	KALOGA	Assistant	Législation
5	Ahmed	MAÏGA	Assistant	Législation
6	Aichata Ben Adam	MARIKO	Assistant	Galénique
7	Aboubacar	SANGHO	Assistant	Législation
8	Bourama	TRAORE	Assistant	Législation
9	Sylvestre	TRAORÉ	Assistant	Gestion pharmaceutique
10	Aminata Tiéba	TRAORE	Assistant	Pharmacie hospitalière
11	Mohamed dit Sarmove	TRAORE	Assistant	Pharmacie hospitalière

#### ➤ DER : SCIENCES DU MÉDICAMENT

##### 1. PROFESSEUR/DIRECTEUR DE RECHERCHE

N°	PRÉNOMS	NOM	Grade	SPÉCIALITÉ
1	Sékou	BAH	Professeur	Pharmacologie
2	Benoit Yaranga	KOUMARE	Professeur	Chimie Analytique
3	Ababacar I.	MAÏGA	Professeur	Toxicologie

##### 1. MAITRE DE CONFÉRENCES/MAITRE DE RECHERCHE

N°	PRÉNOMS	NOM	Grade	SPÉCIALITÉ
1	Tidiane	DIALLO	Maitre de Conférences	Toxicologie
2	Hamadoun Abba	TOURE	Maitre de Conférences	Bromatologie Chef de DER

**2. MAITRE ASSISTANT/CHARGE DE RECHERCHE**

<b>N°</b>	<b>PRÉNOMS</b>	<b>NOM</b>	<b>Grade</b>	<b>SPÉCIALITÉ</b>
<b>1</b>	Dominique Patomo	ARAMA	Maitre-Assistant	Pharmacie chimique
<b>2</b>	Mody	CISSE	Maitre-Assistant	Chimie thérapeutique
<b>3</b>	Ousmane	DEMBELE	Maitre-Assistant	Chimie thérapeutique
<b>4</b>	Madani	MARIKO	Maitre-Assistant	Chimie Analytique
<b>5</b>	Karim	TRAORE	Maître-Assistant	Pharmacologie

**3. ASSISTANT/ATTACHE DE RECHERCHE**

<b>N°</b>	<b>PRÉNOMS</b>	<b>NOM</b>	<b>Grade</b>	<b>SPÉCIALITÉ</b>
<b>1</b>	Mahamadou	BALLO	Assistant	Pharmacologie
<b>2</b>	Dalave Bernadette	COULIBALY	Assistant	Chimie analytique
<b>3</b>	Blaise	DACKOOU	Assistant	Chimie Analytique
<b>4</b>	Fatoumata	DAOU	Assistant	Pharmacologie
<b>5</b>	Abdourahamane	DIARA	Assistant	Toxicologie
<b>6</b>	Aiguerou dit Abdoulaye	GUINDO	Assistant	Pharmacologie
<b>7</b>	Mohamed El Béchir	NACO	Assistant	Chimie analytique
<b>8</b>	Mahamadou	TANDIA	Assistant	Chimie Analytique
<b>9</b>	Dougoutigui	TANGARA	Assistant	Chimie analytique

➤ **DER : SCIENCES FONDAMENTALES**

**1. PROFESSEUR/DIRECTEUR DE RECHERCHE**

<b>N°</b>	<b>PRÉNOMS</b>	<b>NOM</b>	<b>Grade</b>	<b>SPÉCIALITÉ</b>
-	-	-	-	-

**2. MAITRE DE CONFÉRENCES/MAITRE DE RECHERCHE**

N°	PRÉNOMS	NOM	Grade	SPÉCIALITÉ
1	Lassana	DOUMBIA	Maitre de Conférences	Chimie appliquée
2	Abdoulaye	KANTE	Maitre de Conférences	Anatomie
3	Boubacar	YALCOUYE	Maitre de Conférences	Chimie organique

**3. MAITRE ASSISTANT/CHARGE DE RECHERCHE**

N°	PRÉNOMS	NOM	Grade	SPÉCIALITÉ
1	Mamadou Lamine	DIARRA	Maitre-Assistant	Botanique-Biol. Végét Chef de DER
2	Boureima	KELLY	Maître-Assistant	Physiologie médicale

**4. ASSISTANT/ATTACHE DE RECHERCHE**

N°	PRÉNOMS	NOM	Grade	SPÉCIALITÉ
1	Seydou Simbo	DIAKITE	Assistant	Chimie organique
2	Modibo	DIALLO	Assistant	Génétique
3	Moussa	KONE	Assistant	Chimie Organique
4	Massiriba	KONE	Assistant	Biologie Entomologie

➤ **CHARGES DE COURS (VACATAIRES)**

N°	PRÉNOMS	NOM	SPÉCIALITÉ
1	Cheick Oumar	BAGAYOKO	Informatique
2	Babou	BAH	Anatomie
3	Souleymane	COULIBALY	Psychologie
4	Yacouba M	COULIBALY	Droit commercial
5	Moussa I	DIARRA	Biophysique
6	Satigui	SIDIBÉ	Pharmacie vétérinaire
7	Sidi Boula	SISSOKO	Histologie-embryologie
8	Fana	TANGARA	Mathématiques
9	Djénébou	TRAORE	Sémiologie et Pathologie médicale
10	Mahamadou	TRAORE	Génétique
11	Boubacar	ZIBEÏROU	Physique

## **DEDICACE**

**Au nom de Dieu le Tout miséricordieux et le très miséricordieux**

**Prière et bénédiction d'ALLAH sur le dernier des prophètes sur la famille, ses fidèles compagnons ainsi que tous les fidèles musulmans. Amine**

Je dédie ce travail à :

### **Feu mon père Sékou MAIGA :**

Cher père les mots me manquent pour exprimer toute la reconnaissance et la gratitude que j'éprouve à ton égard. Tu fus un repère, un modèle, un exemple de par ta patience ta générosité et ta serviabilité. Je ne peux que te remercier pour l'éducation reçue et pour toute l'assistance que tu m'as apporté depuis ma naissance jusqu'aujourd'hui. Dort en paix et que le Tout miséricordieux t'accorde le Firdaws dernière demeure.

### **Feu ma mère Habibatou KONE :**

Chère mère je cherche les mots mais les mots me manquent pour te dire à quel point je suis reconnaissante de t'avoir eu comme mère. Tu m'as éduqué, enseigné, guidé, conseillé, soutenue, merci surtout pour ta patience envers ma personne. Dort en paix et que le Tout miséricordieux t'accorde le Firdaws comme dernière demeure.

### **Mon beau-frère et tuteur Adama HANNE :**

Adama sache que peu d'homme font ce que tu as fait pour moi tu m'as pris sous tes ailes, éduqué aidé et soutenu dans mes études depuis l'école fondamentale jusqu'à la fin de ce travail avec patience sans rien réclamé en retour ; qu'Allah dans sa miséricorde te récompense par plus que tu as fait pour ma personne.

### **Mon mari Seydou TOGOLA**

Mon amour merci pour ta présence, ta patience et tout le soutien que tu m'as apporté, qu'Allah dans toute sa miséricorde bénisse notre mariage.

### **Mes frères Papa MAIGA, Alassane MAIGA, Oumar TRAORE, Bourama MAIGA**

Pour leur accompagnement, conseil et encouragement tout au long de mes études, qu'Allah vous bénisse.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

**Mes sœurs Fatoumata Dikel MAIGA, Habibatou MAIGA, Kadidiatou Dene MAIGA, Mme HANNE Mariam Tam MAIGA, Mme LANDOURE Aïcha MAIGA, Mme DOUMBIA Fatimata TRAORE, Mme DIARRA Maimouna TRAORE**

Qui n'ont ménagé aucun effort dans l'aboutissement de ma réussite ; vos conseils ; aides ; soutiens ; m'ont permis d'être là aujourd'hui. Qu'Allah vous bénisse et vous assiste.

**Remerciement :**

Mes remerciements font à l'endroit de :

**Mes oncles ; Tantes ; cousins et cousines**

Pour leurs présences ; conseils et encouragement qu'Allah vous garde.

**Ma belle-famille TOGOLA**

Pour leur accompagnement et leur patience; qu'Allah vous bénisse.

**Mon amie et camarade de classe Mariam A KONE**

Merci pour ton accompagnement et tous les soutiens apportés à ma personne qu'Allah te bénisse.

**Mes amies et camarades de chambre : Digama KASSAMBARA, Korotoumou TOGOLA, Kadidiatou DIARRA, Soumboulou SAMAKE**

Merci pour votre accompagnement.

**Tous les personnels du laboratoire de Biologie Moléculaire Appliquée en particulier les personnels de l'unité entomologie : Professeur Moussa BM CISSE, Ibrahim TRAORE, Lanzeni KONATE, Yacouba DANSOGO, Amadou DIAKITE, Alice DEMBELE, HAWA DOLO, Oumou Sissoko, Jean Marie SANOU,**

Merci pour votre temps, votre accompagnement, vos conseils et soutiens pour l'aboutissement de ce travail qu'Allah vous le rends.

**Hommage aux membres du jury**

**A notre maître et président du jury**

**Professeur Sekou fantamadi TRAORE**

- **Ph D en entomologie médicale,**
- **Maître de conférences en entomologie médicale, responsable du cours de biologie cellulaire à la FMPOS,**
- **Co-directeur du MRTC et Directeur du département d'entomologie et des maladies à transmission vectorielle.**

**Cher maître,**

La spontanéité avec laquelle vous avez accepté de présider ce jury malgré vos multiples occupations est l'objet de notre profonde admiration et votre présence dans ce jury est tout un honneur pour nous. Votre abord facile, votre disponibilité, votre sens élevé du travail bien fait forcent le respect.

Trouvez ici, cher Maître toute notre reconnaissance et notre profond respect.

**A notre Maître et Membre du Jury**

**Professeur Guimogo DOLO**

- **PhD en entomologie-parasitologie médicales,**
- **Responsable de l'enseignement de la génétique à la FMOS,**
- **Chef de l'unité biologie moléculaire du MRTC.**
- **Membre du Comité Sahélien des Pesticides (CILSS)**
- **Membre du Comité "Vector Control Working Group" (VCWG) de Roll Back Malaria**
- **Consultant du Programme Santé de "Health Institute" de l'Université de Columbia**

Cher maître,

Nous sommes très honorés de vous avoir dans ce jury. Nous admirons vos qualités scientifiques et nous sommes fiers de l'enseignement que vous nous avez prodigués.

Veillez recevoir, cher maître, l'expression de notre profonde admiration et de notre profond respect.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

**A notre Maître et membre du jury**

**Dr Mamadou SOW**

- **Enseignant en Entomologie et Parasitologie à la Faculté des Sciences et Techniques**
- **Chercheur au Laboratoire de Biologie Moléculaire Appliquée**

Cher Maître

Nous avons été séduits par votre dévouement à la quête scientifique.

Votre disponibilité, votre amour pour le travail bien fait ainsi que tout le reste de vos qualités humaines font de vous un modèle admirable.

Veillez croire cher maître, l'expression de notre sincère reconnaissance

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

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

**Professeur Moussa CISSE**

- **Maître de conférences;**
- **Entomologiste Enseignant/Chercheur à l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou,**
- **Chef de l'Unité d'entomologie du Laboratoire de Biologie Moléculaire Appliquée (LBMA) FST / USTTB**

Cher Maître

Ce travail est le vôtre. Votre disponibilité et vos qualités humaines nous ont fortement marqué. Nous avons admiré vos qualités scientifiques et pédagogiques tout au long de ce travail. Nous avons bénéficié auprès de vous des enseignements de très grande qualité. Soyez rassuré de notre reconnaissance et de notre profonde gratitude.

Que le Tout Puissant me donne la force et le courage de suivre vos pas. Amen.

**A notre Maître et Directeur de thèse**

**Professeur Ousmane KOITA**

- **Pharmacien Biologiste (PharmD, PhD) ;**
- **Professeur titulaire de biologie moléculaire à la FAPH ;**
- **Responsable de l'enseignement de biologie moléculaire et animale à la FAPH ;**
- **Responsable du cours de biologie moléculaire appliquée à la FST ;**
- **Responsable du Laboratoire de Biologie Moléculaire Appliquée FST ;**
- **Membre du comité scientifique interdisciplinaire et partenarial COVID-19 de l'institut de Recherche pour le Développement (IRD) France.**

Vous nous avez marqué tout au long de notre formation par la qualité de votre enseignement et votre rigueur scientifique.

Votre simplicité, votre esprit d'organisation du travail bien fait, vos qualités humaines et la disponibilité dont vous nous avez accordé nous ont fascinés. Vous êtes un modèle de maître que tout élève aspirerait avoir. Merci de nous avoir acceptés parmi vos élèves.

Soyez rassuré, cher maître de notre entière disponibilité et de notre profonde gratitude. Que le Tout Puissant Allah vous accompagne dans vos efforts de tous les jours et vous prête longue vie en bonne santé.

## **SIGLES ET ABREVIATIONS**

**CDC:** Centers for Disease Control and Prevention (Centres pour le contrôle et la prévention des maladies)

**CPS:** Chimio-prévention du Paludisme Saisonnier

**CSP:** Conseil Sahélien des Pesticides

**DDT:** Dichloro-Diphényl-Trichloroéthane

**FMOS:** Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie

**FAPH:** Faculté de Pharmacie

**KD:** Knockdown Knock (Effet Foudroyant)

**LBMA:** Laboratoire de Biologie Moléculaire Appliquée

**MILD:** Moustiquaire Imprégnées d'insecticide de longue Durée

**OMS:** Organisation Mondiale de la Santé

*P : Plasmodium*

**PID :** Pulvérisation Intra Domiciliaire

**PNLP :** Programme National de Lutte contre le Paludisme

**PMI :** President's Malaria Initiative (Initiative Présidentielle du Paludisme)

**SLIS :** Système Local d'Information Sanitaire

**TDR :** Tests de Diagnostic Rapide

**TPIg :** Traitement Préventif Intermittent pendant la grossesse

**TPIIn :** Traitement Préventif Intermittent du nourrisson

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

**WHO:** World Health Organization (Organisation Mondiale de la Santé)

**WHOPES :** World Health Organization Pesticide Evaluation Scheme (Système d'évaluation des pesticides de l'Organisation mondiale de la Santé)

**%:** Pourcentage

**# :** Nombre de moustiques collectés

## **TABLE DES MATIERES**

1	Introduction.....	20
2	Objectifs.....	22
2.1	Objectif principal.....	22
2.2	Objectif secondaires.....	22
3	Généralités.....	23
3.1	Définition.....	23
3.2	Cause et mode de transmission.....	23
3.2.1	Parasites : taxonomie du parasite.....	23
3.2.2	Vecteur.....	24
3.2.3	Stratégie de lutte contre le paludisme.....	30
3.3	Lutte anti vectorielle.....	31
3.3.1	Lutte contre les moustiques adultes.....	31
3.3.2	Lutte anti larvaire.....	33
3.4	Les interventions complémentaires.....	34
3.4.1	L'utilisation des répulsifs.....	34
3.4.2	L'utilisation des serpentins fumigènes.....	34
3.4.3	L'utilisation des aérosols.....	35
3.4.4	L'usage des vêtements protecteurs.....	36
3.5	Problématiques de la lutte anti vectorielle :.....	36
3.5.1	Résistances des vecteurs du Paludisme :.....	36
4	Méthodologie.....	39
4.1	Cadre d'étude.....	39
4.1.1	Type d'étude.....	39
4.1.2	Site et population d'étude.....	39
4.1.3	Période d'étude.....	41
4.2	Formulation d'insecticide.....	41
4.3	Description des produits à tester.....	42
4.3.1	BOXER produit de référence de la spirale fumigène.....	42
4.3.2	FARIMA produit à tester de la spirale fumigène.....	42
4.3.3	RAMBO MOSQUITO COIL produit à tester de la spirale fumigène.....	43
4.3.4	FATALA produit à tester de la spirale fumigène.....	43

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

4.3.5	INSECTICIDE DOUBLE ACTION OROproduit de référence de la bombe aérosol	43
4.3.6	RAMBO NIS produit à tester de la bombe aérosol.....	44
4.3.7	FATALA produit à tester bombe d'aérosol .....	44
4.4	Déroulement pratique de l'étude .....	45
4.4.1	4phase 1 .....	45
4.4.2	Evaluation phase 2 .....	49
4.4.3	Evaluation phase 3 .....	52
4.5	Recueil et gestion des données .....	55
4.6	Considérations éthiques .....	55
5	Résultats .....	56
5.1	Efficacité biologique des formulations d'insecticides en phase1 .....	56
5.1.1	Détermination de la sensibilité d' <i>An. gambiae</i> Baguinéda aux pyréthrinoïdes .	56
5.1.2	Evaluation des fumigène .....	57
5.1.3	Evaluation des aérosols .....	65
5.2	Efficacité biologique des formulations d'insecticides en phase 2 .....	68
5.2.1	Evaluation des fumigènes.....	68
5.2.2	Evaluation des aérosols .....	76
5.3	Efficacité biologique des formulations d'insecticides en phase 3 .....	81
5.3.1	Evaluation des fumigènes.....	81
5.3.2	Evaluation des aérosols .....	93
6	Discussion : .....	101
6.1	Vecteur du paludisme .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
7	Conclusion et Recommandation .....	104
7.1	Conclusion .....	104
7.2	Recommandation .....	105
8	Références : .....	106

LISTE DES FIGURE

<b>Figure 1</b> : schéma cycle évolutif du plasmodium (Mettre la référence).....	26
<b>Figure 2</b> : Schéma d'un anophele.....	27
<b>Figure 3</b> : Cycle biologique de l'anophèle .....	29
<b>Figure 4</b> : Carte du Mali avec le district sanitaire de Kati (Baguinéda).....	40
<b>Figure 5</b> : Emballage de la spirale BOXER (Produit de référence).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 6</b> : Emballage de la spirale FARIMA ® .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 7</b> : Emballage de la spirale RAMBO MOSQUITO COIL (Produit à tester).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 8</b> : Emballage de la spirale FARIMA (Produit à tester).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 9</b> : Présentation de la bombe aérosol INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 10</b> : Présentation de la bombe aérosol RAMBO NIS.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 11</b> : Présentation de la bombe aérosol FATALA .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>Figure 12</b> . Comparaison des KDT50 et KDT95 des spirales FARIMA et BOXER (Produit de référence) avec la souche de référence An gambiae Ngousso.....	57
<b>Figure 13</b> : Comparaison des temps KDT50 et KDT95 des spirales FARIMA et BOXER (Produit de référence) avec la souche An gambiae Baguinéda .....	58
<b>Figure 14</b> . Taux de mortalité des spirales FARIMA et BOXER (Produit de référence) avec la souche de référence An gambiae Ngousso .....	59
<b>Figure 15</b> : Taux de mortalité des spirales FARIMA et BOXER (Produit de référence) avec la souche de terrain An gambiae s.l Baguinéda résistante aux pyréthrinoïdes.....	60
<b>Figure 16</b> . Comparaison des KDT50 et KDT95 des spirales FATALA et BOXER (Produit de référence) avec la souche de référence An gambiae Ngousso.....	61
<b>Figure 17</b> : Comparaison des temps KDT50 et KDT95 des spirales FATALA et BOXER (Produit de référence) avec la souche An gambiae Baguinéda .....	62
<b>Figure 18</b> . Taux de mortalité des spirales FATALA et BOXER (Produit de référence) avec la souche de référence An gambiae Ngousso .....	63
<b>Figure 19</b> : Taux de mortalité des spirales FATALA et BOXER (Produit de référence) avec la souche de terrain An gambiae Baguinéda .....	64
<b>Figure 20</b> . Comparaison des KDT50 et KDT95 des aérosols intra domiciliaire FATALA et ORO (Produit de référence) avec la souche de référence An gambiae Ngousso.....	65
<b>Figure 21</b> : Comparaison des temps KDT50 et KDT95 les aérosols intra domiciliaire FATALA et ORO (Produit de référence) avec la souche An gambiae s.l Baguinéda résistante aux pyréthrinoïdes .....	66
<b>Figure 22</b> . Taux de mortalité les aérosols intra domiciliaire FATALA et ORO (Produit de référence) avec la souche de référence An gambiae Ngousso.....	67
<b>Figure 23</b> : Taux de mortalité des aérosols intra domiciliaire FATALA et ORO (Produit de référence) avec la souche de terrain An gambiae Baguinéda résistante aux pyréthrinoïdes .....	68

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : Taxonomie du parasite .....	23
<b>Tableau 2</b> : Taxonomie du vecteur.....	24
<b>Tableau 3</b> : <b>Composition et efficacité des serpentins fumigènes</b> .....	35
<b>Tableau 4</b> : <b>Formulation qui ont été testées</b> .....	41
Tableau 5: Sensibilité d' <i>An. gambiae</i> Baguinéda aux pyréthriinoïdes.....	56
<b>Tableau 6</b> : Nombre de moustiques femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras .....	68
<b>Tableau 7</b> : Taux de gorgement.....	70
<b>Tableau 8</b> : Taux de mortalité d' <i>An. gambiae</i> s.l.....	71
<b>Tableau 9</b> : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude .....	72
<b>Tableau 10</b> : FATALA, des femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras .....	73
<b>Tableau 11</b> : Taux de gorgement.....	74
<b>Tableau 12</b> : Taux de mortalité d' <i>An. gambiae</i> s.l.....	75
<b>Tableau 13</b> : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude .....	76
<b>Tableau 14</b> : Nombre de moustiques femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras.....	77
Tableau 15 : Taux de gorgement.....	78
<b>Tableau 16</b> : <b>Taux de mortalité d'<i>An. gambiae</i> s.l.</b> .....	79
Tableau 17 : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude.....	80
<b>Tableau 18</b> : Nombre de moustiques femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras.....	81
<b>Tableau 19</b> : Taux de gorgement d' <i>An. gambiae</i> s.l.....	82
<b>Tableau 20</b> : Taux de mortalité d' <i>An. gambiae</i> s.l.....	83
<b>Tableau 21</b> : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude .....	84
<b>Tableau 22</b> : Nombre de moustiques femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras .....	85
<b>Tableau 23</b> : Taux de gorgement.....	86
<b>Tableau 24</b> : Taux de mortalité d' <i>An. gambiae</i> s.l.....	87
<b>Tableau 25</b> : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude .....	88
<b>Tableau 26</b> : Nombre de moustiques femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras .....	89
<b>Tableau 27</b> : Taux de gorgement d' <i>An. gambiae</i> s.l.....	90
<b>Tableau 28</b> : Taux de mortalité d' <i>An. gambiae</i> s.l.....	91
<b>Tableau 29</b> : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude .....	92
<b>Tableau 30</b> : Nombre de moustiques femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras.....	93
<b>Tableau 31</b> : Taux de gorgement.....	94
<b>Tableau 32</b> : Taux de mortalité d' <i>An. gambiae</i> s.l.....	95
<b>Tableau 33</b> : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude .....	96
<b>Tableau 34</b> : Nombre de moustiques femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras .....	97
<b>Tableau 35</b> : Taux de gorgement <i>An gambiae</i> s.l.....	98
<b>Tableau 36</b> : Taux de mortalité d' <i>An. gambiae</i> s.l.....	99
<b>Tableau 37</b> : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude .....	100

## **1 Introduction**

Le paludisme est une maladie humaine potentiellement mortelle causée par des parasites que transmettent les piqûres de moustiques anophèles femelles infectées. Il s'agit d'une maladie évitable et dont on peut guérir. Selon le rapport d'étude mené en 2020 par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'estimation pour le nombre de cas de paludisme était de 247 millions et pour le nombre de décès imputables au paludisme s'est élevé à 619 000 dans le monde. Ce même rapport indique que la Région africaine de l'OMS supporte une part importante et disproportionnée de la charge mondiale du paludisme. Ce qui explique les 95 % des cas de paludisme et 96 % des décès de la maladie enregistrés dans cette Région. Les enfants de moins de 5 ans représentaient 80 % de l'ensemble des décès dus au paludisme dans la Région [1]

Le paludisme demeure un problème majeur de santé publique ; au Mali, selon le Système Local d'Information Sanitaire (SLIS) 3 204 275 cas confirmés de paludisme ont été enregistrés en 2021 avec comme cas simple 2 156 330 et 1 047 945 comme cas grave et un nombre de décès estimé à 1 480 soit 34% des motifs de consultations. Les enfants de 0 à 5 ans et les femmes enceintes constituent les cibles qui paient un lourd tribut pour le paludisme [2].

Les interventions essentielles recommandées actuellement par l'OMS pour lutter contre le paludisme sont l'utilisation de Moustiquaire Imprégnées d'insecticide de longue Durée (MILD) et/ou la pulvérisation intra domiciliaire (PID) d'insecticide à effet rémanent pour la lutte anti vectorielle, ainsi que l'accès rapide aux Tests de Diagnostic Rapide (TDR) en cas de suspicion du paludisme et le traitement des cas confirmés. Les interventions supplémentaires recommandées dans les zones de forte transmission pour certains groupes à haut risque sont le traitement préventif intermittent pendant la grossesse (TPIg) et le traitement préventif intermittent du nourrisson (TPIIn). Avec l'évolution de l'épidémiologie du paludisme, le paradigme change progressivement, passant d'une approche unique en toute situation au ciblage des stratégies de lutte antipaludique sur des populations spécifiques et/ou en certains endroits pour une efficacité maximale. Conformément à cette approche, l'OMS recommande désormais une nouvelle intervention contre le paludisme à *Plasmodium falciparum* qui est la chimioprévention du paludisme saisonnier (CPS). On a montré que celle-ci était efficace à faible coût, sûre et faisable pour prévenir le paludisme chez les enfants de moins de cinq ans en zone de forte transmission saisonnière du paludisme [3]

## *Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

La lutte antivectorielle (LAV) basée sur l'utilisation d'insecticide est un outil essentiel de la prévention contre les maladies à vecteurs et de contrôle des insectes nuisibles. C'est même dans certains cas la seule disponible. Des progrès significatifs ont été faits dans la mise au point de méthodes de lutte plus sélectives et impliquant directement les communautés : moustiquaires et pièges imprégnés de pyréthrinoides pour lutter contre les vecteurs du paludisme et de la maladie du sommeil en Afrique. Ces méthodes s'intègrent bien dans la politique de décentralisation des soins de santé primaire développée par l'OMS. Les pyréthrinoides étant de plus en plus utilisés en santé publique, le risque de développement d'une résistance chez les vecteurs doit être sérieusement pris en compte et la recherche de produits alternatifs doit être encouragée [4].

En Afrique subsaharienne, l'utilisation d'insecticide ou de répulsif à travers les fumigènes, bombes aérosols, spirales, diffuseurs électriques (solide et liquide) etc... dans les ménages constituent l'un des principaux outils de protection contre les insectes volants tel que les moustiques vecteurs du paludisme. Ces produits (les fumigènes, bombes aérosols, spirales, diffuseurs électriques) contiennent des insecticides. C'est pourquoi avant leur mise sur le marché ils doivent être conformes aux normes de l'OMS, d'organe régional de régulation et d'utilisation d'insecticide tel que le Comité Sahélien de Pesticides (CSP) en Afrique de l'Ouest. Les autorités sanitaires de nos pays ont le devoir d'évaluer l'efficacité biologique et la toxicité de ces produits dans les instituts de recherche qualifiés indépendants et motivés.

Le but de cette étude est de conduire une évaluation de l'efficacité biologique des fumigènes (FARIMA, FATALA et RAMBO) et des aérosols intra domiciliaire (RAMBO et FATALA) en milieu confiné (Phase 1), en milieu semi confiné (Phase 2) et milieu réel (phase 3) contre le vecteur du paludisme *Anopheles gambiae* s.l au Mali.

## **2 Objectifs**

### **2.1 Objectif principal**

Evaluer l'efficacité des formulations fumigènes (FARIMA, FATALA et RAMBO MOSQUITO COIL) et aérosols (FATALA et RAMBO NIS) d'insecticides à usage domestique contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali.

### **2.2 Objectif secondaires**

- ✓ Déterminer l'efficacité biologiques des formulations en Phase 1/ milieu confiné ;
- ✓ Déterminer l'efficacité biologiques des formulations en Phase 2/ milieu semi confiné ;
- ✓ Déterminer l'efficacité biologiques des formulations en Phase 3 milieu réel ;

### 3 Généralités

#### 3.1 Définition

Le paludisme est une pathologie « parasitaire », c'est-à-dire liée à un pathogène vivant aux dépens de l'organisme qu'il infecte. Ici, le parasite en cause est le *Plasmodium* [5]. Maladie potentiellement mortelle, à l'origine, on pensait qu'elle provenait des zones marécageuses de la Chine d'où son ancien nom de palud =marais= malaria ou maladie des marais. Dans ces zones les conditions climatiques étaient propices au développement des moustiques. Mais c'est vers 1880 que les scientifiques ont découvert ce protozoaire polymorphe intra érythrocytaire de 2 à 5 microns de diamètre dans le sang d'un malade, ce qui valut en 1881 un prix Nobel à Alphonse Laveran (1845-1922). L'agent pathogène est le *plasmodium* [6].

#### 3.2 Cause et mode de transmission

##### 3.2.1 Parasites : taxonomie du parasite

Tableau 1 : Taxonomie du parasite

EMBRANCHEMENT	<b>Apicomplexa</b>
CLASSE	<b><i>Sporozoea</i></b>
SOUS-CLASSE	<b><i>Coccida</i></b>
ORDRE	<b><i>Eucoccida</i></b>
SOUS-ORDRE	<b><i>Haemosporina</i></b>
FAMILLE	<b><i>Plasmodidae</i></b>
GENRE	<b><i>Plasmodium</i></b>

Le parasite en cause du paludisme appartient au genre *Plasmodium*. Il y a cinq (5) différents types de parasites dans ce groupe qui peuvent causer la maladie chez l'homme il s'agit du *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae*, *Plasmodium ovale* et *Plasmodium knowlesi*. Parmi ces cinq (5) espèces, quatre (4) peuvent infecter l'homme il s'agit de *P. ovale*, *P. vivax*, *P. malariae*, et *P. falciparum* et quant à l'espèce *P. knowlesi* ne se trouve qu'en Asie du Sud-est et est responsable de l'infection chez les mammifères non-humains [7]. Et également deux (2) de ces espèces sont particulièrement dangereuses : *P. falciparum*, responsable de nombreux décès qui est aussi la plus répandue sur le continent Africain notamment au Mali (85 à 90%) de la formule parasitaire et la plus dangereuse car responsable des cas de neuro-paludisme qui peuvent entraîner la mort chez les jeunes enfants et les sujets

## Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali

non immuns, et *P. vivax*, l'espèce dominante dans la plupart des pays en dehors de l'Afrique subsaharienne [1].

### 3.2.2 Vecteur

**Tableau 2 :** Taxonomie du vecteur

<b>REGNE</b>	animal
<b>EMBRANCHEMENT</b>	arthropodes
<b>CLASSE</b>	insectes
<b>ORDRE</b>	diptères
<b>FAMILLE</b>	culicidés
<b>GENRE</b>	<i>Anophele</i>

Le paludisme se transmet à l'homme par la piqûre d'*Anophele* femelle déjà infecté par les parasites du *Plasmodium*. Elle pique entre le crépuscule et l'aube [8]. Il existe 300 espèces d'anophèles, et les deux principaux vecteurs en Afrique sont : le complexe *Anopheles gambiae* s.l. et *An. funestus*. Les *Anopheles* mâles ne sont hématophages, ils se nourrissent donc du nectar des fleurs, par contre les femelles qui les sont piquent les humains et mammifères car les protéines du sang sont indispensables à la maturation de leurs œufs. Ainsi pendant le repas sanguin le *Plasmodium* contenu dans la glande salivaire est injecté avec la salive dans les vaisseaux sanguins du sujet. La durée de vie environ 1 mois, elle pond tous les 3 jours 150 œufs à la surface des eaux stagnantes [6].

#### Cycle évolutif

Le cycle évolutif du plasmodium se déroule successivement chez l'Homme (phase asexuée chez l'hôte intermédiaire) et chez l'*anophele* femelle (phase sexuée chez l'hôte définitif). Il dure en moyenne 10 à 40 jours [6] :

- **Chez l'*Anophele* :**

Il commence chez l'*anophele* femelle après la piqûre et la digestion des hématies. Les gamétocytes se transforment alors en gamètes mâles et femelles qui fusionnent en un œuf libre

## *Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

(ookinète) dans le tube digestif de l'*anophele* et se fixent sur la paroi externe de l'estomac. Ils sont alors appelés oocystes. Dans l'oocyste des milliers de sporozoïtes se forment et rejoignent les glandes salivaires par tropisme électif puis sont éjectés à l'homme lors d'un repas sanguin (Figure 1).

- **Chez l'Homme :**

Les sporozoïtes ainsi inoculés au cours du repas sanguins de l'*anophele* circulent dans le sang pendant 30 minutes avant de se réfugier dans les hépatocytes où ils se multiplient pour se transformer en corps bleu puis éclate et libère de très nombreux mérozoïtes de 1<sup>ere</sup> génération qui passent dans le sang : c'est le cycle hépatique ou exo-érythrocytaire. Il dure 6 jours pour *P. falciparum* ; 8 jours pour *P. vivax* ; 9 jours *P. ovale* ; et 15 jours pour *P. malariae*. Le *plasmodium vivax* peut durer longtemps dans le foie sous forme d'hypnozoïde . Une fois dans le sang, chaque mérozoïte pénètre dans un globule rouge et devient un trophozoïte. Le trophozoïte grossit pour donner un schizonte âgé puis un corps en rosace qui à son tour éclate et libère es mérozoïtes de 2<sup>eme</sup> génération qui infectent de nouvelles hématies. Ils se transforment de nouveau en trophozoïte et en corps en rosace qui éclatent et ainsi de suite : c'est le cycle endo-érythrocytaire. L'éclatement synchrone de ces rosaces (chaque 48 heures ou 72 heures selon l'espèce) entraîne la fièvre tierce ou quarte. Au cours de plusieurs cycles asexués endo-érythrocytaires, certains mérozoïtes se différencient en gamétocytes mâles et femelles qui seront ingérés avec le sang par l'*anophele* femelle lors de son repas sanguin (Figure 1).

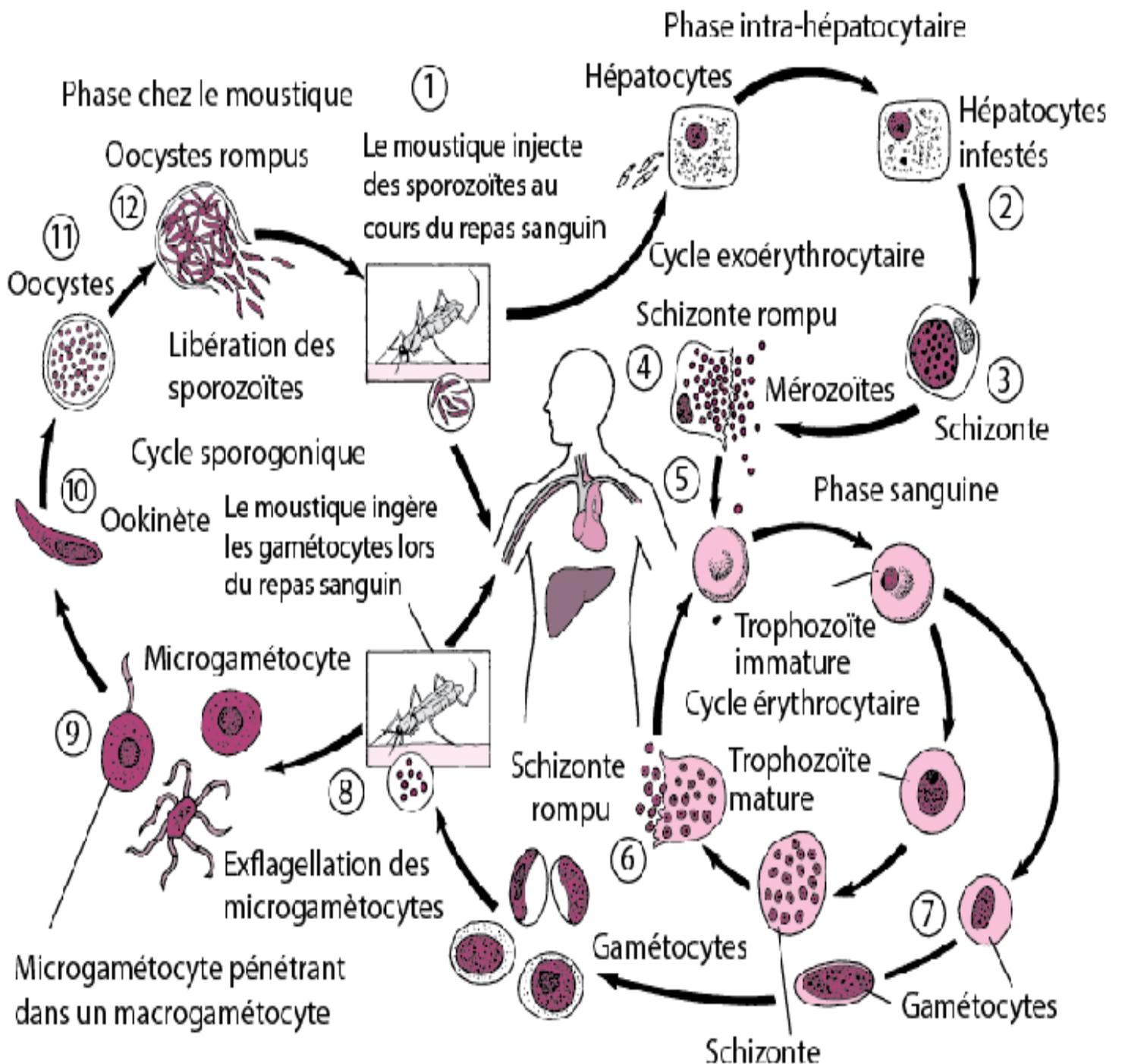
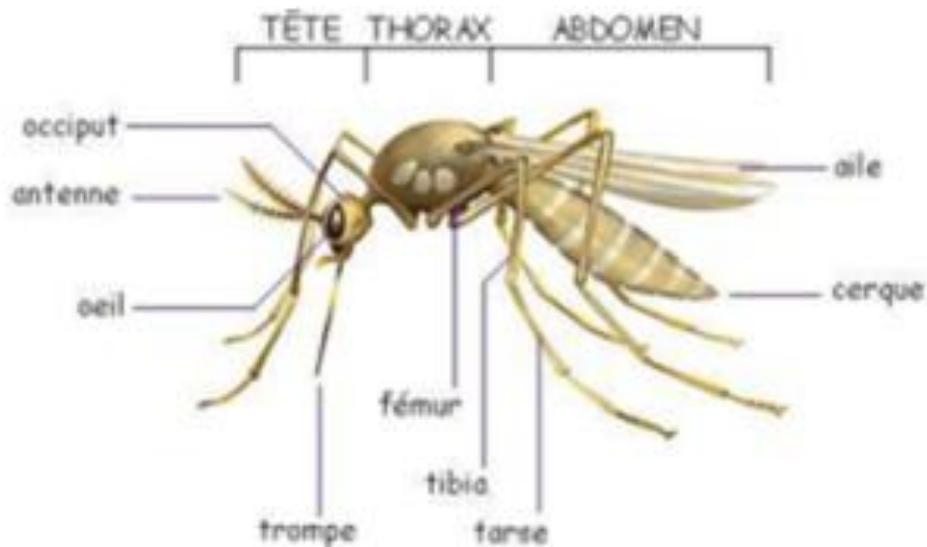


Figure 1 : schéma cycle évolutif du plasmodium

([https://www.msdmanuals.com/fr/professional/multimedia/figure/inf\\_plasmodium\\_life\\_cycle\\_fr](https://www.msdmanuals.com/fr/professional/multimedia/figure/inf_plasmodium_life_cycle_fr))

### Description morphologique du vecteur

Le corps de l'*Anophele*, comme tous les insectes, est divisé en trois segments de corps :



**Figure 2:** Schéma d'un *anophele*

(<https://mecafluideshome.files.wordpress.com/2019/01/image-1.png?w=300&h=183>)

- **Une tête :** on observe une paire d'yeux composés ; une paire d'antennes sont fixées entre les yeux [9] ; elles sont sous forme de poils chez les males dont ils se servent pour localiser les femelles elle sont appelées soies [10]; une paire de palpes fixés sous les antennes composés de 5 parties ; les palpes recouverts d'écailles de différentes couleurs et utilisées dans l'identification d'espèce. Un proboscis se détache de la partie ventrale de la tête et est dirigé vers l'avant [9].
- **Un thorax :** on observe trois (03) segments (prothorax, mésothorax, métathorax) portant chacun une paire de pattes et on observe également une paire d'ailes que le moustique utilise pour voler. Les ailes postérieures sont modifiées en appendices d'équilibre appelés haltères [10]
- **Un abdomen :** on observe la présence de 8 segments visibles ; les deux (2) derniers sont accrochés à l'intérieur du huitième pour constituer les organes reproducteurs [11] ; des plaques supérieures (tergites) et des plaques inférieures (sternites). Elles sont reliées par une membrane qui permet la dilatation de l'abdomen lorsque la femelle prend un repas de sang [9].

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

Dans le cycle biologique des moustiques, il y a quatre stades: l'œuf, la larve, la puppe (nymphe) et l'adulte [9] :

- **Œuf** : Un moustique femelle ne copule qu'une fois dans sa vie. Après cette copulation, un repas de sanguin est nécessaire pour la maturation du premier lot (100 à 150) d'œufs. Ainsi un repas sanguin est généralement pris tous les deux jours, conduisant à la maturation du lot d'œufs suivant. Un moustique femelle continue à pondre pendant toute son existence (1 à 3 fois, allant jusqu'à 5 à 7 fois).
- **Larves** : Etant dépourvu de siphon respiratoire, une larve a besoin de l'air pour respirer pour se faire elle flotte parallèlement juste sous la surface de l'eau et se nourrit de particules présentes dans l'eau. Elle plonge rapidement vers le fond si on la dérange et revient aussitôt à la surface pour respirer. Il existe quatre stades larvaires :
  - Stade 1 ou L1 : correspond à la sortie de la larve de l'œuf un à deux jours après (1mm) ;
  - Stade 2 ou L2 : à cette stade elle mue abondamment son enveloppe un à deux jours après ;
  - Stade 3 ou L3 : cette stade fait juste suite à la deuxième un à deux jours après ;
  - Stade 4 ou L4 : un à deux après L4 fait suite à la troisième (6 à 8 mm)
- **Nymphes ou pupes** : à ce stade la nymphe se présente sous forme de virgule, et correspond au stade de passage de la vie aquatique à la vie aérienne de l'adulte. Comme au stade larvaire la puppe plonge au fond si on la dérange mais à la différence de la larve elle reste sur la surface de l'eau mais ne se nourrie pas. Elle dure 2 à 3 jours.
- **Adulte** : La copulation de la femelle n'a eu généralement qu'une fois et reçoit ainsi tous les spermatozoïdes qui lui sont nécessaires pour la fécondation de tous les lots d'œufs successifs et cette copulation après l'émergence du moustique. Normalement, elle ne prend son premier repas sanguin qu'après la copulation, mais parfois le premier repas sanguin peut être pris par une femelle encore vierge. Certains moustiques se reproduisent dans les marais salés, d'autres dans les eaux douces, savane, les lacs, les rivières étangs. Certains sont anthropophiles (ils piquent l'homme), certains ne piquent que la nuit à l'intérieur des maisons (endophile), d'autres pendant la journée ou au crépuscule à l'extérieur (exophile)[10].

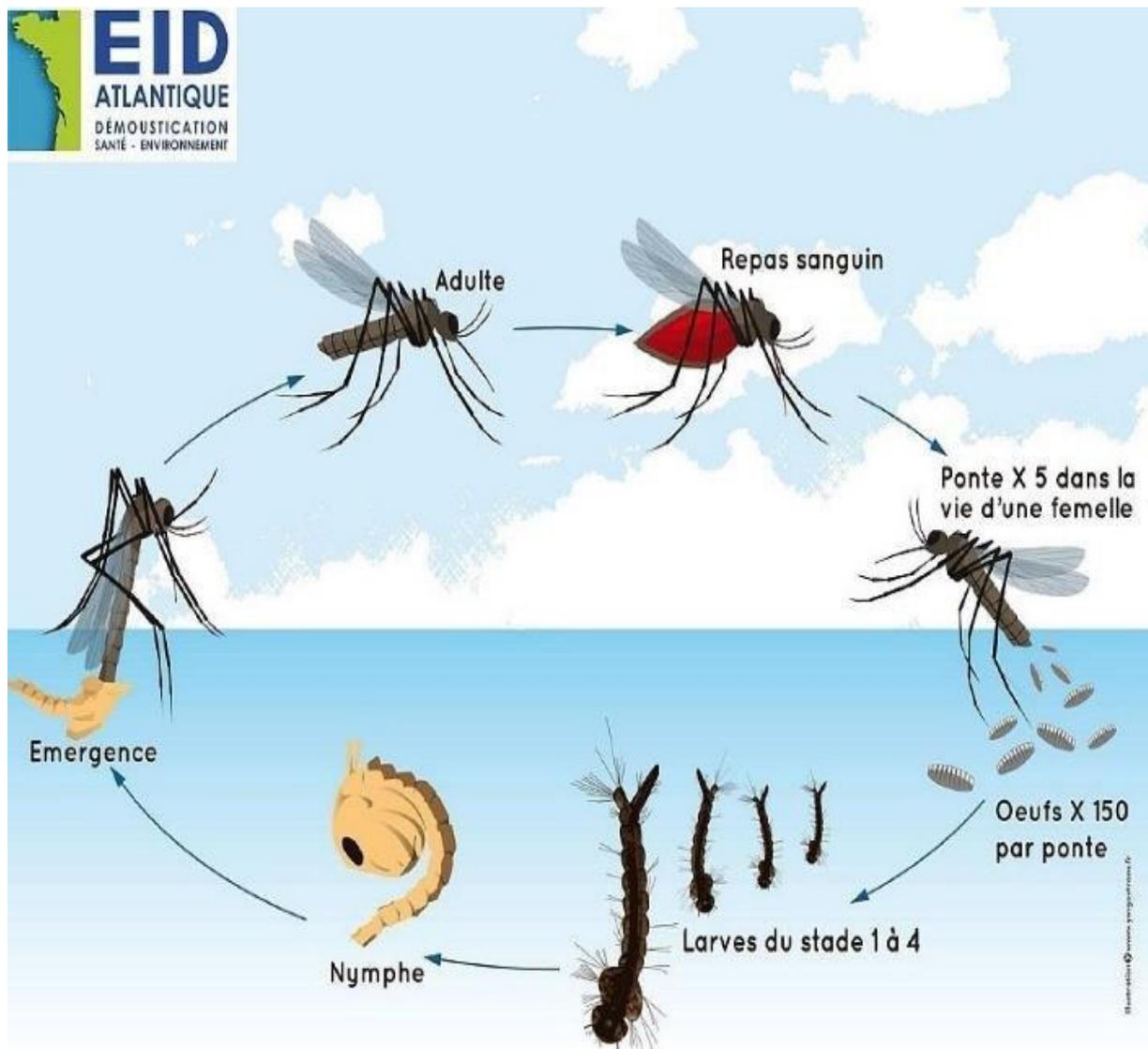


Figure 3 : Cycle biologique de l'anophèle

[https://www.ville-tarnos.fr/sites/default/files/contenu\\_tarnos/Vivre\\_a\\_tarnos/tranquillite\\_publicue/schema\\_vie\\_moustique.jpg](https://www.ville-tarnos.fr/sites/default/files/contenu_tarnos/Vivre_a_tarnos/tranquillite_publicue/schema_vie_moustique.jpg)

### **3.2.2.1 Habitude alimentaire**

Toutes les femelles *An. gambiae* s.l sont des ectoparasites temporaires, vivant dans l'environnement et venant à l'hôte pour se nourrir [10] . Après son émergence un délai de 24 heures est nécessaire à la femelle pour que ses pièces buccales durcissent assez pour pouvoir percer l'épiderme des hôtes vertébrés et prendre un repas de sang [12]. En général après les repas sanguins le moustique se repose un court instant, les endophiles sur un mur, les meubles ou les vêtements et les exophiles sur les plantes, dans des trous, dans les arbres ou sur le sol ou dans d'autres endroits frais et sombres [13].

Les males qui ne sont pas hématophages ont besoin d'une alimentation sucrée mais également les femelles. Cette alimentation procure des substances énergétiques (hydrates de carbone) nécessaires pour le vol. Chez les femelles, elle peut aussi stimuler le début de développement des ovarioles, du stade I au stade II moyen. L'alimentation sucrée est prise par la femelle tout au long de sa vie et à n'importe quel moment de son cycle biologique selon ses besoins [12].

### **3.2.2.2 Reproduction**

La copulation a eu lieu peu après l'émergence 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> jour chez la femelle. Un délai de 3 jours est nécessaire pour le bon fonctionnement des organes reproducteurs males [12]. L'accouplement se fait dans une position dite « en opposition » sur une quelconque surface solide et dans n'importe quel plan de l'espace et en générale la femelle ne copule qu'une seule fois dans sa vie. Elle reçoit à cette occasion assez de sperme qu'elle stocke dans un organe appelé spermathèque pour féconder tous les lots d'œufs successifs [14]. Et ce repas sanguin est normalement pris, après la copulation, mais parfois il peut être pris par une femelle encore vierge. Elles pondent 50 à 200 œufs individuellement sur la surface de l'eau, qui est indispensable au développement des œufs et des larves.

### **3.2.3 Stratégie de lutte contre le paludisme**

L'objectif principal de la stratégie de lutte antipaludique dans la plupart des pays d'endémies, est de prévenir la mortalité et de réduire la morbidité ainsi que les pertes socio-économiques dues au paludisme grâce à une amélioration et un renforcement progressifs des capacités locales et nationales. Pour les travaux de recherche et de lutte antipaludique l'Afrique de l'ouest a été d'une aide capitale. Etant donné que le paludisme ne présente pas les mêmes caractéristiques partout dans le monde, il n'est donc pas possible d'adopter une même stratégie de lutte dans

## *Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

tous les pays. Partant dans plusieurs pays africains les stratégies adoptées sont inspirés de celui adoptés lors de la conférence d'Amsterdam en Octobre 1992. Quatre éléments techniques sont essentiels à cette stratégie [15] :

- le diagnostic précoce et le traitement rapide;
- la planification et la mise en œuvre de mesures de prévention sélectives et durables, y compris la lutte anti vectorielle;
- la détection rapide des épidémies et les mesures permettant de les circonscrire ou de les prévenir;
- le renforcement des capacités locales en matière de recherche fondamentale et appliquée, afin de permettre, et de promouvoir, l'évaluation régulière de la situation du paludisme dans le pays et en particulier les déterminants écologiques, sociaux et économiques de la maladie.

Le cadre stratégie de cette lutte repose sur trois piliers et deux éléments de soutien [16]:

### ➤ **pilier :**

- Garantir l'accès universel à la prévention, au diagnostic et au traitement du paludisme
- Accélérer les efforts vers l'élimination et vers l'obtention du statut exempt de paludisme
- Faire de la surveillance du paludisme une intervention de base.

### ➤ **Eléments de soutien**

- Mettre à profit l'innovation et développer la recherche
- Favoriser un environnement propice.

## **3.3 Lutte anti vectorielle**

La méthode de Lutte Antivectorielle (LAV) est une des stratégies vitale dans la lutte contre le paludisme. Elle repose principalement sur deux interventions les moustiquaires imprégnées d'insecticides à Longue Durée (MILD) et les Pulvérisations Intra Domiciliaires (PID). Depuis quelques années la mortalité et la morbidité sont considérable réduits grâce à ces deux interventions [17]. La lutte anti larvaire et la lutte contre les moustiques adultes sont les deux principales méthodes de LAV.

### **3.3.1 Lutte contre les moustiques adultes**

Elle repose essentiellement sur deux méthodes :

- **Moustiquaires imprégnées d'insecticides de longue durée :**

La MILD est une méthode de protection contre les vecteurs adultes du paludisme. Partant du fait que les vecteurs du paludisme préfèrent piquer la nuit dans les habitations, la MILD va constituer une barrière physique en protégeant les dormeurs en dessous des moustiquaires contre les piqûres des moustiques en les repoussant et en les tuant. Le niveau de protection qu'offrent les MILD dépend de la localité, dans une zone à transmission faible et modérée il est possible d'éviter la mortalité et la morbidité liées au paludisme et entraîne également une réduction d'infection en diminuant le contact homme vecteur [18]. L'imprégnation d'une moustiquaire protège non seulement contre les piqûres des moustiques mais également contre d'autres insectes (tel que les poux, les punaises du lit, les puces, etc...) mais contre les bruits que ces insectes émettent et même en cas de déchirure du tulle. Elle produit ainsi deux principaux effets : un effet répulsif qui va repousser les moustiques vers l'extérieur des habitations et un effet dit Knocked Down (KD) ou foudroyant provoquant la mort immédiate de tout moustique qui entre en contact avec la MILD. Une moustiquaire non imprégnée protège mais avec un risque de piqûre et de pénétration des insectes à l'intérieure avec un sommeil dérangé par les bruits des insectes. Elle doit être lavée après au moins trois d'utilisation [19].

- **Pulvérisation intra domiciliaire**

Egalement appelé la PID à effet rémanent est une stratégie de LAV qui consiste à l'asperger des murs intérieurs, des toits des habitations et autres structures (magasins, étables, latrines, écoles, lieux de culte, etc.) avec de l'insecticide chimique liquide [20]. Les PID entraînent une réduction de la durée de vie moyenne des moustiques, inhibant ainsi le cycle sporogonique chez les vecteurs endophiles [21]. Ainsi ces vecteurs qui une fois après leurs repas sanguins cherchent à digérer leurs repas en se reposant à l'intérieur des habitations traitées verront leurs durées de vie diminuer. De plus ces insecticides à effet rémanent s'ils sont convenablement appliqués sur une surface, conservent leur efficacité pendant longtemps, qu'il agisse par contact ou par effet volatil [22]. La PID son but étant d'obtenir la réduction de la morbidité et de la mortalité des cas de paludisme elle est recommandée que si [9] :

- une majorité des vecteurs est endophile
- la population vectrice est sensible aux insecticides choisis.
- une fraction importante des maisons ou des structures situées dans des aires opérationnelles offrent des surfaces pulvérisables
- la pulvérisation peut être faite correctement.

## *Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

Actuellement pour les PID, l'OMS recommande 5 familles d'insecticides qui sont les suivants : les pyréthriinoïdes, les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates et les néonicotinoïdes [23].

### **3.3.2 Lutte anti larvaire**

La lutte anti larvaire consiste à détruire les larves avant leur maturation en moustique adulte empêchant ainsi leur prolifération. Elle se présente sous différentes formes de lutte à savoir [9]:

- **La lutte physique**

Elle se résume à une réduction de source qui se définit par tous moyens physique permettant d'empêcher la reproduction des moustiques et visant à éliminer les gîtes larvaires. Son but est de priver la population vectorielle de ses moyens de survie, principalement la reproduction, le repos et la nourriture réduisant ainsi le contact homme vecteur et les risques de transmission soit par une modification de l'environnement (mesure visant le long terme) par le remblai, le drainage, la couverture des gîtes etc... ou par une manipulation de l'environnement (mesure temporelle) par la fluctuation du niveau de l'eau, chasse d'eau, éclaircissement de la végétation dans les rivières et canaux d'irrigation etc...

- **La lutte biologique**

Elle consiste à introduire dans les gîtes en exposant les larves à des prédateurs qui leur sont naturellement fatales. Parmi ces prédateurs on a les poissons larvivores comme exemple on peut citer le « top minnow » ou poisson à moustiques (*Gambusia affinis*) qui plus efficace dans les eaux claires et le « guppy » (*Poecilia reticulata*) qui est plus utilisé dans les eaux pollués des matières organiques ; les moustiques dont les larves se nourrissent des larves d'autre moustiques [Toxorhynchites] et les bactéries Larvicides [*Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) et *Bacillus sphaericus*].

- **La lutte chimique**

Elle consiste à asperger les gîtes avec des substances chimiques [larvicides] dans le but de tuer les larves. Ils sont utilisés sur des gîtes larvaires qui ne peuvent pas être drainés ou comblés ou quand les autres méthodes de contrôle larvaire s'avèrent trop onéreuses ou impossibles à utiliser. Les larvicides ne sont indiqués que pour les vecteurs qui se développent dans des collections d'eau permanentes ou semi-permanentes.

### **3.4 Les interventions complémentaires**

#### **3.4.1 L'utilisation des répulsifs**

Un répulsif se compose d'une substance active (synthétique ou naturelle) et de différents excipients. L'usage de répulsifs est une mesure de protection individuelle pouvant être recommandée comme complément à l'utilisation de moustiquaires. Ils existent sous forme de crème, de lotion ou d'aérosol à appliquer à la tombée du soir si on doit se retirer sous le moustiquaire ou si on doit passer un bonne partie de temps à l'extérieur [9]. Cette méthode de protection contre les piqûres de certains insectes nuisibles est une pratique ancestrale qui mettait en jeu les dérivés de plantes qui reste d'ailleurs largement pratiqué en Afrique. Cette l'utilisation des répulsifs a connu un véritable développement avec l'apparition de certains produits de synthèse telque (diéthyl-m-toluamide ou DEET et récemment IR35351, KBR 30232, et PMD3) à action prolongée, non toxiques, acceptables en applications cutanées, et efficaces contre de nombreux insectes. Une étude de terrain réalisé au Burkina Faso en 2004 a montré que l'application de répulsifs pouvait jouer un rôle significativement dans la réduction de piqûres infectantes à *P. falciparum*, qui est agent responsable de la forme grave du paludisme. Les répulsifs risquent donc de jouer un rôle croissant en santé publique dans les prochaines années.[24]

#### **3.4.2 L'utilisation des serpentins fumigènes**

Les serpentins fumigènes sont largement utilisés aussi bien le soir à l'extérieur que la nuit à l'intérieur des maisons. Ils ont fait l'objet de nombreux essais montrant une certaine efficacité. Peu d'insecticides (tel que les organochlorés, organophosphorés et carbamates) sont suffisamment volatiles et présentent un éventail d'effets sublétaux et létaux pour être utilisés dans les serpentins (et les plaquettes). De ce fait ils sont composés généralement d'un insecticides de la famille des pyréthinoïdes et du groupe des alléthrine : esbiol, esbiothrine, bioalléthrine ou alléthrine forte et également d'un support composé de substances végétales à combustion lente de type sciure de bois ou poudre d'écorce de noix de coco auquel sont ajoutés un colorant et un antifongique plus une substance odorante et un agent liant (amidon) .

D'après des tests menés dans un laboratoire avec des *Aedes aegypti* ont montré que pour obtenir un KT50 (= temps nécessaire pour tuer 50 % des moustiques exposés) de 9 min, il faut un serpentins avec :

- soit 0,21 % du poids du serpentins/poids d'alléthrine forte pure ;
- soit 0,18 % du poids du serpentins/poids de bioalléthrine pure ;

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

- soit 0,10 % du poids du serpentín/poids d'esbiothrine pure ;
- soit 0,09 % du poids du serpentín/poids d'esbiol pure.

**Tableau 3: Composition et efficacité des serpentins fumigènes**

KT50 (en min)*	Performance	% poids du serpentín/poids d'insecticide pur			
		Alléthrine forte	Bioalléthrine	Esbiothrine	Esbiol
< 10	Excellente	0,276	0,234	0,130	0,117
10,1-14,9	Bonne	0,191	0,162	0,090	0,081
> 15	Modérée	0,106	0,090	0,050	0,045

\*en considérant qu'un serpentín brûle à raison de 1,7 à 2 g à l'heure et pèse 12 g.

On voit à travers ce tableau qu'il y a une relation directe entre la concentration en insecticide et le KT50 (plus la concentration est élevée, plus le temps pour tuer 50 % des moustiques est réduit).

Lorsque le serpentín se consume, la combustion libère l'insecticide à un taux constant pendant 6 à 8 heures. Toutefois, la présence de vent active la vitesse de combustion.

La présence d'un serpentín dispensant sa fumée dans une maison peut avoir un effet dissuasif (limitant l'entrée des moustiques dans les maisons et augmentant l'exophilie naturelle), ou excito-répulsif (à courte distance de l'hôte source potentielle de repas sanguin), limitant le taux de piqûres (en interférant avec le comportement de recherche de l'hôte ou inhibant le comportement de piqûres) ou assommant les moustiques.

Ce sont des effets sublétaux de la fumée insecticide qui rendent la zone « protégée » et relativement indemnes de moustiques. Lorsque la concentration en insecticide est suffisante, il peut y avoir un effet létal [25].

### **3.4.3 L'utilisation des aérosols**

Les aérosols sont très populaires dans les pays en voie de développement et se composent essentiellement d'insecticides pyréthriñoïdes de première génération (resméthrine, esbiothrine, etc.) à action rapide et à fort effet KD. Ils n'ont aucun effet rémanent. Certaines firmes commercialisent des aérosols contenant du propoxur (carbamate) qui possède un mode d'action

### *Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

différent des pyrethrinodes (action anticholinestérasique) [26]. Il se vend un peu plus cher que les fumigènes et sont accessibles à la population en vente libre dans certaines pharmacies, dans les boutiques au bord des routes. Son application dans les ménages consiste à pulvériser tous les coins de la chambre en priorisant les endroits obscurs (sous les lits, entre les murs et les meubles) et il est recommandé avant l'application de dégager ou de couvrir avec un morceau de tissu des effets sensibles tel que les aliments, les jouets pour les bébés, les ustensiles de cuisine etc...[27].

#### **3.4.4 L'usage des vêtements protecteurs**

Les vêtements qui couvrent la plus grande partie du corps (vestes et chemises à manches longues, pantalons et chaussettes) permettent une protection personnelle contre les piqûres de moustiques [9]. Ils constituent un moyen individuel de protection mais simple et sans risque d'intoxication ; mais présente l'inconvénient de ne pas offrir une protection totale avec les parties du corps qu'on ne peut pas couvrir tel que le visage.

#### **3.5 Problématiques de la lutte anti vectorielle :**

Dans la Stratégie Globale de lutte contre le Paludisme adoptée par l'OMS, la LAV est une stratégie de prévention essentielle contre le paludisme [16]. La LAV présente l'avantage d'être dirigée contre les larves ou les adultes. Cependant, elle doit faire face à des contraintes dont la résistance des vecteurs à certains insecticides qui constitue une menace pour les succès acquis. En 2012, l'OMS a publié le plan mondial pour la gestion de la résistance aux insecticides chez les vecteurs du paludisme (GPIRM) [17]. Autre contrainte est que l'utilisation des MILD n'est efficace que sur les vecteurs endophiles et peut entraîner une réaction d'exophilie chez les vecteurs qui vont préférer piquer à l'extérieur qu'à l'intérieur [19]. La PID également n'est efficace que sur les vecteurs endophiles et son application continue à grande échelle n'est pas pérennisable à cause du prix (achat d'insecticides et opérations de pulvérisation), de la résistance acquise par le vecteur et des risques pour l'environnement [9].

##### **3.5.1 Résistances des vecteurs du Paludisme :**

###### **3.5.1.1 Définition de la résistance**

La résistance aux insecticides se définit par les moyens de survie que peut adopter un moustique après son exposition à une dose standard au produit chimique (insecticide) ; elle peut résulter d'une adaptation physiologique ou comportementale [23].

### **3.5.1.2 Les différents types de résistance :**

- **Résistance physiologique :** elle s'exprime au niveau de tissus et des organes ; elle est caractérisé par une diminution de la pénétration ou par une augmentation de l'excrétion des insecticides [28]. La résistance physiologique est due à toute modification permettant à la cible d'assurer normalement sa fonction malgré la présence de l'insecticide. On distingue deux types de telles modifications : la résistance métabolique et la résistance par modification du cible [29].
- **Résistance métabolique :**

Tout comme les autres organismes vivants, les insectes également possèdent naturellement des voies métaboliques qui leur servent dans la dégradation des produits toxiques en composés moins toxiques et ou les rendent plus soluble et ainsi plus facilement excrétables. De ces réactions de détoxification résulte des mécanismes de résistance dite résistance métabolique si leur efficacité face au toxique considéré est accrue [29]. Cette détoxification empêche l'insecticide d'atteindre sa cible à l'intérieur de l'insecte. Dans le cas des vecteurs du paludisme, en 2017 l'OMS à considérer trois systèmes enzymatiques jouant un rôle primordiale dans la métabolisation des insecticides qui sont : les estérases, les oxydases à fonction multiple (MFO) et les glutathion S-transférases [23].

- **Résistance par modification de la cible :**

La résistance liée à la modification de cible intervient lorsqu'il y a une mutation du récepteur protéinique, cible de l'insecticide. Il en résulte une suppression ou une diminution de l'affinité de la cible pour l'insecticide [23]. Elle fait intervenir :

- **Résistance aux organochlorés et aux pyréthriinoïdes :**

Les pyréthriinoïdes (perméthrine, la deltaméthrine) et la majorité des organochlorés, comme le DDT, étant des produits neurotoxiques vont agir en ciblant les canaux sodiques voltage-dépendants [30]. Ces insecticides améliorent l'activation et empêchant la désactivation, ce qui entraîne une ouverture prolongée du canal [31], ils produisent ainsi une réaction caractéristique se traduisant par une paralysie brutale de l'insecte, réaction qui peut éventuellement disparaître si la dose n'est pas mortelle. Ce phénomène appelé « knock-down » est provoqué par des doses différentes d'insecticides chez les insectes sensibles et résistants. [32].

- **Résistance aux organophosphorés et aux carbamates**

### *Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

Les insecticides organophosphorés (l'acéphate, le malathion ou le parathion) et les insecticides de la famille des carbamate (le bendiocarbe et le carbofurane) bloquent la neurotransmission synaptique du moustique en inhibant l'action enzymatique de l'acétylcholinestérase (AChE). Cette dernière n'est alors plus apte à hydrolyser son substrat naturel, l'acétylcholine, en choline et acide acétique. L'acétylcholine s'accumule ainsi dans la jonction synaptique, maintenant une transmission permanente de l'influx nerveux. Le retour à l'état dit de repos est perturbé qui conduit à la contraction musculaire du moustique et à sa mort [30].

- **Résistance comportementale**

Dans la résistance comportementale, une population d'insectes devient résistante en évitant le contact avec le produit toxique ou en limitant la durée de ce contact de telle sorte qu'il ne soit pas létal [29]. Ces mécanismes d'adaptation naturelle sont connus depuis 1956, mais finalement peu de recherches ont été menées dans ce domaine, car la reproductibilité en modèle de laboratoire demeure délicate et il s'intéresse plus aux déploiements massifs des MILD, et la PID de produits répulsifs [30].

## **4 Méthodologie**

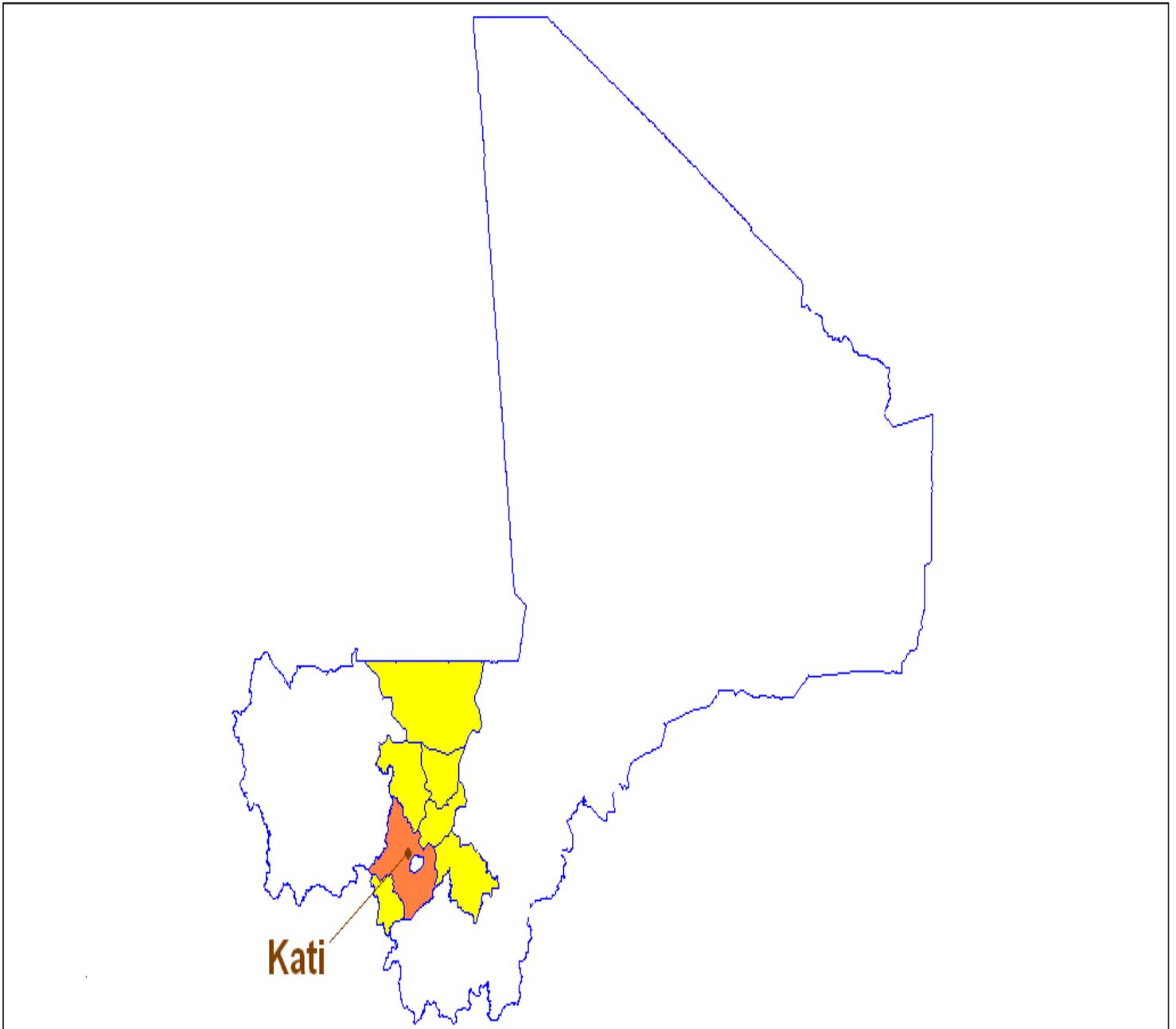
### **4.1 4.1 Cadre d'étude**

#### **4.1.1 Type d'étude**

Cette étude était de type transversal avec des bras contrôles (Sans traitement) des bras de références (Traiter avec des formulations de références) et des bras test (Traiter avec la formulation à tester)

#### **4.1.2 Site et population d'étude**

Cette étude a été effectuée dans la commune de Baguinéda située dans le district de Kati entre les positions géographiques 12° 30' Nord et le 8° 20' Ouest au Sud du Mali. Le relief accidenté avec une chaîne de collines, prolongement du mont mandingue. On note l'existence de deux grandes mares : le Kodjou et le Zankeblekak. Le climat est de type soudano-sahélien. L'hivernage a lieu de juin à octobre. La pluviométrie annuelle varie entre 900 à 1 000 mm. La population était de 948 1288 habitants en 2009. L'agriculture est l'activité économique dominante. Un périmètre irrigué, géré par l'office riz de Baguinéda permet la culture du riz. Le sorgho et le mil sont aussi cultivés. Baguinéda est également une zone de production de mangues. Les habitants pratiquent le maraîchage et l'arboriculture. L'élevage, la pêche et le commerce sont largement pratiqués.



**Figure 4 :** Carte du Mali avec le district sanitaire de Kati (Baguinéda).

### 4.1.3 Période d'étude

Les évaluations ont été faites de novembre 2020 à avril 2023. Les évaluations des phases 2 et 3 ont été faites en deux passages (rounds) de 5 jours dans le village de Baguinéda, district sanitaire de Kati, région Koulikoro au Mali.

### 4.2 Formulation d'insecticide

Les formulations (RAMBO NIS, RAMBO MOSQUITO COIL, FARIMA ET FATALA) ont été évaluées (Tableau 4).

**Tableau 4 : Formulation qui ont été testées**

#	Nom Commercial	Formulation	Matière active	APV / CSP	Evaluation
1	RAMBO NIS (Fabriquant OMNIUM)	Aérosol Intra Domiciliaire	Transfluthrine (0,25%)  Permethrine (0,20%)	0818-A1/11- 17/APV- SAHEL Exp novembre 20	Phase 3
2	RAMBO MOSQUITO COIL (Fabriquant OMNIUM)	Spirale Fumigène	D-Alléthrine (0,2%)	0841- A1/ln/05- 18/APV SAHEL Exp mai 2021	Phase 3
3	FARIMA (Fabriquant ÉTABLISSEMENT ABDOULAYE DIABY)	Spirale Fumigène	Diméthylthrine (0,02%)	N/A	Phase 1, 2 et 3
4	FATALA (Fabriquant AIFA)	Spirale Fumigène	Esbiothrine (0,2%)	N/A	Phase 1, 2 et 3
5	FATALA (Fabriquant AIFA)	Aérosol Intra Domiciliaire	Tetraméthrine (0,33 %)  Cyperméthrine (0,05%)	N/A	Phase 1, 2 et 3

### 4.3 Description des produits à tester

#### 4.3.1 BOXER produit de référence de la spirale fumigène

L'efficacité des fumigènes (FARIMA, FATALA, RAMBO MOSQUITO COIL) a été comparée à celle de BOXER (Figure 2) qui est une spirale autorisée par le CSP sous le numéro 0843-A1/ln/12-18/APV-SAHEL (Expire en décembre 2020).

- Insecticide : Méperfluthrine 0,05%
- Application : Une spirale pour 12h



Figure 5 : Emballage de la spirale BOXER (Produit de référence)

#### 4.3.2 FARIMA produit à tester de la spirale fumigène

- Insecticide : Diméthylfluthrine 0,02%
- Application : Une spirale pour 12h



Figure 6 : Emballage de la spirale FARIMA ®

Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali

#### 4.3.3 RAMBO MOSQUITO COIL produit à tester de la spirale fumigène

Cette spirale autorisée par le CSP sous le numéro 0841-A1/ln/05-18/APV SAHEL (Expire en mai 2021) (Figure 5).

- Insecticide : D-Alléthrine 0,2%
- Application : Une spirale pour 12h



Figure 7 : Emballage de la spirale RAMBO MOSQUITO COIL (Produit à tester)

#### 4.3.4 FATALA produit à tester de la spirale fumigène

- Insecticide : Esbiothrine 0,2%
- Application : Une spirale fait plus de 10h

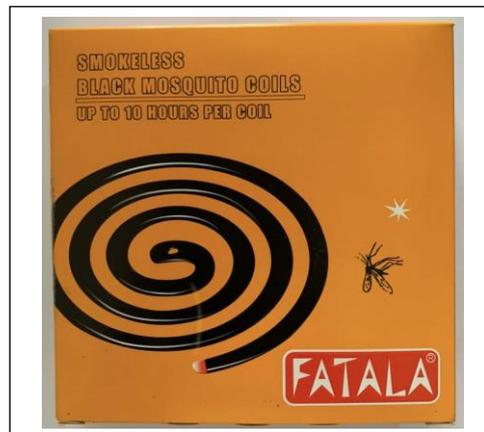


Figure 8 : Emballage de la spirale FARIMA (Produit à tester)

#### 4.3.5 INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO produit de référence de la bombe aérosol

L'efficacité des aérosols RAMBO et FATALA a été comparée à celle de INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO. Cette formulation est autorisée par le CSP sous le numéro 0594-H0/ln/11-17/HOM-SAHHEL (Expire en novembre 2022) (Figure 9).

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

- Insecticide : Tétraméthrine 0,20%, Perméthrine 0,25% et D-fénothrine 0,01%
- Application : Une dose de 5 à 10 secondes de pulvérisation



**Figure 9** : Présentation de la bombe aérosol INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO

#### **4.3.6 RAMBO NIS produit à tester de la bombe aérosol**

Cette formulation est autorisée par le CSP sous le numéro 0818-A1/11-17/APV-SAHEL (Expire en novembre 2020) (Figure 10).

- Insecticide : Transfluthrine 0,25% et Perméthrine 0,20%
- Application : Une dose de 4 à 6 secondes de pulvérisation



**Figure 10** : Présentation de la bombe aérosol RAMBO NIS

#### **4.3.7 FATALA produit à tester bombe d'aérosol**

- Insecticide : Tetraméthrine (0,33 %) et Cyperméthrine (0,05%)
- Application : Une dose de 5 à 10 secondes de pulvérisation



**Figure 11** : Présentation de la bombe aérosol FATALA

#### **4.4 Déroulement pratique de l'étude**

##### **4.4.1 Evaluation phase 1**

Cette évaluation a été effectuée dans la chambre Peet-Grady en milieu confiné selon le protocole décrit par l'OMS [33]. Pour chaque dose produit, le test a été faite avec 200 ou 400 moustiques femelles de la souche *An. gambiae* Ngousso (référence) et de 200 ou 400 moustiques femelles de la souche *An gambiae* Baguinéda.

##### **4.4.1.1 Collecte des larves de moustiques**

La collecte larvaire a été effectuée dans les casiers rizicoles de la zone de Baguinéda selon la méthode décrite par l'OMS [33]. Cette collecte dépendait des gites, par exemple les Anophèles ne pondent pas sur des gites sales donc la collecte était effectuée sur des gites clairs ensuite triées pour enlever les prédateurs et conservées dans un récipient adapté telque le glacière puis transportée à l'insectarium du LBMA pour y être élever jusqu'à l'âge adulte et ont ensuite été utilisé pour les tests de sensibilité aux insecticides.

##### **4.4.1.2 Bio essais avec les bouteilles CDC**

La détermination de la sensibilité des vecteurs du paludisme aux pyréthrinoïdes a été effectuée avec des moustiques adultes dans les bouteilles (CDC) imprégnées d'insecticide selon le protocole décrit par Brogdon & McAllister [34]. Les tests ont été effectués avec quatre répliques de 20 à 25 moustiques dans les bouteilles imprégnés de deux pyréthrinoïdes (Permethrine 21,5 µg / bouteille et la deltaméthrine 12,5 µg / bouteille). Le temps d'exposition à l'insecticide était

de 120 minutes. Le temps d'attente avant la lecture finale de la mortalité a été faite en 30 minutes.

#### **4.4.1.3 Bio essais avec la chambre Peet-Grady**

La chambre Peet-Grady est recommandée par l'OMS pour tester l'efficacité des produits (les bombes aérosols, spirales, diffuseurs électriques) utilisés dans les ménages contre les insectes nuisibles. La chambre était installée dans une grande salle appropriée au LBMA pour réaliser les essais dans les conditions requises.

La chambre Peet-Grady a une dimension de 180 cm x 180 cm x 180 cm. Elle est construite avec une charpente en aluminium et des vitres pour faciliter le nettoyage des insecticides ou des résidus de solvant après chaque essai. Le plancher de la chambre Peet-Grady couvert du papier absorbant blanc est divisé en quatre quadrants pour faciliter l'observation et le comptage des moustiques foudroyés (Knock Down). Une porte d'entrée (environ 165 x 90 cm) est fixée sur l'une des parois latérales de la chambre. La chambre dispose d'une lumière fluorescente, ainsi qu'un ventilateur d'extraction au plafond pour éliminer la fumée ou l'odeur d'insecticide après chaque essai. Deux vitres observation et quatre fenêtres d'introduction des moustiques sont sur chacune des parois latérales de la chambre pour faciliter l'introduction, l'observation et le comptage des moustiques foudroyés (KD) pendant les essais.

- **Fumigène**

Quatre cages (20 x 20 x 20 cm) recouvertes de filets de moustiquaire avec une ouverture de 0.5 mm, contenant chacune 25 moustiques femelles âgées de 3 à 5 jours alimentées avec du jus sucré à 10%, sont accrochées aux quatre coins d'une chambre Peet-Grady. Chaque cage a été suspendue à 80 cm du plafond et à 10 cm des murs pour faciliter l'observation à travers les fenêtres. L'air dans la chambre circule grâce à un ventilateur de 30 cm (Vitesse du vent 4,5 m / s à 5,0 m / s). Le fumigène était placé en bas au milieu de la chambre dans une assiette Plate. Le nombre de moustique foudroyé (KD) était compté à intervalles de 10 mn jusqu'à 60 mn. Après 60 minutes, la chambre était aérée rapidement, tous les moustiques ont ensuite été recueilli et placés dans des gobelets en carton, conservés avec du coton imbibé de jus sucré à 10%. Tous les tests ont été effectués à une température de  $27 \pm 2$  °C et une humidité relative de  $80\% \pm 10\%$ . La mortalité a été enregistrée 24 heures après l'exposition. L'efficacité de chaque dose de produit testé a été évaluée en quatre répliques sur différents lots de moustiques (n=400 moustiques) et les résultats ont été rassemblés.

## *Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

Avant de tester chaque produit, les cages de contrôle ont été placées dans la chambre pendant 60 minutes, après les moustiques ont ensuite été recueillis et placés dans des gobelets en carton, conservé avec du coton imbibé de jus sucré à 10% à une température de  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  et une humidité relative de  $80\% \pm 10\%$  pour les observations de mortalité.

Si la mortalité dépassait 20% dans les essais contrôles (témoins), les résultats des essais tests (avec les produits) ont été rejetés. Si la mortalité dans les essais contrôles est comprise entre 5% et 20%, les résultats des essais tests sont corrigés en utilisant la formule d'Abbott [35].

Le temps KDT50 et KDT95 ainsi que le taux de mortalité après 24 heures ont été déterminés pour chaque essai (produit / dosage) en regroupant les données provenant de quatre reliquats.

- **Aérosol Intra Domiciliaire**

Au total, 50 moustiques femelles de 3 à 5 jours alimentées avec du jus sucré à 10%, ont été lâchées dans la chambre d'essai. Avant le test, le pulvérisateur automatique était secoué puis l'aérosol était pulvérisé dans la chambre en fonction des doses à tester. Le nombre de moustique foudroyé (KD) est compté à intervalles de 10 mn jusqu'à 60 mn. Après 60 minutes, la chambre est aérée rapidement, tous les moustiques sont ensuite recueillis et placés dans des gobelets en carton, conservés avec du coton imbibé de jus sucré à 10%. Tous les tests seront effectués à une température de  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  et une humidité relative de  $80\% \pm 10\%$ . La mortalité sera enregistrée 24 heures après l'exposition. L'efficacité de chaque dose de produit testé a été évaluée en quatre répliques sur différents lots de moustiques (n=200 moustiques) et les résultats ont été rassemblés.

Avant de tester chaque produit, les moustiques contrôles sont lâchés dans la chambre pendant 60 minutes, après les moustiques sont ensuite recueillis et placés dans des gobelets en carton, conservés avec du coton imbibé de jus sucré à 10% à une température de  $27 \pm 2^\circ\text{C}$  et une humidité relative de  $80\% \pm 10\%$  pour les observations de mortalité.

Si la mortalité dépasse 20% dans les essais contrôles (témoins), les résultats des essais tests (avec les produits) étaient rejetés. Si la mortalité dans les essais contrôles est comprise entre 5% et 20%, les résultats des essais tests sont corrigés en utilisant la formule d'Abbott [35].

Le temps KDT50 et KDT95 ainsi que le taux de mortalité après 24 heures ont été estimés pour chaque essai (produit / dosage) en regroupant les données provenant de quatre reliquats.

#### **4.4.1.4 Définition des doses à tester**

Les doses ont été appliquées dans les chambres par l'équipe du LBMA.

##### **4.4.1.4.1 Les spirales fumigènes**

L'insecticide était sous une formulation de spirale fumigène à allumer avec une seule molécule active. La dose définie à appliquer était estimée sous forme de temps de diffusion la nuit. Chaque spirale était quantifiée pour être diffusée pendant 12h (19h à 7h du matin). Les doses ci-dessous ont été testées :

- BOXER (Spirale de référence) 1 dose: 1 Spirale
- FARIMA Spirale fumigène 1 dose: 1 Spirale
- FARIMA Spirale fumigène 2 doses: 2 Spirales
- FATALA Spirale fumigène 1 dose: 1 Spirale
- FATALA Spirale fumigène 2 doses: 2 Spirales

##### **4.4.1.4.2 Les aérosols intra domiciliaires**

L'insecticide était sous une formulation de bombe aérosol à pulvériser avec deux ou trois molécules actives. La dose définie à appliquer était estimée sous forme de temps de pulvérisation la nuit. Une application de 4 à 10 secondes par chambre (15m<sup>2</sup>) était recommandée par les fabricants pour une protection de 12h (19h à 7h du matin). Les doses ci-dessous ont été testées :

- INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Référence) 1 dose : 10 secondes de pulvérisation
- FATALA<sup>1/2</sup> dose: 5 secondes de pulvérisation
- FATALA 1 dose: 10 secondes de pulvérisation
- FATALA<sup>2</sup> doses: 20 secondes de pulvérisation

#### **4.4.1.5 Paramètre d'évaluation**

- **Taux de mortalité (Bio essais/ Bouteille CDC) :** c'est le pourcentage de moustique mort 30mn après exposition aux insecticides dans les bouteilles CDC.

<b>Taux de mortalité= (Nombre total de moustique mort / Nombre total de moustique testé) x 100</b>
--

- **Taux de mortalité (Bio essais/ Chambre Peet-Grady)** :c'est le pourcentage de moustiques morts 24h après exposition aux insecticides dans la chambre Peet-Grady.

$$\text{Taux de mortalité} = (\text{Nombre de moustiques morts} / \text{Nombre total de moustiques testés}) \times 100$$

Lorsque le taux de mortalité du témoin est compris entre 5% et 20%, le taux de mortalité des tests est corrigé par la formule d'Abbott [35]. Au-delà de 20% de mortalité le test sera repris.

$$\text{Formule d'Abbott : } [(\text{Mortalité test} - \text{Mortalité témoin}) / (100 - \text{Mortalité contrôle})] * 100$$

- **Effet KDT50** : c'est la période à laquelle 50% des moustiques ont été foudroyés
- **Effet KDT95** : c'est la période à laquelle 95% des moustiques ont été foudroyés

#### **4.4.2 Evaluation phase 2**

Cette évaluation a été effectuée dans 11 chambres en milieu semi confiné avec 11 volontaires âgés d'au moins 18 ans selon le protocole décrit par l'OMS [33]. Le plan ci-dessous a été utilisé pendant 5 nuits en 2 rounds :

- **Fumigènes**
  - Chambre 1 : Contrôle (le captureur dort sous une moustiquaire non imprégnée d'insecticide)
  - Chambre 2 : Application 1 dose BOXER fumigène de référence par nuit
  - Chambre 3 : Application 1 dose FARIMA fumigène par nuit
  - Chambre 4 : Application 2 doses FARIMA fumigène par nuit
  - Chambre 5 : Application 1 dose FATALA fumigène par nuit
  - Chambre 6 : Application 2 doses FATALA fumigène par nuit
- **Aérosols Intra Domiciliaire**
  - Chambre 1 : Contrôle (le captureur dort sous une moustiquaire non imprégnée d'insecticide)
  - Chambre 2 : Application 1 dose ORO aérosol intra domiciliaire de référence par nuit
  - Chambre 3 : Application 1/2 dose FATALA aérosol par nuit
  - Chambre 4 : Application 1 dose FATALA aérosol par nuit
  - Chambre 5 : Application 2 doses FATALA aérosol par nuit

## *Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

Onze (11) volontaires âgés d'au moins 18 ans ont été recrutés dans le village Baguinéda. Pendant 10 nuits, les volontaires entraient dans les 11 chambres à 20h et y restent jusqu'à 6h du matin. A 6h, ils ont été réveillés pour récolter les moustiques entrés dans les chambres. Les moustiques collectés étaient classés en vivants ou morts. Les vivants ont été collectés à l'aide d'un aspirateur Prokopack, conformément au protocole de John W. Hock [36]. Puis ils ont été placés dans des gobelets en carton et conservés avec du coton imbibé de jus sucré à 10% pendant 24 heures pour la lecture de la mortalité. Une rotation de type carré latin était réalisée entre les dormeurs pour minimiser le risque lié à l'attractivité des dormeurs. Les dormeurs ont été questionnés après chaque évaluation sur les effets secondaires éventuels ressentis en dormant dans les chambres traitées.

### **4.4.2.1 Définition des doses à tester**

Les doses ont été appliquées dans les chambres par l'équipe du LBMA.

#### 4.4.2.1.1 Les spirales fumigènes

L'insecticide était sous une formulation de spirale fumigène à allumer avec une seule molécule active. La dose définie à appliquer était estimée sous forme de temps de diffusion la nuit. Chaque spirale était quantifiée pour être diffusée pendant 12h (19h à 7h du matin). Les doses ci-dessous ont été testées :

- BOXER (Spirale de référence) 1 dose: 1 Spirale
- FARIMA Spirale fumigène 1 dose: 1 Spirale
- FARIMA Spirale fumigène 2 doses: 2 Spirales
- FATALA Spirale fumigène 1 dose: 1 Spirale
- FATALA Spirale fumigène 2 doses: 2 Spirales

#### 4.4.2.1.2 Les aérosols intra domiciliaires

L'insecticide était sous une formulation de bombe aérosol à pulvériser avec deux ou trois molécules actives. La dose définie à appliquer était estimée sous forme de temps de pulvérisation la nuit. Une application de 4 à 10 secondes par chambre (15m<sup>2</sup>) était recommandée par les fabricants pour une protection de 12h (19h à 7h du matin). Les doses ci-dessous ont été testées :

- INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Référence) 1 dose : 10 secondes de pulvérisation
- FATALA<sup>1/2</sup> dose: 5 secondes de pulvérisation
- FATALA 1 dose: 10 secondes de pulvérisation

- FATALA2 doses: 20 secondes de pulvérisation

#### 4.4.2.2 Paramètre d'évaluation

- **Effet dissuasif** : c'est la différence entre le nombre de moustiques capturés dans les chambres contrôles et traitées.

$$\text{Effet dissuasif} = \left[ \frac{\text{Nombre d'insecte capturé dans les chambres contrôles} - \text{Nombre d'insecte capturé dans les chambres traitées}}{\text{Nombre d'insecte capturé dans les chambres contrôles}} \right] \times 100$$

- **Taux de gorgement** : c'est le pourcentage de femelles gorgées dans les chambres.

$$\text{Taux de gorgement} = \left( \frac{\text{Nombre de femelle gorgée}}{\text{Nombre total de femelle capturée}} \right) \times 100$$

- **Taux de mortalité** : c'est le pourcentage de moustiques morts 24h après exposition aux insecticides dans les chambres.

$$\text{Taux de mortalité} = \left( \frac{\text{Nombre de moustiques morts}}{\text{Nombre total de moustiques testés}} \right) \times 100$$

Lorsque le taux de mortalité du témoin est compris entre 5% et 20%, le taux de mortalité des tests est corrigé par la formule d'Abbott [35]. Au-delà de 20% de mortalité le test sera repris.

$$\text{Formule d'Abbott} : \left[ \frac{\text{Mortalité test} - \text{Mortalité témoin}}{100 - \text{Mortalité contrôle}} \right] \times 100$$

- **Effets secondaires** : c'est le nombre de dormeur qui ont eu la toux, un rhume, un picotement dans les yeux, une irritation des yeux, un larmolement, une céphalée etc....

$$\text{Effet secondaire} = \left( \frac{\text{Nombre dormeur présentant un effet secondaire}}{\text{Nombre total de dormeur}} \right) \times 100$$

#### 4.4.2.3 Critères d'inclusion et non inclusion

- **Critères d'inclusion**  
L'inclusion des ménages se faisait de manière aléatoire, ainsi ont été inclus :
  - Les ménages dont les chefs ont donné un consentement.

## *Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

- Les ménages n'ayant pas utilisés la pulvérisation intra domiciliaire 6 mois avant cette étude ou des insecticides à usage domestique (bombe à aérosol, serpentín, diffuseur etc...) 48h avant le démarrage de cette évaluation.
- Les ménages ayant des chambres uniques d'une surface de 15m<sup>2</sup>.

### • **Critères de non inclusion**

N'ont pas été inclus dans cette étude :

- Les ménages dont les chefs n'ont pas donné leur consentement.
- Les ménages ayant utilisés la pulvérisation intra domiciliaire 6 mois avant cette étude et des insecticides à usage domestique (bombe à aérosol, serpentín, diffuseur etc...) 48h avant le démarrage de cette évaluation.
- Les ménages qui n'ont pas des chambres uniques d'une surface de 15 m<sup>2</sup>.

### **4.4.3 Evaluation phase 3**

Cette évaluation a été effectuée en milieu réel selon le protocole décrit par l'OMS [33] dans 9 bras avec 90 chambres et 90 volontaires âgés d'au moins 18 ans selon le meme protocole décrit par l'OMS. Le plan ci-dessous a été utilisé pendant 5 nuits en 2 rounds :

#### • **Fumigènes**

- Bras 1 (10 chambres) : Contrôle (le captureur dort sous une moustiquaire non imprégnée d'insecticide)
- Bras 2 (10 chambres) : Produit de référence spirale fumigène BOXER
- Bras 3 (10 chambres) : Produit à tester fumigène FARIMA
- Bras 4 (10 chambres) : Produit à tester fumigène FATALA
- Bras 5 (10 chambres) : Produit à tester fumigène RAMBO MOSQUITO COIL

#### • **Aérosols Intra Domiciliaire :**

- Bras 1 (10 chambres) : Contrôle (le captureur dort sous une moustiquaire non imprégnée d'insecticide)
- Bras 2 (10 chambres) : Produit de référence aérosol ORO
- Bras 3 (10 chambres) : Produit à tester aérosol FATALA
- Bras 4 (10 chambres) : Produit à tester aérosol RAMBO NIS

Quatre vingt dix (90) volontaires âgés d'au moins 18 ans ont été identifiés dans les chambres choisies. Pendant 10 nuits, les volontaires entrent dans les 90 chambres à 20h et y restaient jusqu'à 6h du matin. A 6h du matin, ils ont été réveillés pour récolter les moustiques entrés dans les chambres. Les captures ont été faites entre 6h et 11h du matin dans les bras d'étude pendant

## *Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

10 jours. La collecte des vecteurs du paludisme a été effectuée avec un aspirateur Prokopack, conformément au protocole de John W. Hock [36]. Les moustiques collectés ont été classés en vivants ou morts. Les vivants ont été collectés à l'aide d'aspirateur, placés dans des gobelets en carton et conservé avec du coton imbibé de jus sucré à 10% pendant 24 heures pour la lecture de la mortalité. Un volontaire a été affecté à chaque chambre et une rotation des produits était observée durant 5 nuits en appariement entre les bras traités de sorte que chaque dormeur passe 5 nuits dans les chambres traitées avec le produit à tester et 5 autres nuits dans les chambres traitées avec le produit de référence.

Les volontaires ont été questionnés après chaque évaluation sur les effets secondaires éventuels ressentis en dormant dans les chambres traitées.

### **4.4.3.1 Définition des doses à tester**

Les doses ont été appliquées dans les chambres par l'équipe du LBMA.

#### 4.4.3.1.1 Les spirales fumigènes

L'insecticide était sous une formulation de spirale fumigène à allumer avec une seule molécule active. La dose définie à appliquer était estimée sous forme de temps de diffusion la nuit. Chaque spirale était quantifiée pour être diffusée pendant 12h (19h à 7h du matin). Les doses ci-dessous ont été testées :

- BOXER (Spirale de référence) 1 dose: 1 Spirale
- FARIMA Spirale fumigène 1 dose: 1 Spirale
- FATALA Spirale fumigène 1 dose: 1 Spirale
- RAMBO MOSQUITO COIL 1 dose: 1 Spirale
- RAMBO INSECTICIDE PAPER 1 dose: 1 Papier

#### 4.4.3.1.2 Les aérosols intra domiciliaires

L'insecticide était sous une formulation de bombe aérosol à pulvériser avec deux ou trois molécules actives. La dose définie à appliquer était estimée sous forme de temps de pulvérisation la nuit. Une application de 4 à 10 secondes par chambre (15m<sup>2</sup>) était recommandée par les fabricants pour une protection de 12h (19h à 7h du matin). Les doses ci-dessous ont été testées :

- INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Référence) 1 dose : 10 secondes de pulvérisation
- FATALA 1 dose: 10 secondes de pulvérisation

- RAMBO NIS 1 dose: 10 secondes de pulvérisation

#### 4.4.3.2 Paramètre d'évaluation

- **Effet dissuasif** : c'est la différence entre le nombre de moustiques capturés dans les chambres contrôles et traitées.

$$\text{Effet dissuasif} = \left[ \frac{\text{Nombre d'insecte capturé dans les chambres contrôles} - \text{Nombre d'insecte capturé dans les chambres traitées}}{\text{Nombre d'insecte capturé dans les chambres contrôles}} \right] \times 100$$

- **Taux de gorgement** : c'est le pourcentage de femelles gorgées dans les chambres.

$$\text{Taux de gorgement} = \left( \frac{\text{Nombre de femelle gorgée}}{\text{Nombre total de femelle capturée}} \right) \times 100$$

- **Taux de mortalité** : c'est le pourcentage de moustiques morts 24h après exposition aux insecticides dans les chambres.

$$\text{Taux de mortalité} = \left( \frac{\text{Nombre de moustiques morts}}{\text{Nombre total de moustiques testés}} \right) \times 100$$

Lorsque le taux de mortalité du témoin est compris entre 5% et 20%, le taux de mortalité des tests est corrigé par la formule d'Abbott [35]. Au-delà de 20% de mortalité le test sera repris.

$$\text{Formule d'Abbott} : \left[ \frac{\text{Mortalité test} - \text{Mortalité témoin}}{100 - \text{Mortalité contrôle}} \right] \times 100$$

- **Effets secondaires** : c'est le nombre de dormeur qui ont eu la toux, un rhume, un picotement dans les yeux, une irritation des yeux, un larmoiement, une céphalée etc....

$$\text{Effet secondaire} = \left( \frac{\text{Nombre dormeur présentant un effet secondaire}}{\text{Nombre total de dormeur}} \right) \times 100$$

#### 4.4.3.3 Critères d'inclusion et non inclusion

- **Critères d'inclusion**

L'inclusion des ménages se faisait de manière aléatoire, ainsi ont été inclus :

- Les ménages dont les chefs ont donné un consentement.

## *Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

- Les ménages n'ayant pas utilisés la pulvérisation intra domiciliaire 6 mois avant cette étude ou des insecticides à usage domestique (bombe à aérosol, serpent, diffuseur etc...) 48h avant le démarrage de cette évaluation.
- Les ménages ayant des chambres uniques d'une surface de 15m<sup>2</sup>.

### • **Critères de non inclusion**

N'ont pas été inclus dans cette étude :

- Les ménages dont les chefs n'ont pas donné leur consentement.
- Les ménages ayant utilisés la pulvérisation intra domiciliaire 6 mois avant cette étude et des insecticides à usage domestique (bombe à aérosol, serpent, diffuseur etc...) 48h avant le démarrage de cette évaluation.

Les ménages qui n'ont pas des chambres uniques d'une surface de 15 m<sup>2</sup>.

## **4.5 Recueil et gestion des données**

Les résultats des bio-essais avec les bouteilles CDC ont été classés selon les critères de classification de l'OMS [37] :

- Sensibilité = Taux de mortalité supérieur à 98%
- Possible Résistance = Taux de mortalité comprise entre 90% et 97%
- Résistance = Taux de mortalité inférieur à 90%

Le logiciel Graph Pad Prism version 6.00 a été utilisé pour l'analyse des données. Les paramètres d'évaluations (KDT50, KDT95, taux de mortalité, taux de gorgement et effet dissuasif) observés avec les produits tests ont été comparés à ceux des produits des références en utilisant les tests ANOVA, Chi2, Man Whitney et kruskall Wallis. Les variations sont significatives pour les analyses avec  $p < 0,05$ .

## **4.6 Considérations éthiques**

Le protocole de cette étude a eu l'approbation comité d'éthique de la Faculté de Médecine et d'Odonto – Stomatologie (FMOS)/ Faculté de Pharmacie (FAPH) (N°2021/ 11/ CE/USTTB). Avant le début de l'étude, le consentement des populations des villages a été sollicité. Les risques inhérents à l'exécution de ce protocole sont minimes et relatives aux captures de jour par aspiration.

## 5 Résultats

### 5.1 Efficacité biologique des formulations d'insecticides en phase1

#### 5.1.1 Détermination de la sensibilité d'*An. gambiae* Baguinéda aux pyréthrinoïdes

**Tableau 5:** Sensibilité d'*An. gambiae* Baguinéda aux pyréthrinoïdes

Insecticide	# Testé	# Mort	% Mortalité	Statut
Perméthrine	100	75	75	Résistant
Deltaméthrine	100	82	82	Résistant

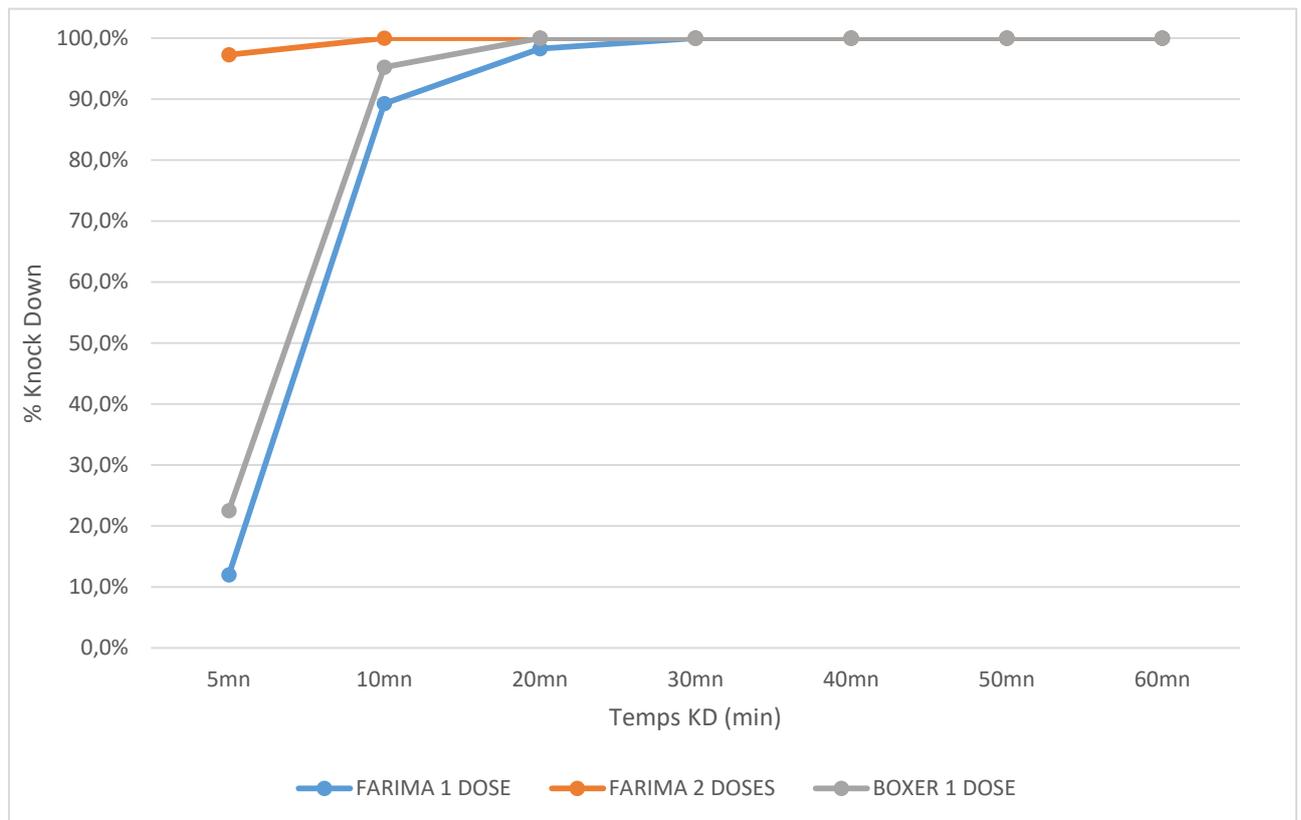
Le taux de mortalité observé montre que la souche *An. gambiae* Baguinéda était résistante à la perméthrine et deltaméthrine.

## 5.1.2 Evaluation des fumigènes

### 5.1.2.1 Fumigène FARIMA

#### 5.1.2.1.1 Estimation du temps Knock down

- *An. coluzzii* Ngoussou souche de laboratoire sensible aux insecticides

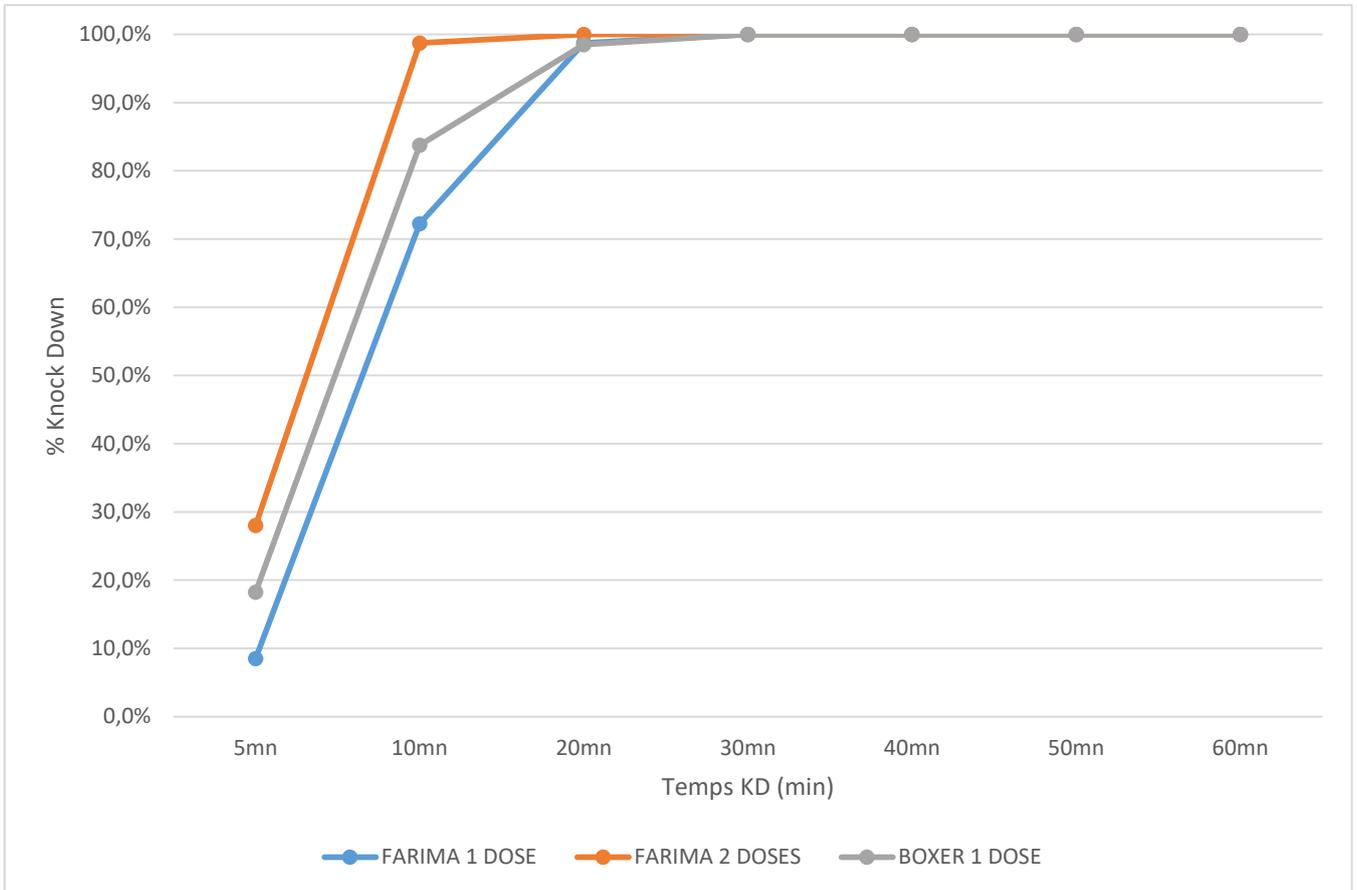


**Figure 12.** Comparaison des KDT50 et KDT95 des spirales FARIMA et BOXER (Produit de référence) avec la souche de référence *An gambiae* Ngoussou

Le KDT50 pour les spirales fumigènes FARIMA 1 Dose et BOXER 1 Dose (Produit de référence) était observé après 5 mn d'exposition. Le KDT95 pour les spirales FARIMA 1 Dose et BOXER 1 Dose (Produit de référence) était observé après 10 mn d'exposition tandis que celui de FARIMA 2 Doses était observé après 5mn d'exposition.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

- *An. gambiae* s.l Baguinéda souche de terrain résistante aux pyréthrinoides



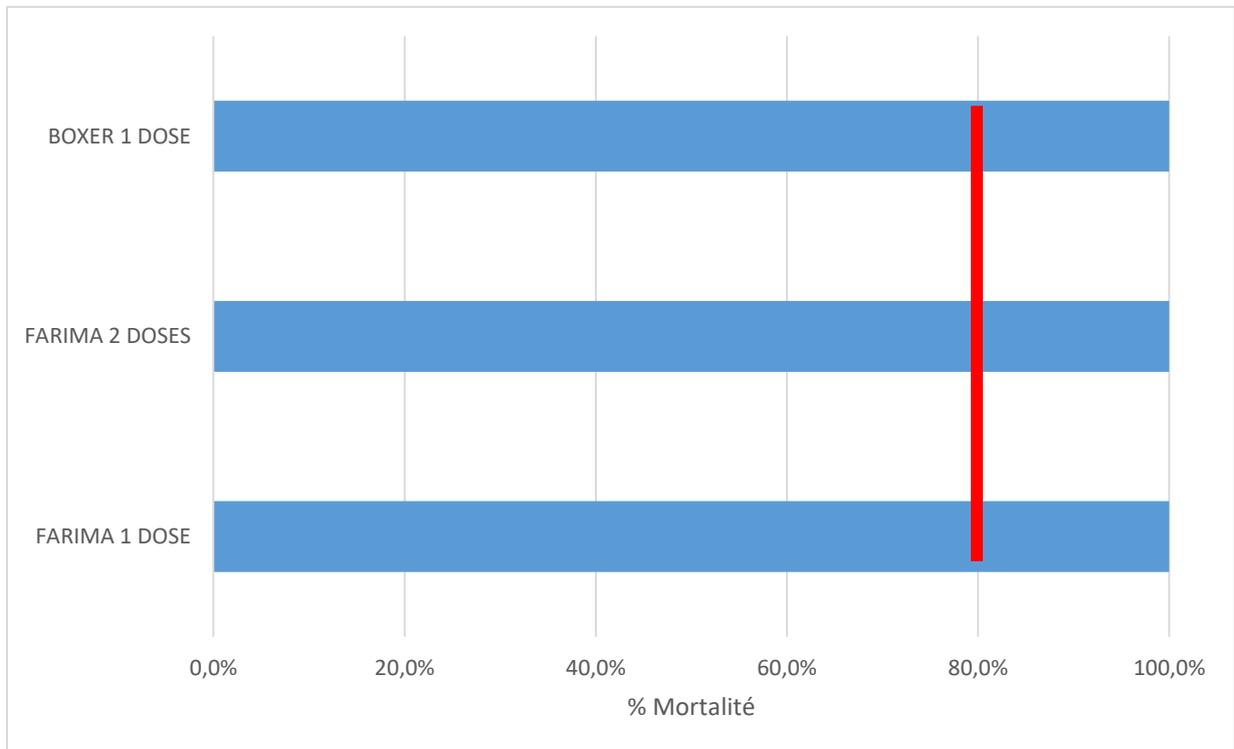
**Figure 13 :** Comparaison des temps KDT50 et KDT95 des spirales FARIMA et BOXER (Produit de référence) avec la souche *An gambiae* Baguinéda

Le KDT50 pour les spirales fumigènes FARIMA (1 DOSE et 2 DOSES) et BOXER (Produit de référence) était observé après 5 mn d'exposition. Le KDT95 pour 1 Dose des spirales FARIMA et BOXER (Produit de référence) était observé après 10 mn d'exposition tandis que celui FARIMA 2 Doses était observé après 5mn d'exposition.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

5.1.2.1.2 Taux de mortalité

- *An. coluzzii* Ngousso souche de laboratoire sensible aux insecticides

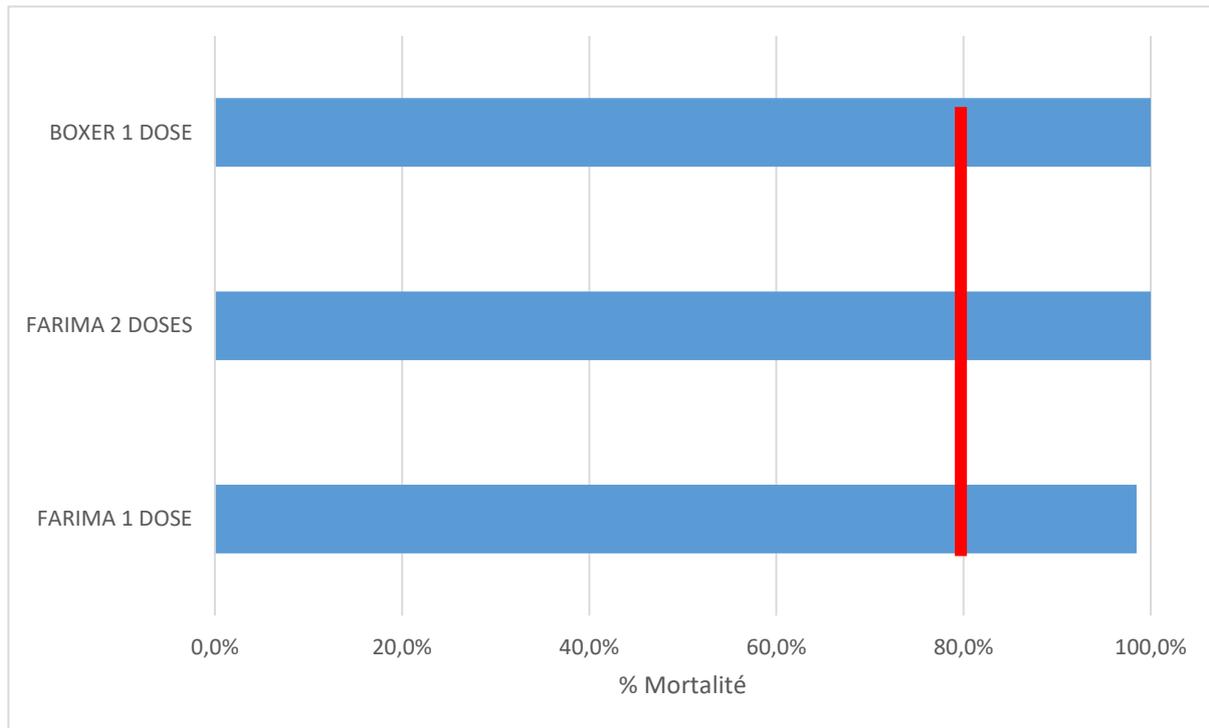


**Figure 14.** Taux de mortalité des spirales FARIMA et BOXER (Produit de référence) avec la souche de référence *An gambiae* Ngousso

Le taux de mortalité était de 100% avec FARIMA 1 Dose (n=400) aussi bien qu'avec FARIMA 2 Doses (n=400) et la simple dose BOXER (Produit de référence) (n=400). Il n'y avait pas de différence significative ( $p > 0,05$ ) entre les taux de mortalité. Le taux de mortalité observé avec les deux spirales était supérieur au seuil d'efficacité de 80% définie par l'OMS.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

- *An. gambiae* Baguinéda souche de terrain résistante aux pyréthriinoïdes



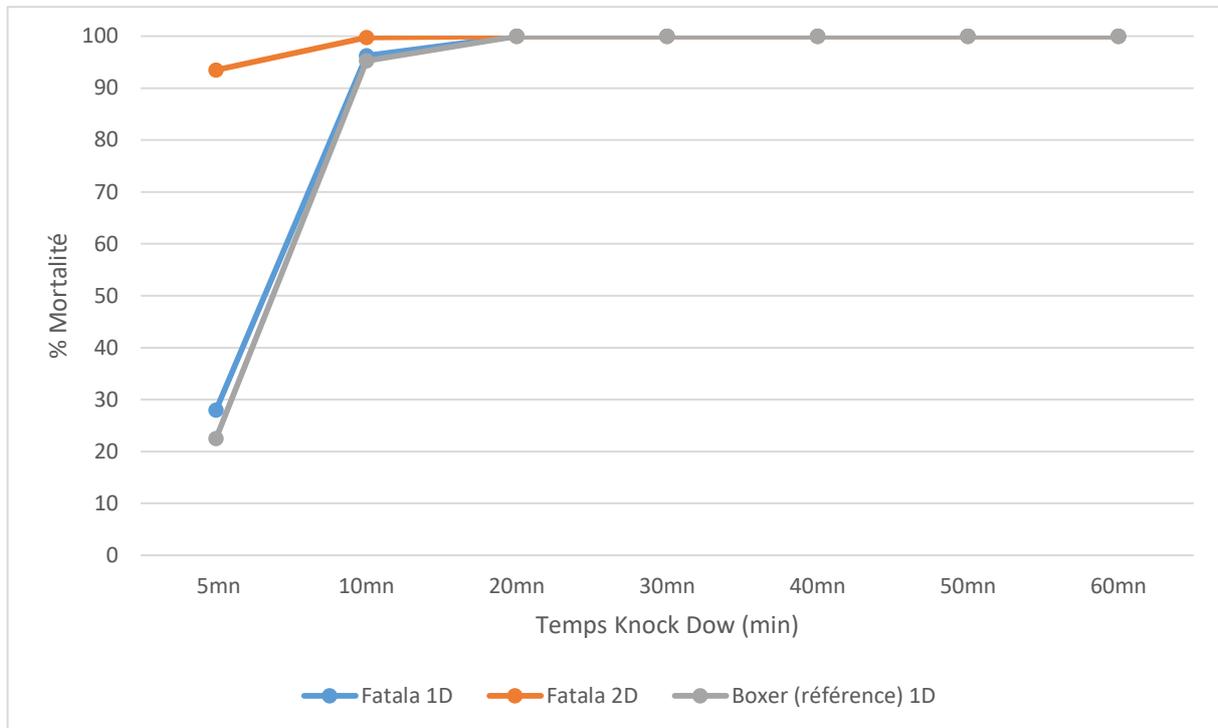
**Figure 15 :** Taux de mortalité des spirales FARIMA et BOXER (Produit de référence) avec la souche de terrain *An gambiae* s.l Baguinéda résistante aux pyréthriinoïdes

Le taux de mortalité était de 98% avec FARIMA 1 Dose (n=400) et de 100% avec FARIMA 2 Doses (n=400) et BOXER 1 Dose (Produit de référence) (n=400). Il y avait une différence significative ( $p=0,0139$ ) entre les taux de mortalité FARIMA 1 Dose et Boxer 1 Dose (Produit de référence) et FARIMA 2 Doses . Le taux de mortalité observé avec les deux spirales était supérieur au seuil d'efficacité de 80% définie par l'OMS.

### 5.1.2.2 Fumigène FATALA

#### 5.1.2.2.1 Estimation du temps Knock down

- *An. coluzzii* Ngousso souche de laboratoire sensible aux insecticides

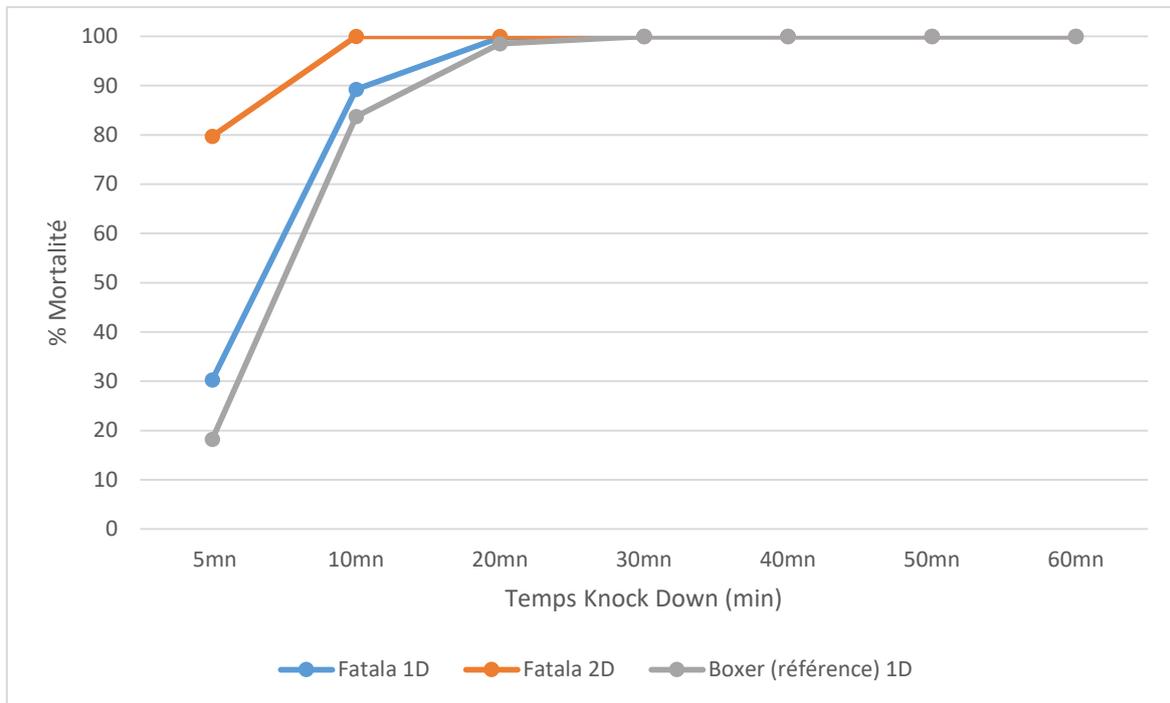


**Figure 16.** Comparaison des KDT50 et KDT95 des spirales FATALA et BOXER (Produit de référence) avec la souche de référence *An gambiae* Ngousso.

Le KDT50 pour les spirales fumigènes FATALA 1 Dose et BOXER 1 Dose (Produit de référence) était observé après 5 mn d'exposition. Le KDT95 pour les spirales FATALA 1 Doses et BOXER 1 Doses (Produit de référence) était observé à 10 mn d'exposition tandis que celui de FATALA 2 Doses était observé avant 5mn d'exposition.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

- *An. gambiae* Baguinéda souche de terrain résistante aux pyréthrinoides



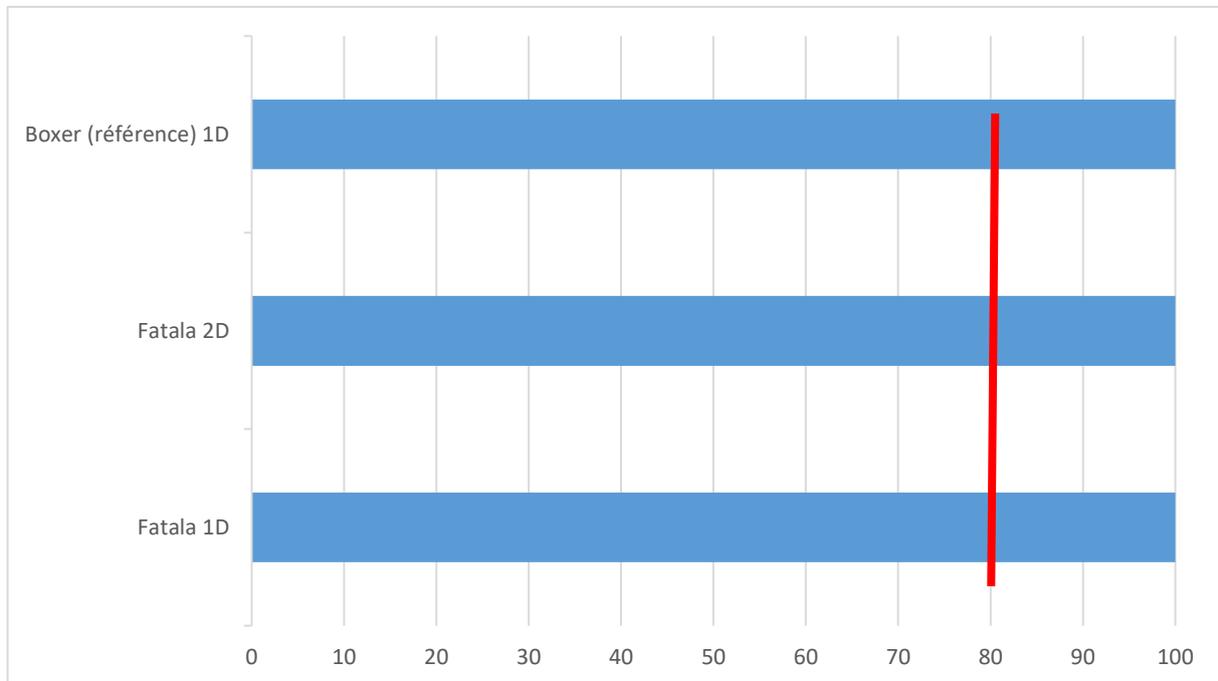
**Figure 17 :** Comparaison des temps KDT50 et KDT95 des spirales FATALA et BOXER (Produit de référence) avec la souche *An gambiae* Baguinéda

Le KDT50 pour les spirales fumigènes FATALA (1 DOSE) et BOXER (Produit de référence) était observé après 5 mn d'exposition. Le KDT95 pour 1 Dose des spirales FATALA et BOXER (Produit de référence) était observé après 10 mn d'exposition tandis que celui de 2 Doses était observé après 5mn d'exposition.

Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali

5.1.2.2.2 Taux de mortalité

- *An. coluzzii* Ngousso souche de laboratoire sensible aux insecticides

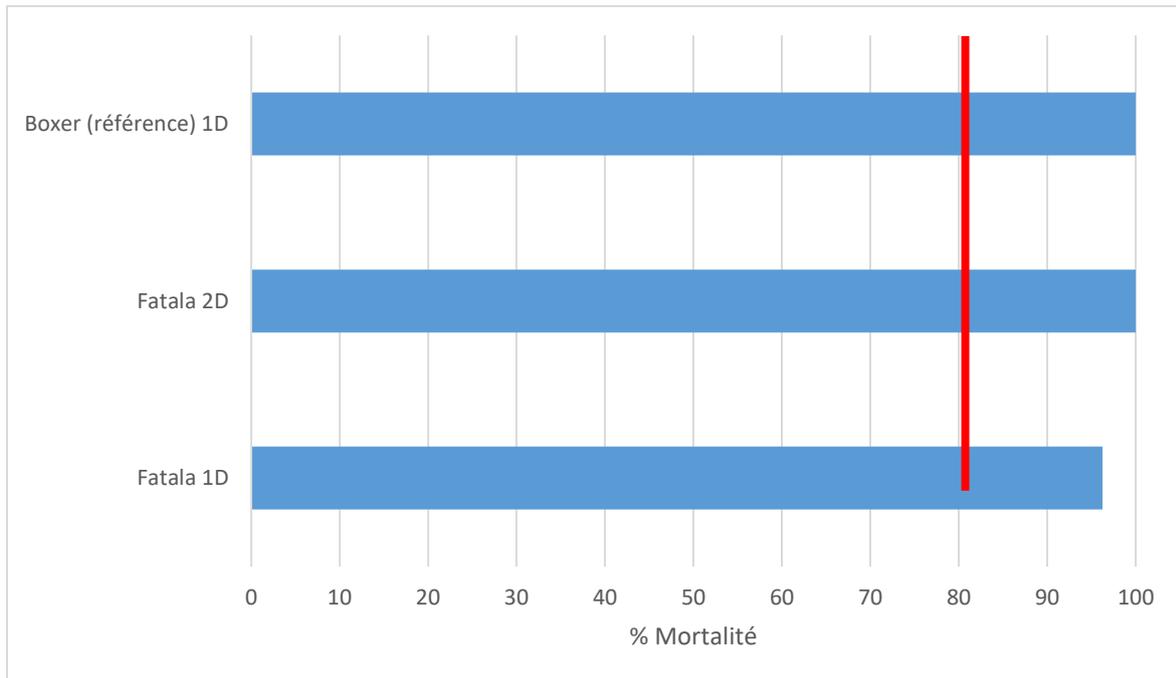


**Figure 18.** Taux de mortalité des spirales FATALA et BOXER (Produit de référence) avec la souche de référence *An gambiae* Ngousso

Le taux de mortalité était de 100% avec FATALA 1 Dose (n=400) aussi bien qu'avec FATALA 2 Doses (n=400) et la simple dose BOXER (Produit de référence) (n=400). Il n'y avait pas de différence significative ( $p > 0,05$ ) entre les taux de mortalité. Le taux de mortalité observé avec les deux spirales était supérieur au seuil d'efficacité de 80% définie par l'OMS.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

- *An. gambiae* s.l Baguinéda souche de terrain résistante aux pyréthrinoïdes



**Figure 19 :** Taux de mortalité des spirales FATALA et BOXER (Produit de référence) avec la souche de terrain *An gambiae* Baguinéda

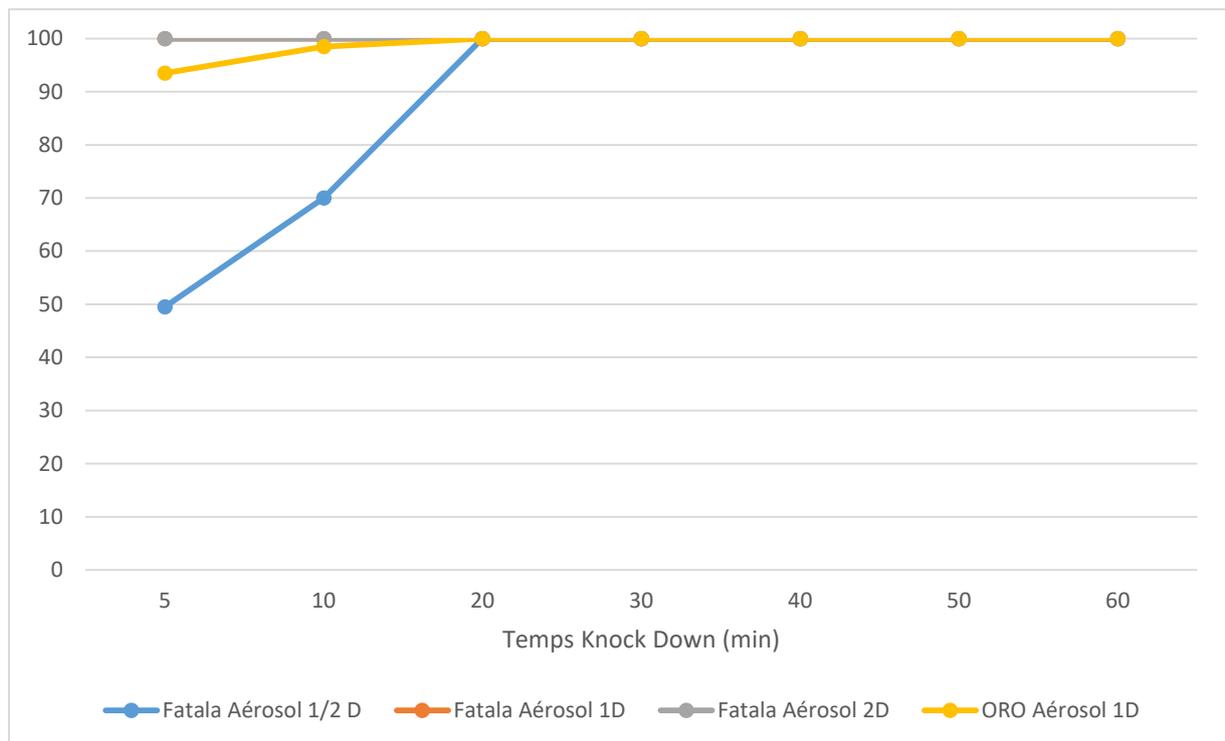
Le taux de mortalité était de 96% avec 1 Dose FATALA (n=400) et de 100% avec 2 Doses FATALA (n=400) et 1 Dose BOXER (Produit de référence) (n=400). Il y avait une différence significative ( $p < 0,0001$ ) entre les taux de mortalité FATALA 1 Dose et Boxer (Produit de référence) 1 Dose et FATALA 2 Doses. Le taux de mortalité observé avec les deux spirales était supérieur au seuil d'efficacité de 80% définie par l'OMS.

### 5.1.3 Evaluation des aérosols

#### 5.1.3.1 Aérosol FATALA

##### 5.1.3.1.1 Estimation du temps Knock down

- *An. coluzzii* Ngoussou souche de laboratoire sensible aux insecticides

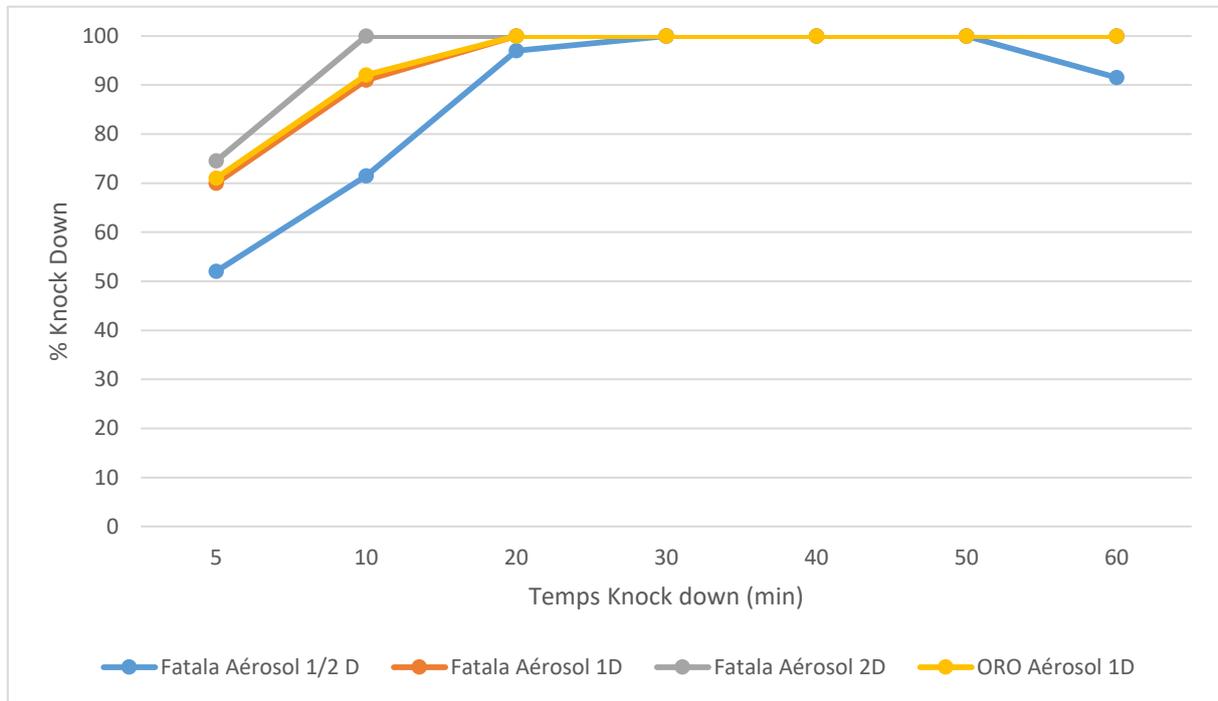


**Figure 20.** Comparaison des KDT50 et KDT95 des aérosols intra domiciliaire FATALA et ORO (Produit de référence) avec la souche de référence *An gambiae* Ngoussou

Le KDT50 était observé unique avec la demi ( $\frac{1}{2}$ ) dose de FATALA à 5 mn d'exposition. Le KDT95 pour INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO 1 Dose (Produit de référence) était observé après 5 mn d'exposition tandis que celui de la demi ( $\frac{1}{2}$ ) dose de FATALA était observé après 10 mn d'exposition. Le KDT50 et KDT95 n'était pas observé avec 1 Dose et 2 Doses de FATALA à cause leur action rapide, tous les moustiques étaient foudroyés avant 5mn .

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

- *An. gambiae* Baguinéda souche de terrain résistant aux pyréthriinoïdes



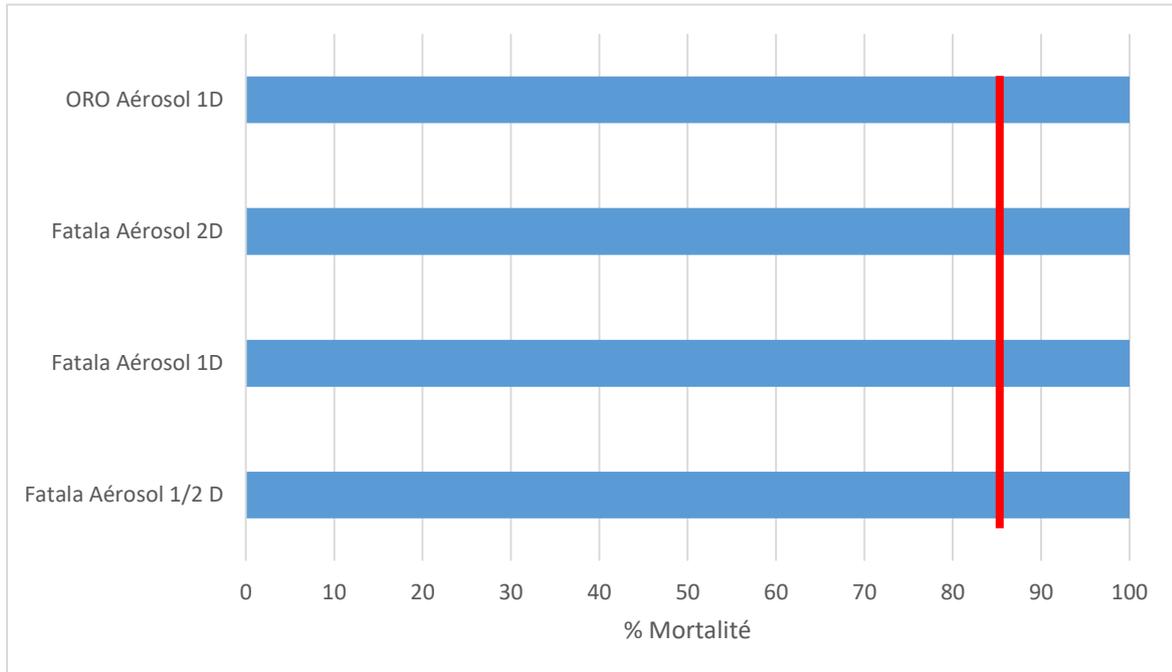
**Figure 21 :** Comparaison des temps KDT50 et KDT95 les aérosols intra domiciliaire FATALA et ORO (Produit de référence) avec la souche *An gambiae* s.l Baguinéda résistante aux pyréthriinoïdes

Le KDT50 était observé uniquement avec la demi ( $\frac{1}{2}$ ) dose de FATALA à 5 mn d'exposition. Le KDT95 avec 2 Doses de FATALA était observé après 5mn, celui avec 1 Dose de FATALA et l'INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Produit de référence) était observé après 10 mn d'exposition tandis que celui de la demi ( $\frac{1}{2}$ ) dose de FATALA était observé avant 20 mn d'exposition. Le KDT50 n'était pas observé avec 1 Dose de FATALA, 1 Dose de l'INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Produit de référence), et 2 Doses de FATALA à cause leur action rapide.

Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali

5.1.3.1.2 Taux de mortalité

- *An. coluzzii* Ngousso souche de laboratoire sensible aux insecticides

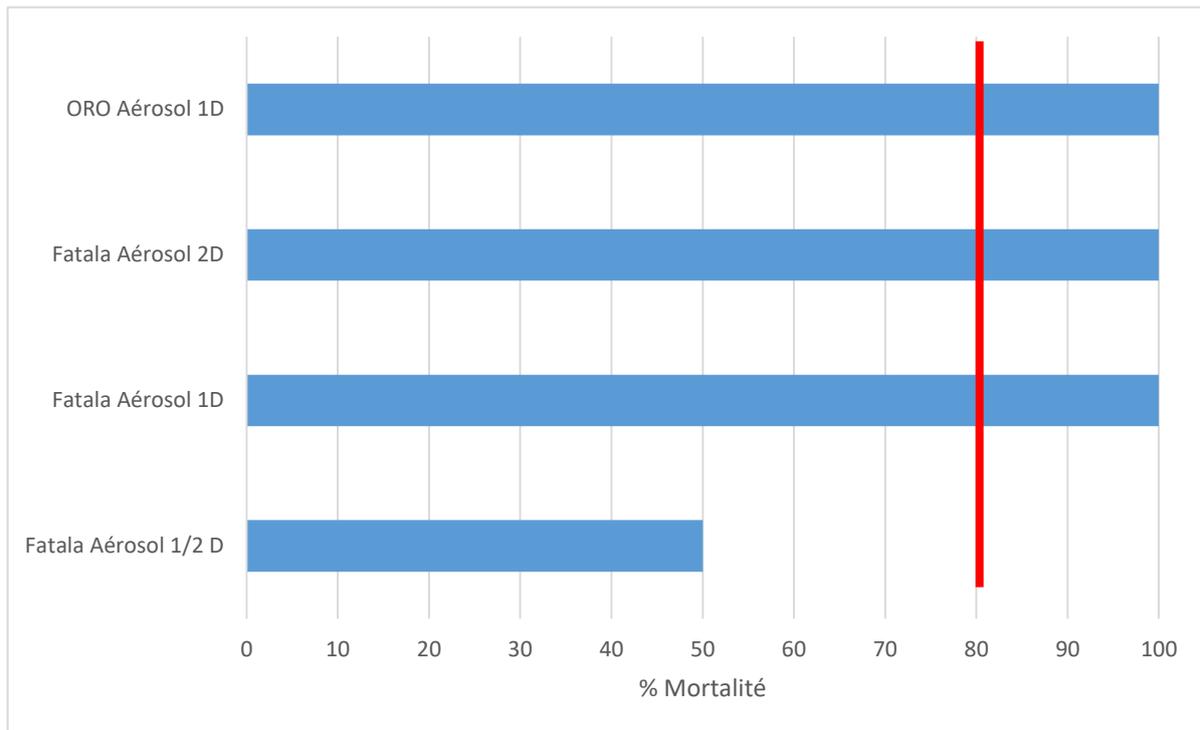


**Figure 22.** Taux de mortalité les aérosols intra domiciliaire FATALA et ORO (Produit de référence) avec la souche de référence *An gambiae* Ngousso

Le taux de mortalité était de 100% avec la demi ( $\frac{1}{2}$ ) dose (n=200), 1 Dose FATALA (n=200), 2 Doses FATALA (n=200) et 1 Dose ORO (Produit de référence) (n=200). Il n'y avait pas de différence significative ( $p > 0,05$ ) entre les taux de mortalité. Le taux de mortalité observé avec les deux aérosols était supérieur au seuil d'efficacité de 80% définie par l'OMS.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

- *An. gambiae* Baguinéda s.l souche de terrain résistante aux pyréthrinoides



**Figure 23 :** Taux de mortalité des aérosols intra domiciliaire FATALA et ORO (Produit de référence) avec la souche de terrain *An gambiae* Baguinéda résistante aux pyréthrinoides

Le taux de mortalité était de 50% avec la demi (1/2) dose FATALA (n=200) et de 100% avec 1 Dose (n=200), 2 Doses (n=200) de FATALA ainsi qu'avec 1 Dose ORO (Produit de référence) (n=400). Il y avait une différence significative ( $p < 0,0001$ ) entre les taux de mortalité FATALA 1/2 Dose et ORO (Produit de référence) 1 Dose et FATALA 1 et 2 Doses. A part la demi (1/2) dose de FATALA, le taux de mortalité observé avec FATALA (1 et 2 Doses) et ORO (Produit de référence) était supérieur au seuil d'efficacité de 80% définie par l'OMS.

## 5.2 Efficacité biologique des formulations d'insecticides en phase 2

### 5.2.1 Evaluation des fumigènes

#### 5.2.1.1 Fumigène FARIMA

##### 5.2.1.1.1 Détermination de l'effet dissuasif

**Tableau 6:** Nombre de moustiques femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras

Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali

Bras	Femelle collectée	<i>An gambiae</i> s.l.		<i>Culicinae</i>		Effet dissuasif <i>An gambiae</i> s.l	
		#	%	#	%	#	%
<b>Contrôle</b>	830	604	72,8	226	27,2		
<b>FARIMA 1 DOSE</b>	206	159	77,2	47	22,8	445	<b>73,7</b>
<b>FARIMA 2 DOSES</b>	306	220	71,9	86	28,1	384	<b>63,6</b>
<b>BOXER 1 DOSE (Référence)</b>	160	125	78,1	35	21,9	479	<b>79,3</b>

Un total de 830 moustiques femelles culicidés (*Anopheles*, *Culex* et *Aedes*) étaient collectées dans la chambre contrôle contre 206, 306 et 160 dans les chambres traitées respectivement avec les spirales FARIMA 1 Dose, FARIMA 2 Doses et BOXER 1 Dose (référence) après 10 nuits de capture. *An gambiae* s.l. le vecteur majeur du paludisme représentait 73% des moustiques collectés dans la chambre contrôle, 77% dans les chambres traitées avec FARIMA 1 Dose, 72% dans la chambre traitée avec FARIMA 2 Doses et 78% dans la chambre traitée avec BOXER 1 Dose (référence). Les moustiques du genre *Culex* et *Aedes* (*Culicinae*) étaient présents à 27% dans la chambre contrôle, 23% dans la chambre traitée FARIMA 1 Dose, 28% dans la chambre traitée avec FARIMA 2 Doses et 22% dans la chambre traitée avec BOXER 1 Dose (référence).

Les chambres (cases) traitées ont montré un effet dissuasif positif sur les populations d'*An gambiae* s.l. par rapport à la chambre témoin et quel que soit la spirale et la dose. L'effet dissuasif obtenu était de 74% avec FARIMA 1 Dose, 64% avec FARIMA 2 Doses et 79% avec BOXER 1 Dose (référence) L'effet dissuasif :

- FARIMA 1 Dose était supérieur à celui de FARIMA 2 Doses ( $p=0,0002$ ) (Tableau 6).

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

BOXER 1 Dose (référence) était supérieur à celui de FARIMA 1 Dose ( $p= 0,0251$ ) et FARIMA 2 Doses ( $p < 0,0001$ ) .

5.2.1.1.2 Taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 7** : Taux de gorgement

Bras	<i>An gambiae s.l</i>		
	# Total	# Gorgée	%
Contrôle	604	205	33,9
FARIMA 1 DOSE	159	45	28,3
FARIMA 2 DOSES	220	73	33,2
BOXER 1 DOSE (Référence)	125	46	36,8

Le taux de gorgement des populations d'*An gambiae s.l.* était faible en général (<40%). Il était de 34% dans la chambre contrôle, 28%, 33% et 37% respectivement dans les chambres traitées avec FARIMA 1 Dose, FARIMA 2 Doses et BOXER 1 Dose (référence) Le taux de gorgement :

- FARIMA 1 Dose était similaire à celui de FARIMA 2 Doses ( $p=0,311$ ).
- BOXER 1 Dose (référence) était similaire à celui de FARIMA 1 Dose ( $p=0,127$ ) et FARIMA 2 Doses ( $p=0,496$ ) (Tableau 7).

Contrôle était similaire à celui de FARIMA 1 Dose ( $p=0,1851$ ), FARIMA 2 Doses( $p=0,868$ ) et BOXER 1 Dose (référence) ( $p=0,5368$ ) Ceci montre que les spirales FARIMA (1 et 2 Doses) et BOXER 1 Dose (référence) ont le même effet sur la réduction du taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

5.2.1.1.3 Taux de mortalité des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 8 :** Taux de mortalité d'*An. gambiae* s.l

<b>Bras</b>	<b><i>An gambiae</i> s.l</b>		
	<b># Total</b>	<b># Mort</b>	<b>%</b>
<b>Contrôle</b>	604	124	<b>20,5</b>
<b>FARIMA 1 DOSE</b>	159	131	<b>82,4</b>
<b>FARIMA 2 DOSES</b>	220	216	<b>98,2</b>
<b>BOXER 1 DOSE (Référence)</b>	125	111	<b>88,8</b>

Le taux de mortalité était de 82%, 98% et 89% dans les chambres traitées respectivement avec FARIMA 1 Dose, FARIMA 2 Doses et BOXER 1 Dose (référence). Le taux de mortalité :

- FARIMA 1 Dose était significativement inférieur à celui de FARIMA 2 Doses ( $p = < 0,0001$ )
- BOXER 1 Dose (référence) était similaire à celui de FARIMA 1 Dose ( $p = 0,1775$ ) et significativement inférieur à celui de FARIMA 2 Doses ( $p = 0,0005$ ) (Tableau 8).

Les taux mortalités dans les chambres traitées étaient très élevés (>80%) avec les 2 spirales.

5.2.1.1.4 Evaluation des éventuels effets secondaires

**Tableau 9** : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude

<b>Bras</b>	<b>Dormeur</b>	<b>Toux</b>		<b>Rhume</b>		<b>Céphalées</b>		<b>Nausées</b>	
	#	#	%	#	%	#	%	#	%
<b>Contrôle</b>	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>FARIMA 1 DOSE</b>	10	0	0	3	<b>30</b>	1	10	0	0
<b>FARIMA 2 DOSES</b>	10	0	0	2	<b>20</b>	1	<b>10</b>	0	<b>0</b>
<b>BOXER 1 DOSE (Référence)</b>	10	0	0	0	0	0	0	0	0

Des effets secondaires mineurs étaient observés avec :

- FARIMA 1 Dose rhume 30% et céphalées 10% ;
- FARIMA 2 Doses rhume 20% et céphalées 10% .

### **5.2.1.2 Fumigène FATALA**

#### 5.2.1.2.1 Détermination de l'effet dissuasif

**Tableau 10** : FATALA, des femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras

Bras	Femelle collectée	<i>An gambiae</i> s.l.		<i>Culicinae</i>		Effet dissuasif <i>An gambiae</i> s.l	
		#	%	#	%	#	%
<b>Contrôle</b>	830	604	72,8	226	27,2		
<b>FATALA 1 DOSE</b>	206	151	73,3	55	26,7	453	<b>75,0</b>
<b>FATALA 2 DOSES</b>	249	214	85,9	35	14,1	390	<b>64,6</b>
<b>BOXER 1 DOSE (Référence)</b>	160	125	78,1	35	21,9	479	<b>79,3</b>

Un total de 830 moustiques femelles culicidés (*Anopheles*, *Culex* et *Aedes*) étaient collectées dans la chambre contrôle contre 206, 249 et 160 dans les chambres traitées respectivement avec les spirales FATALA 1 Dose, FATALA 2 Doses et BOXER 1 Dose (référence) après 10 nuits de capture (Tableau 10). *An gambiae* s.l. le vecteur majeur du paludisme représentait 72% des moustiques collectés dans la chambre contrôle, 73% dans la chambre traitée avec FATALA 1 Dose, 85% dans la chambre traité avec FATALA 2 Doses et 78% dans la chambre traitée avec BOXER 1 Dose (référence) Les moustiques du genre *Culex* et *Aedes* (*Culicinae*) étaient présents à 27% dans la chambre contrôle, 26% dans la chambre traitée FATALA 1 Dose, 14% dans la chambre traitée avec FATALA 2 Doses et 21% dans la chambre traitée avec BOXER 1 Dose (référence).

Les chambres (cases) traitées ont montré un effet dissuasif positif sur les populations d'*An gambiae* s.l. par rapport à la chambre témoin et quel que soit la spirale et la dose L'effet dissuasif obtenu était de 75% avec FATALA 1 Dose, 64% avec FATALA 2 Doses et 79% avec BOXER 1 Dose (référence) L'effet dissuasif :

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

- FATALA 1 Dose était significativement supérieur à celui de FATALA 2 Doses ( $p < 0,0001$ )

BOXER 1 Dose (référence) était similaire à FATALA 1 Dose ( $p = 0,074$ ) et significativement supérieur FATALA 2 Doses ( $p < 0,0001$ ).

5.2.1.2.2 Taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 11** : Taux de gorgement

Bras	<i>An gambiae</i> s.l		
	# Total	# Gorgée	%
Contrôle	604	205	33,9
FATALA 1 DOSE	151	54	35,8
FATALA 2 DOSES	214	62	29,0
BOXER 1 DOSE (Référence)	125	46	36,8

Le taux de gorgement des populations d'*An gambiae* s.l. était faible en général (<40%). Il était de 33% dans la chambre contrôle, 35%, 29% et 36% respectivement dans les chambres traitées avec FATALA 1 Dose, FATALA 2 Doses et BOXER 1 Dose (référence)). Le taux de gorgement :

- FATALA 1 Dose était similaire à celui de FATALA 2 Doses ( $p = 0,170$ )
- BOXER 1 Dose (référence) était similaire à celui de FATALA 1 Dose ( $p = 0,858$ ) et FATALA 2 Doses ( $p = 0,135$ )
- Contrôle était similaire à celui de FATALA 1 Dose ( $p = 0,673$ ), FATALA 2 Doses ( $p = 0,182$ ) et BOXER 1 Dose (référence) ( $p = 0,540$ )

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

Ceci montre que les spirales FATALA (1 et 2 Doses) et BOXER 1 Dose (référence) ont le même effet sur le taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme.

5.2.1.2.3 Taux de mortalité des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 12** : Taux de mortalité d'*An. gambiae* s.l

<b>Bras</b>	<b><i>An gambiae</i> s.l</b>		
	<b># Total</b>	<b># Mort</b>	<b>%</b>
<b>Contrôle</b>	604	124	<b>20,5</b>
<b>FATALA 1 DOSE</b>	151	119	<b>78,8</b>
<b>FATALA 2 DOSES</b>	214	185	<b>86,4</b>
<b>BOXER 1 DOSE (Référence)</b>	125	109	<b>87,2</b>

Le taux de mortalité était de 78%, 86% et 88% dans les chambres traitées respectivement avec FATALA 1 Dose, FATALA 2 Doses et BOXER 1 Dose (référence). Le taux de mortalité :

- FATALA 1 Dose était similaire à celui de FATALA 2 Doses ( $p= 0,053$ )
- BOXER 1 Dose (référence) était similaire à celui de FATALA 1 Dose ( $p= 0,067$ ) et de FATALA 2 Doses ( $p= 0,530$ ).

Les taux mortalités dans les chambres traitées étaient très élevés (>75,0%) avec les 2 spirales.

5.2.1.2.4 Evaluation des éventuels effets secondaires

**Tableau 13** : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude

<b>Bras</b>	<b>Dormeur</b>	<b>Toux</b>		<b>Rhume</b>		<b>Céphalées</b>		<b>Nausées</b>	
	#	#	%	#	%	#	%	#	%
<b>Contrôle</b>	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>FATALA 1 DOSE</b>	10	0	0	1	10	0	0	0	0
<b>FATALA 2 DOSES</b>	10	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>BOXER 1 DOSE (Référence)</b>	10	0	0	0	0	0	0	0	0

Des effets secondaires mineurs étaient observés avec FATALA 1 Dose un cas de rhume .

## **5.2.2 Evaluation des aérosols**

### **5.2.2.1 Aérosols FATALA**

#### **5.2.2.1.1 Détermination des effet dissuasif**

**Tableau 14** : Nombre de moustiques femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras

Bras	Femelle collectée	<i>An gambiae</i> s.l.		<i>Culicinae</i>		Effet dissuasif <i>An gambiae</i> s.l	
		#	%	#	%	#	%
<b>Contrôle</b>	452	313	69,2	139	30,7		
<b>FATALA ½ DOSE</b>	165	115	69,6	50	30,3	198	63,2
<b>FATALA 1 DOSE</b>	136	82	60,2	54	39,7	231	73,8
<b>FATALA 2 DOSES</b>	178	111	62,3	67	37,6	202	64,5
<b>ORO 1 DOSE (Référence)</b>	150	95	63,3	55	36,6	218	69,6

Un total de 452 moustiques femelles culicidés (*Anopheles*, *Culex* et *Aedes*) étaient collectés dans la chambre contrôle contre 165, 136, 178 et 150 dans les chambres traitées respectivement avec les aérosols FATALA ½ Dose, FATALA 1 Dose, FATALA 2 Doses et ORO 1 Dose (référence) après 10 nuits de capture (Tableau 14). *An gambiae* s.l. le vecteur majeur du paludisme représentait 69% des moustiques collectés dans la chambre contrôle, 69% dans les chambres traitées avec FATALA ½ Dose, 60% dans la chambre traitée avec FATALA 1 Dose, 62% dans la chambre traité avec FATALA 2 Doses et 63% dans la chambre traitée avec ORO 1 Dose (référence) . Les moustiques du genre *Culex* et *Aedes* (*Culicinae*) étaient présents à 30% dans la chambre contrôle, 30% dans la chambre traitée avec FATALA ½ Dose, 39 % dans la chambre traitée FATALA 1 Dose, 37% dans la chambre traitée avec FATALA 2 Doses et 36% dans la chambre traitée avec ORO 1 Dose (référence).

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

Les chambres (cases) traitées ont montré un effet dissuasif positif sur les populations d'*An gambiae* s.l. par rapport à la chambre témoin et quel que soit l'aérosol et la dose. L'effet dissuasif obtenu était de 63% dans la chambre traitée avec FATALA ½ Dose, 73% avec FATALA 1 Dose, 64% avec FATALA 2 Doses et 69% avec ORO 1 Dose (référence). L'effet dissuasif :

- FATALA ½ Dose était inférieur à celui de FATALA 1 Dose ( $p=0,004$ ) et similaire à FATALA 2 Doses ( $p=0,739$ )
- FATALA 1 Dose était supérieur à celui de FATALA 2 Doses ( $p= 0,012$ )
- ORO 1 Dose (référence) était similaire à FATALA 1/2 Dose ( $p=0,090$ ), FATALA 1 Dose ( $p=0,248$ ) et FATALA 2 Doses ( $p= 0,173$ ).

5.2.2.1.2 Taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 15** : Taux de gorgement

Bras	<i>An gambiae</i> s.l		
	# Total	# Gorgée	%
Contrôle	313	113	36,1
FATALA ½ DOSE	115	36	31,3
FATALA 1 DOSE	82	35	42,6
FATALA 2 DOSES	111	26	23,4
ORO 1 DOSE (Référence)	95	33	34,7

Le taux de gorgement des populations d'*An gambiae* s.l. était faible en général (<45%). Il était de 36% dans la chambre contrôle, 31%, 42%, 23% et 34% respectivement dans les chambres

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

traitées avec FATALA ½ Dose, FATALA 1 Dose, FATALA 2 Doses et ORO 1 Dose (référence) . Le taux de gorgement :

- FATALA ½ Dose était similaire à celui de FATALA 1 Dose ( $p=0,101$ ) et de FATALA 2 Doses ( $p=0,184$ ) ,
- FATALA 1 Dose était supérieur à celui de FATALA 1 Dose ( $p=0,004$ ) ,
- ORO 1 Dose (référence) était similaire à celui de FATALA ½ Dose ( $p=0,598$ ), de FATALA 1 Dose ( $p=0,278$ ) et de FATALA 2 Doses ( $p=0,073$ ) ,
- Contrôle était similaire à celui de FATALA ½ Dose ( $p=0,355$ ), de FATALA 1 Dose, ( $p=0,273$ ) et ORO 1 Dose (référence) ( $p=0,807$ ), mais supérieur à celui de FATALA 2 Doses ( $p=0,014$ ).

Ceci montre que les aérosols FATALA (1/2, 1 et 2 Doses) et ORO 1 Dose (référence) ont le même effet sur la réduction du taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme.

5.2.2.1.3 Taux de mortalité des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 16 :** Taux de mortalité d'*An. gambiae* s.l

Bras	<i>An gambiae</i> s.l		
	# Total	# Mort	%
Contrôle	313	123	39,2
FATALA ½ DOSE	115	95	82,6
FATALA 1 DOSE	82	64	78,0
FATALA 2 DOSES	111	87	78,3
ORO 1 DOSE (Référence)	95	66	69,4

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

Le taux de mortalité était de 82%, 78%, 78% et 69% dans les chambres traitées respectivement avec FATALA ½ Dose, FATALA 1 Dose, FATALA 2 Doses et ORO 1 Dose (référence). Le taux de mortalité :

- FATALA ½ Dose était similaire à celui de FATALA 1 Dose ( $p=0,423$ ) et FATALA 2 Doses ( $p= 0,422$ ) .
- ORO 1 Dose (référence) était inférieur à celui de FATALA 1 Dose ( $p= 0,025$ ) et similaire à celui de FATALA 1 Dose ( $p=0,197$ ) et de FATALA 2 Doses ( $p= 0,144$ )

Les taux mortalités dans les chambres traitées étaient très élevés (>65,0%) avec les 2 aérosols

5.2.2.1.4 Evaluation des éventuels effets secondaires

**Tableau 17** : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude

Bras	Dormeur	Toux		Rhume		Céphalées		Nausées	
	#	#	%	#	%	#	%	#	%
Contrôle	10	0	0	0	0	0	0	0	0
FATALA ½ DOSE	10	0	0	0	0	0	0	0	0
FATALA 1 DOSE	10	0	0	0	0	0	0	0	0
FATALA 2 DOSES	10	0	0	0	0	0	0	0	0
ORO 1 DOSE (Référence)	10	0	0	0	0	0	0	0	0

Il n'y avait pas effets secondaires observés dans les bras d'étude.

### 5.3 Efficacité biologique des formulations d'insecticides en phase 3

#### 5.3.1 Evaluation des fumigènes

##### 5.3.1.1 Fumigène FARIMA

###### 5.3.1.1.1 Détermination de l'effet dissuasif

**Tableau 18** : Nombre de moustiques femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras

Bras	Femelle collectée	<i>An gambiae</i> s.l.		<i>Culicinae</i>		Effet dissuasif <i>An gambiae</i> s.l	
		#	%	#	%	#	%
<b>Contrôle</b>	5285	4428	83,78	857	16,21		
<b>FARIMA (Test)</b>	332	288	86,74	44	13,25	4140	<b>93,50</b>
<b>BOXER (Référence)</b>	556	454	81,65	102	18,34	3974	<b>89,75</b>

Un total de 5 285 moustiques femelles culicidés (*Anopheles*, *Culex* et *Aedes*) ont été collectées dans les chambres témoins contre 332 et 556 dans les chambres traitées respectivement avec les spirales FARIMA et BOXER (référence) après 10 nuits de capture *An gambiae* s.l. le vecteur majeur du paludisme représentait 83% des moustiques collectés dans les chambres témoins, 86% dans les chambres traitées avec la spirale FARIMA et 81% dans les chambres traitées avec la spirale BOXER (référence). Les moustiques du genre *Culex* et *Aedes* (*Culicinae*) étaient présents à 16% dans les chambres contrôles, 13% dans les chambres traitées avec la spirale FARIMA et 18% dans les chambres traitées avec la spirale BOXER (référence).

Les chambres (cases) traitées ont montré un effet dissuasif positif sur les populations d'*An gambiae* s.l. par rapport aux chambres témoins et quel que soit la spirale L'effet dissuasif obtenu

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

avec la spirale FARIMA était de 93% tandis que celui de la spirale de référence BOXER était de 89%. Ceci montre que la spirale FARIMA à effet dissuasif significativement supérieur ( $p < 0,0001$ ) à celui la spirale de référence BOXER.

5.3.1.1.2 Taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 19** : Taux de gorgement d'*An. gambiae* s.l

<b>Bras</b>	<b><i>An gambiae</i> s.l</b>		
	<b># Total</b>	<b># Gorgée</b>	<b>%</b>
<b>Contrôle</b>	4428	1502	<b>33,92</b>
<b>FARIMA (Test)</b>	288	121	<b>42,01</b>
<b>BOXER (Référence)</b>	454	162	<b>35,68</b>

Le taux de gorgement des populations d'*An gambiae* s.l. était de 33% dans les chambres contrôles, 42% et 35% respectivement dans les chambres traitées avec les spirales FARIMA et BOXER (référence). Le taux de gorgement était similaire dans les bras FARIMA et BOXER (référence) ( $p = 0,9047$ ). Ceci montre que les deux spirales ont le même effet sur la réduction du taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

5.3.1.1.3 Taux de mortalité des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 20** : Taux de mortalité d'*An. gambiae* s.l

<b>Bras</b>	<b><i>An gambiae</i> s.l</b>			
	<b># Total</b>	<b># Mort</b>	<b>%</b>	<b>%Mortalité Corrigée</b>
<b>Contrôle</b>	4428	2243	<b>50,65</b>	
<b>FARIMA (Test)</b>	288	172	<b>59,72</b>	<b>18,37</b>
<b>BOXER (Référence)</b>	454	251	<b>55,29</b>	<b>9,4</b>

Les taux de mortalités observés dans les chambres traitées avec la spirale FARIMA 59% était similaire à celui des chambres traitées avec la spirale BOXER (référence) 55% ( $p=0,36515$ ) (Tableau 20). Après correction de la mortalité, elle était de 18,37% avec la spirale FARIMA et 9,4% avec la spirale BOXER (référence). Ceci montre que les deux spirales ont le même effet sur la mortalité des vecteurs du paludisme.

**5.3.1.1.3.1 Evaluation des éventuels effets secondaires**

**Tableau 21** : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude

<b>Bras</b>	<b>Dormeur</b>	<b>Toux</b>		<b>Rhume</b>		<b>Céphalées</b>		<b>Nausées</b>	
	<b>#</b>	<b>#</b>	<b>%</b>	<b>#</b>	<b>%</b>	<b>#</b>	<b>%</b>	<b>#</b>	<b>%</b>
<b>Contrôle</b>	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>FARIMA (Test)</b>	100	0	0	6	<b>6</b>	1	1	0	0
<b>BOXER (Référence)</b>	100	0	0	1	<b>1</b>	0	<b>0</b>	0	<b>0</b>

Des effets secondaires mineurs étaient observés avec :

- la spirale FARIMA rhume 6% et céphalées 1% mineurs
- la spirale BOXER (référence) 1% .

### 5.3.1.2 Fumigène FATALA

#### 5.3.1.2.1 Détermination de l'effet dissuasif

**Tableau 22** : Nombre de moustiques femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras

Bras	Femelle collectée	<i>An gambiae</i> s.l.		<i>Culicinae</i>		Effet dissuasif <i>An gambiae</i> s.l	
		#	%	#	%	#	%
<b>Contrôle</b>	2134	1444	68%	690	32%		
<b>FATALA (Test)</b>	612	433	71%	179	29%	1011	<b>70</b>
<b>BOXER (Référence)</b>	411	238	58%	173	42%	1206	<b>84</b>

Un total de 2 134 moustiques femelles culicidés (*Anopheles*, *Culex* et *Aedes*) ont été collectées dans les chambres contrôles contre 612 et 411 dans les chambres traitées respectivement avec les spirales FATALA et BOXER (référence) après 10 nuits de capture *An gambiae* s.l. le vecteur majeur du paludisme représentait 68% des moustiques collectés dans les chambres contrôles, 71% dans les chambres traitées avec la spirale FATALA et 58% dans les chambres traitées avec la spirale BOXER (référence) Les moustiques du genre *Culex* et *Aedes* (*Culicinae*) étaient présents à 32% dans les chambres contrôles, 29% dans les chambres traitées avec la spirale FATALA et 42% dans les chambres traitées avec la spirale BOXER (référence).

Les chambres (cases) traitées ont montré un effet dissuasif positif sur les populations d'*An gambiae* s.l. par rapport aux chambres contrôles et quel que soit la spirale (Tableau 22). L'effet dissuasif obtenu avec la spirale FATALA (77%) était inférieur à celui de BOXER (Référence) (84%) ( $Chi^2=73,8207$  ;  $ddl= 1$  ;  $p<0,001$ ).

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

5.3.1.2.2 Taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 23** : Taux de gorgement

<b>Bras</b>	<i>An gambiae</i>		
	<b># Total</b>	<b># Gorgée</b>	<b>%</b>
<b>Contrôle</b>	1444	407	<b>28</b>
<b>FATALA (Test)</b>	433	185	<b>43</b>
<b>BOXER (Référence)</b>	238	131	<b>55</b>

Le taux de gorgement des populations d'*An gambiae* s.l. était de 28% dans les chambres contrôles, 43% et 55% respectivement dans les chambres traitées avec les spirales FATALA et BOXER (référence). Le taux de gorgement observé dans le Bras témoin peut être due à l'utilisation des moustiquaires non imprégnées qui constituent un barrière physique contre les piqûres des moustiques. Le taux de gorgement était plus élevé dans le bras BOXER (référence) avec une différence statistiquement significative comparativement aux deux autres groupes ( $Chi^2=9,3513$  ;  $ddl= 1$  ;  $p=0,002$ ). Ceci montre que la spirale FATALA a le même effet qu'une moustiquaire non imprégnée d'insecticides sur l'inhibition du taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

5.3.1.2.3 Taux de mortalité des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 24** : Taux de mortalité d'*An. gambiae* s.l

<b>Bras</b>	<i>An gambiae</i> s.l			
	<b># Total</b>	<b># Mort</b>	<b>% Mortalité</b>	<b>%Mortalité Corrigée</b>
<b>Contrôle</b>	1444	194	<b>13</b>	
<b>FATALA (Test)</b>	433	87	<b>20</b>	8
<b>BOXER (Référence)</b>	238	39	<b>16</b>	<b>3</b>

Les taux de mortalités observés dans les chambres traitées avec la spirale FATALA 20% était similaire à celui des chambres traitées avec la spirale BOXER (référence) 16% ( $Chi^2=1,3829$  ;  $ddl= 1$  ;  $p=0,240$ ) Après correction de la mortalité, elle était de 8% avec la spirale FATALA et 3% avec la spirale BOXER (référence). Ceci montre que les deux spirales ont le même effet sur la mortalité des vecteurs du paludisme.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

5.3.1.2.4 Evaluation des éventuels effets secondaires

**Tableau 25** : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude

<b>Bras</b>	<b>Dormeur</b>	<b>Toux</b>		<b>Rhume</b>		<b>Céphalées</b>		<b>Nausées</b>	
	#	#	%	#	%	#	%	#	%
<b>Contrôle</b>	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>FATALA (Test)</b>	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>BOXER (Référence)</b>	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Aucun effet secondaire était observé dans les 3 bras.

### 5.3.1.3 Fumigène RAMBO MOUSTIQUO COIL

#### 5.3.1.3.1 Détermination de l'effet dissuasif

**Tableau 26** : Nombre de moustiques femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras

Bras	Femelle collectée	<i>An gambiae</i> s.l.		<i>Culicinae</i>		Effet dissuasif <i>An gambiae</i> s.l.	
		#	%	#	%	#	%
<b>Contrôle</b>	3 358	2557	76%	801	24%		
<b>RAMBO (Test)</b>	786	524	67%	262	33%	2033	<b>80%</b>
<b>BOXER (Référence)</b>	645	370	57%	275	43%	2187	<b>86%</b>

Un total de 3 358 moustiques femelles culicidés (*Anopheles*, *Culex* et *Aedes*) ont été collectées dans les chambres contrôles contre 524 et 370 dans les chambres traitées respectivement avec les spirales RAMBO et BOXER (référence) après 10 nuits de capture . *An gambiae* s.l. le vecteur majeur du paludisme représentait 76% des moustiques collectés dans les chambres témoins, 67% dans les chambres traitées avec la spirale RAMBO et 57% dans les chambres traitées avec la spirale BOXER (référence). Les moustiques du genre *Culex* et *Aedes* (*Culicinae*) étaient présents à 24% dans les chambres contrôles, 33% dans les chambres traitées avec la spirale RAMBO et 43% dans les chambres traitées avec la spirale BOXER (référence). Les chambres (cases) traitées ont montré un effet dissuasif positif sur les populations d'*An gambiae* s.l. par rapport aux chambres contrôles et quel que soit la spirale . L'effet dissuasif obtenu avec la spirale RAMBO (80%) était inférieur à celui de BOXER (référence) (86%) ( $Ch^2=32,14$  ;  $ddl=1$  ;  $p<0.001$ ).

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

5.3.1.3.2 Taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 27** : Taux de gorgement d'*An. gambiae* s.l

<b>Bras</b>	<b><i>An gambiae</i> s.l</b>		
	<b># Total</b>	<b># Gorgée</b>	<b>%</b>
<b>Contrôle</b>	2557	954	<b>37%</b>
<b>RAMBO (Test)</b>	524	163	<b>31%</b>
<b>BOXER (Référence)</b>	370	158	<b>43%</b>

Le taux de gorgement des populations d'*An gambiae* s.l. était de 37% dans les chambres contrôles, 31% et 43% respectivement dans les chambres traitées avec les spirales RAMBO et BOXER (référence) . Le taux de gorgement était plus élevé dans le bras BOXER (référence) comparativement aux deux autres Bras ( $Chi^2=13,0775$  ;  $ddl=2$  ;  $p=0.001$ ). Ceci montre que la spirale RAMBO a le même effet qu'une moustiquaire non imprégnée d'insecticides sur l'inhibition du taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

5.3.1.3.3 Taux de mortalité des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 28** : Taux de mortalité d'*An. gambiae* s.l

<b>Bras</b>	<b><i>An gambiae</i> s.l</b>			
	<b># Total</b>	<b># Mort</b>	<b>% Mortalité</b>	<b>%Mortalité Corrigée</b>
<b>Contrôle</b>	2557	366	<b>14%</b>	
<b>RAMBO (Test)</b>	524	172	<b>33%</b>	22%
<b>BOXER (Référence)</b>	370	59	<b>16%</b>	2%

Les taux de mortalités observés dans les chambres traitées avec la spirale RAMBO 33% était supérieur à celui des chambres traitées avec la spirale BOXER (référence) 16% ( $Chi^2=32.2412$  ;  $ddl=1$  ;  $p<0.001$ ) . Après correction du taux de mortalité, il était de 22% avec la spirale RAMBO et 2% avec la spirale BOXER (référence). Ceci montre que la spirale RAMBO tue plus les vecteurs du paludisme que la spirale BOXER (référence).

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

5.3.1.3.4 Évaluation des éventuels effets secondaires

**Tableau 29** : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude

<b>Bras</b>	<b>Dormeur</b>	<b>Toux</b>		<b>Rhume</b>		<b>Céphalées</b>		<b>Nausées</b>	
	#	#	%	#	%	#	%	#	%
<b>Contrôle</b>	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>RAMBO (Test)</b>	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>BOXER (Référence)</b>	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Aucun effet secondaire n'était observé dans les 3 bras

### 5.3.2 Evaluation des aérosols

#### 5.3.2.1 5.3.2.1. Aérosol FATALA

##### 5.3.2.1.1 Détermination des effet dissuasif

**Tableau 30** : Nombre de moustiques femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras

Bras	Femelle collectée	<i>An gambiae</i> s.l.		<i>Culicinae</i>		Effet dissuasif <i>An gambiae</i> s.l	
		#	%	#	%	#	%
<b>Contrôle</b>	3626	2263	62	1363	38		
<b>FATALA (Test)</b>	605	437	72	168	28	1826	<b>81</b>
<b>INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Référence)</b>	322	231	72	91	28	2032	<b>90</b>

Un total de 3626 moustiques femelles culicidés (*Anopheles*, *Culex* et *Aedes*) ont été collectées dans les chambres contrôles contre 605 et 322 dans les chambres traitées respectivement avec les bombes aérosols FATALA et INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence) après 10 nuits de capture . *An gambiae* s.l. le vecteur majeur du paludisme représentait 62% des moustiques collectés dans les chambres contrôles, 72% dans les chambres traitées avec la bombe aérosol FATALA et 72% dans les chambres traitées avec la bombe aérosol INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence) Les moustiques du genre *Culex* et *Aedes* (*Culicinae*) étaient présents à 38% dans les chambres contrôles, 28% dans les chambres traitées avec la bombe aérosol FATALA et 28% dans les chambres traitées avec la bombe aérosol INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence).

Les chambres (cases) traitées ont montré un effet dissuasif positif sur les populations d'*An gambiae* s.l. par rapport aux chambres contrôles et quel que soit la bombe aérosol L'effet dissuasif obtenu avec la bombe aérosol FATALA (81%) était inférieur à celui de

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

l'INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Référence) (90%) ( $Chi^2=74,5264$  ;  $ddl=1$  ;  $p<0,001$ ). Cette différence peut être due au fait que le produit de référence INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO contient trois insecticides contre deux dans le produit à tester FATALA.

5.3.2.1.2 Taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 31** : Taux de gorgement

<b>Bras</b>	<b><i>An gambiae</i> s.l</b>		
	<b># Total</b>	<b># Gorgée</b>	<b>%</b>
<b>Contrôle</b>	2263	834	<b>37</b>
<b>FATALA (Test)</b>	437	185	<b>42</b>
<b>INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Référence)</b>	231	136	<b>59</b>

Le taux de gorgement des populations d'*An gambiae* s.l. était de 37% dans les chambres contrôles, 42% et 59% respectivement dans les chambres traitées avec les bombes aérosols FATALA et INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence) . Le taux de gorgement observé dans le Bras témoin peut être due à l'utilisation des moustiquaires non imprégnées qui constituent un barrière physique contre les piqûres des moustiques. Il y avait une différence statistiquement significative ( $Chi^2=16,5625$  ;  $ddl=1$  ;  $p<0,001$ ) entre les bras contrôle, FATALA et INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence). Ceci montre que les deux bombes d'aérosols n'ont pas le même effet qu'une moustiquaire non imprégnée d'insecticide sur l'inhibition du taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme.

5.3.2.1.3 Taux de mortalité des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 32** : Taux de mortalité d'*An. gambiae* s.l

Bras	<i>An gambiae</i> s.l			%Mortalité Corrigée
	# Total	# Mort	% Mortalité	
Contrôle	2263	299	13	
FATALA (Test)	437	202	46	38
INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Référence)	231	113	49	41

Les taux de mortalités observés dans les chambres traitées avec la bombe aérosol FATALA 46% était similaire à celui des chambres traitées avec la bombe aérosol INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence) 49% ( $Chi^2=0,44$  ;  $ddl=1$  ;  $p=0,507$ ) (Tableau 32). Après correction de la mortalité, elle était de 38% avec la bombe aérosol FATALA et 41% avec la bombe aérosol INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence). Ceci montre que les deux bombes aérosols ont le même effet sur la mortalité des vecteurs du paludisme.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

5.3.2.1.4 Evaluation des éventuels effets secondaires

**Tableau 33** : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude

<b>Bras</b>	<b>Dormeur</b>	<b>Toux</b>		<b>Rhume</b>		<b>Céphalées</b>		<b>Nausées</b>	
	<b>#</b>	<b>#</b>	<b>%</b>	<b>#</b>	<b>%</b>	<b>#</b>	<b>%</b>	<b>#</b>	<b>%</b>
<b>Contrôle</b>	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>FATALA (Test)</b>	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Référence)</b>	100	0	0	0	0	0	0	0	0

Aucun effet secondaires n'at été observé dans les bras contrôle, FATALA et INSECTCIDE DOUBLE ACTION ORO.

### 5.3.2.2 5.3.2.2. Aérosol RAMBO

#### 5.3.2.2.1 Détermination des effet dissuasif

**Tableau 34** : Nombre de moustiques femelles collectés et effet dissuasif dans les différents bras

Bras	Femelle collectée	<i>An gambiae</i> s.l.		<i>Culicinae</i>		Effet dissuasif <i>An gambiae</i> s.l	
		#	%	#	%	#	%
<b>Contrôle</b>	3 626	2263	62	1363	38		
<b>RAMBO (Test)</b>	605	344	57	261	43	1919	<b>85</b>
<b>INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Référence)</b>	322	231	72	91	28	2032	<b>90</b>

Un total de 3 626 moustiques femelles culicidés (*Anopheles*, *Culex* et *Aedes*) ont été collectées dans les chambres contrôles contre 605 et 322 dans les chambres traitées respectivement avec les bombes aérosols RAMBO et INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence) après 10 nuits de capture *An gambiae* s.l. le vecteur majeur du paludisme représentait 62% des moustiques collectés dans les chambres témoins, 57% dans les chambres traitées avec la bombe aérosol RAMBO et 72% dans les chambres traitées avec la bombe aérosol INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence). Les moustiques du genre *Culex* et *Aedes* (*Culicinae*) étaient présents à 38% dans les chambres contrôles, 43% dans les chambres traitées avec la bombe aérosol RAMBO et 28% dans les chambres traitées avec la bombe aérosol INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence).

Les chambres (cases) traitées ont montré un effet dissuasif positif sur les populations d'*An gambiae* s.l. par rapport aux chambres contrôles et quel que soit la bombe aérosol L'effet dissuasif obtenu avec la bombe aérosol RAMBO 85% était inférieur à celui de INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence) 90% ( $Chi^2=19,5560$  ;  $ddl=1$  ;  $p<0,0001$ )

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

5.3.2.2.2 Taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme

**.Tableau 35 :** Taux de gorgement *An gambiae* s.l

<b>Bras</b>	<b><i>An gambiae</i> s.l</b>		
	<b># Total</b>	<b># Gorgée</b>	<b>%</b>
<b>Contrôle</b>	2263	834	<b>37</b>
<b>RAMBO (Test)</b>	344	160	<b>47</b>
<b>INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Référence)</b>	231	136	<b>59</b>

Le taux de gorgement des populations d'*An gambiae* s.l. était de 37% dans les chambres contrôles, 47% et 59% respectivement dans les chambres traitées avec les bombes aérosols RAMBO et INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence) Le taux de gorgement observé dans le Bras contrôle peut être dû à l'utilisation des moustiquaires non imprégnées qui constituent une barrière physique contre les piqûres des moustiques. Il y avait une différence statistiquement significative ( $Chi^2=8,6390$  ;  $ddl=2$  ;  $p=0,0048$ ) entre les bras contrôle, RAMBO et INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence). Aussi, le bras INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO avait un taux de gorgement supérieur à celui du bras RAMBO ( $Chi^2=5,8658$  ;  $ddl=1$  ;  $p=0,015$ ). Ceci montre que les deux bombes d'aérosols n'ont le même effet qu'une moustiquaire non imprégnée d'insecticide sur l'inhibition du taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

5.3.2.2.3 Taux de mortalité des moustiques vecteurs du paludisme

**Tableau 36** : Taux de mortalité d'*An. gambiae* s.l

<b>Bras</b>	<i>An gambiae</i> s.l			
	<b># Total</b>	<b># Mort</b>	<b>% Mortalité</b>	<b>%Mortalité Corrigée</b>
<b>Contrôle</b>	2263	299	<b>13</b>	
<b>RAMBO (Test)</b>	344	158	<b>46</b>	<b>38</b>
<b>INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Référence)</b>	231	113	<b>49</b>	<b>41</b>

Les taux de mortalités observés dans les chambres traitées avec la bombe aérosol RAMBO 46% était similaire à celui des chambres traitées avec la bombe aérosol INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence) 49% ( $p>0,05$ ) (Tableau 36). Après correction de la mortalité, elle était de 38% avec la bombe aérosol RAMBO et 41% avec la bombe aérosol INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (référence). Ceci montre que les deux bombes aérosols ont le même effet sur la mortalité des vecteurs du paludisme ( $p>0,05$ ).

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

5.3.2.2.4 Evaluation des éventuels effets secondaires

**Tableau 37** : Effets secondaires chez les dormeurs dans les différents bras d'étude

<b>Bras</b>	<b>Dormeur</b>	<b>Toux</b>		<b>Rhume</b>		<b>Céphalées</b>		<b>Nausées</b>	
	#	#	%	#	%	#	%	#	%
<b>Contrôle</b>	100	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>RAMBO (Test)</b>	100	0	0	5	5	0	0	0	0
<b>INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Référence)</b>	100	2	2	2	2	0	0	0	0

Des effets secondaires mineur ont été observées dans les bras Rambo (Rhume 5%) et INSECTICIDE DOUBLE ACTION ORO (Toux et rhume 2%).

## **6 Discussion :**

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique fumigènes (FARIMA, FATALA, RAMBO MOUSTIQUOS COILS), aérosols intra domiciliaire ( FATALA, RAMBO) en milieu contrôlé (phase1), semi contrôlé (phase2) et réel (phase3) dans la lutte contre les insectes nuisibles (moustiques, cafards et fourmis) au Mali. L'étude était de type transversal avec des bras contrôles et tests. Elle s'est déroulée dans le district sanitaire de Kati qui fait partie des sites sentinelles du Programme National de Lutte contre le Paludisme (PNLP) et de son partenaire United States Aid for Development / President Malaria Initiative (USAID/PMI) pour la surveillance de la résistance aux insecticides chez les vecteurs du paludisme.

### **Phase 1**

Les résultats obtenus à partir de cette étude ont montré une résistance aux pyréthrinoides (la perméthrine et la deltaméthrine) de la souche *An. gambiae* s.l de Baguineda. Ces résultats sont similaires avec ceux obtenus au Mali par **Cissé et al 2016** [38] , **Keita et al 2015** [39] qui ont démontré qu'*An. gambiae* s.l était résistante à la perméthrine et à la deltaméthrine dans cinq localités (Kati, Yanfolila, Gao, Djenné et Tombouctou) avec un taux de mortalité compris entre 51,3% et 97 % [39]. Les études menées par **Cissé et al 2016** [38] et **Sovi et al en 2020** [40] ont également démontré la résistance d'*An. gambiae* s.l dans certaines régions du Mali (Kayes, Koulikoro, Sikasso, Segou et Mopti) . Dans la zone de Baguineda l'espèce *An. coluzzii* et *An. gambiae* sont les vecteurs majeurs du paludisme [41]. Les fréquences de ces deux espèces varient en fonction des saisons. La fréquence allélique de la mutation *kdr 1014F* (West Africa) responsable de la résistance au DDT et pyréthrinoides est élevée de 86% mais la mutation *kdr 1014S* (East Africa) n'est pas présente [41]. Par contre une étude menée par **DIAKITE et al en 2020** [42] dans la zone minière de Loulo/Goukoto du district sanitaire de Kéniéba dans la partie sud-ouest du Mali a montré que la fréquence allélique de la mutation *kdr 1014F* responsable de la résistance au DDT et aux PYs était de 5% chez *An. gambiae* et de 25% chez *An. coluzzii*.

Le taux de mortalité obtenu avec les souches sensibles *An. gambiae* Ngouso et résistante *An. gambiae* s.l Baguineda en utilisant les spirales fumigènes FARIMA (1 et 2 Doses), FATALA (1 et 2 Doses) et Boxer (Produit de référence 1 Dose) en phase 1 quelque soit la dose a montré une efficacité supérieure au seuil d'efficacité de 80% définie par l'OMS [35]. Les fumigènes FARIMA et FATALA étaient aussi efficaces que le fumigène BOXER (Produit de référence)

## *Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

( $p > 0,05$ ). Ces résultats étaient similaires à ceux obtenus à Lomé au Togo par Amoudji et al en 2015 [43] qui observé un taux de mortalité 99,31% avec les spirales ( BAYGON, YUANGMENG, RAD, LEIXIN et TOTAL) [43].

Le taux de mortalité obtenu avec les souches sensible *An. gambiae* Ngouso et résistante *An. gambiae* s.l Baguineda en utilisant les aérosols FATALA (1 et 2 Doses) et ORO (produit de référence) ont montré une efficacité supérieure au seuil d'efficacité de 80% définie par l'OMS [35]. L'aérosol FATALA était aussi efficace que l'aérosol ORO (Produit de référence) ( $p > 0,05$ ). Les résultats obtenus étaient différents de ceux de l'étude menée au Togo par Amoudji et al en 2015 [43] avec l'aérosol ORO qui a obtenu un taux de mortalité inférieure au seuil d'efficacité définie par l'OMS [35]. Cette différence pourrait être due au niveau de résistance des souches d'*An. gambiae* utilisées dans les deux études.

### Phase 2

Les chambres traitées avec les spirales fumigènes FARIMA, FATALA et BOXER (Produit de référence) ont montré un effet dissuasif positif par rapport aux chambres contrôles. Ceci pourrait s'expliquer par la présence des pyréthrinoides contenu dans ses spirales. Le taux de gorgement des populations d'*An. gambiae* s.l était faible (<40%) dans les chambres contrôles (33%) comme dans les chambres traitées les spirales fumigènes FARIMA (28% pour 1 Dose et 33% 2 Doses), FATALA (35% pour 1 Dose et 29% pour 2 Doses) et BOXER (36%) (Produit de référence). Cependant le taux de gorgement des deux chambres traitées avec les fumigènes FARIMA (28% pour 1 Dose et 33% 2 Dose) et FATALA (35% pour 1 Dose et 29% pour 2 Dose) étaient similaires au produit de référence BOXER (36%). Ceci montre que ces trois fumigènes ont le même effet sur la réduction du taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme ( $p > 0,05$ ). Ces résultats doivent être complétés par les résultats des analyses sur l'origine des repas de sang pour la détermination du taux d'anthropophile et de zoophilie. Le taux de mortalité observé dans les chambres traitées avec les spirales fumigènes FARIMA et FATALA était similaires à celui du produit de référence BOXER ( $p > 0,05$ ). Ceci montre que les spirales fumigènes FARIMA et FATALA ont la même efficacité que le produit de référence BOXER.

Les chambres traitées avec l'aérosol FATALA (1/2, 1 et 2 Doses) et ORO (Produit de référence 1 Dose) ont montré un effet dissuasif positif par rapport aux chambres contrôles. Le taux de gorgement dans les chambres traitées avec FATALA (1/2, 1 et 2 Doses) et ORO (Produit de référence 1 Dose) ainsi que dans les chambres contrôles était faible (<45%). Cependant le

## *Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

taux de gorgement dans les chambres contrôles était similaire à ceux dans les chambres traitées avec FATALA ( ½ dose et 2 dos) et ORO (référence) mais supérieur à FATALA (1 dose ) ( $p=0,014$ ). Le taux de gorgement des chambres traités avec l'aérosol FATALA (1/2, 1 et 2 Doses) étaient similaire à ORO (produit de référence) ( $p=0,807$ ) . Ceci montre que ces deux aérosols ont le même effet sur la réduction du taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme. Le taux de mortalité observé avec l'aérosol FATALA (1/2, 1 et 2 Doses) étaient similaire au produit de référence ORO ( $p>0,05$ ). Ceci montre que l'aérosol FATALA a la même efficacité que le produit de référence ORO. Ces résultats sont similaires à l'étude menée au Malawi par Pemba, Kadangwe et al en 2012 [44]. Des effets secondaires mineurs ont été observés avec les spirales ( FARIMA, FATALA, RAMBO et BOXER ) et les aérosols ( FATALA, RAMBO et ORO) en phase 2.

### Phase 3

Les chambres traitées avec les fumigènes FARIMA, FATALA, RAMBO et BOXER (Produit de référence) ont montré un effet dissuasif positif sur les populations d'*An gambiae* s.l. par rapport aux chambres contrôles. Ceci pourrait également s'expliquer par la présence des pyréthrinoides contenu dans ses spirales. Le taux de gorgement observé dans les chambres traitées avec FARIMA (1 Dose), FATALA (1 Dose), RAMBO (1 Dose) et BOXER (Produit de référence 1 Dose) était similaire au taux de gorgement observé avec la chambre contrôle (Moustiquaire non imprégnée). Les spirales FARIMA et BOXER (Produit de référence) ont le même effet sur la réduction du taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme ( $p>0,05$ ). Par contre on observe avec FATALA et RAMBO un taux de gorgement inférieur à celui du produit de référence BOXER ( $p<0,05$ ). Ce qui montre que FATALA et RAMBO ont plus d'effet sur la réduction du taux de gorgement des moustiques vecteurs du paludisme par rapport au produit de référence BOXER. Le taux de mortalité observé dans les chambres traitées avec les spirales FARIMA, FATALA et BOXER (Produit de référence) était similaire ( $p>0,05$ ). Cependant, le taux de mortalité observé avec la spirale RAMBO était supérieur à celui du produit de référence BOXER ( $p<0,001$ ).

L'effet dissuasif obtenu avec les aérosols RAMBO, FATALA et ORO (référence) sur les populations d'*An gambiae* s.l. était supérieur aux chambres contrôles. Ces résultats étaient similaires à ceux de la phase 2. Une étude similaire menée au Burkina Faso par **ALI et al** en 2012 [45] a montré que l'effet dissuasif dans les chambres traités avec les aérosols Kaltox et ORO était supérieur à celles des chambres contrôles [45]. Cependant l'effet dissuasif observé avec les chambres traités RAMBO et FATALA étaient inférieur ( $p<0,001$ ) au produit de

## *Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

référence ORO. Ce qui peut s'expliquer par le fait que ORO ( produit de référence) contient trois insecticides (Tétraméthrine 0,20%, Permethrine 0,25% et D-fénothrine 0,01%) contre deux dans les produits à tester FATALA (Tetraméthrine 0,33 % et Cyperméthrine 0,05%) et RAMBO (Transfluthrine 0,25% et Permethrine 0,20%). Le taux de gorgement observé avec les chambres traités FATALA, RAMBO et ORO (Produit de référence) était supérieur ( $p < 0,05$ ) à ce des chambres contrôles. Ce qui pourrait s'expliquer par l'utilisation des moustiquaires non imprégnées qui constituent un barrière physique contre les piqûres des moustiques. Les chambres traités avec FATALA et RAMBO ont montré un taux de gorgement inférieur à ORO (produit de référence) ( $p < 0,05$ ). Les chambres traités avec les aérosols FATALA et RAMBO ont montré un taux de mortalité similarité à ORO (référence) ( $p > 0,05$ ). Ce qui montre que les trois aérosols ont le même effet sur la mortalité des vecteurs du paludisme. L'étude menée par ALY et al au Burkina Faso a montré que le taux de mortalité du produit testé (KALTOX) était supérieur au produit de référence (ORO) sur les population d'*An gambiae* s.l [45]. Aucun effet secondaire n'a été observé durant les évaluations de phase 3.

## **7 Conclusion et Recommandation**

### **7.1 Conclusion**

L'efficacité biologique en phase 1 des spirales FARIMA, FATALA (produits tests) a BOXER (référence) et aérosols FATALA (produits tests) a ORO (référence) sur des populations d'*An. gambiae* Baguinéda résistantes aux pyréthriinoïdes a été évaluée en utilisant les protocoles décrits par l'OMS et le CSP. Le taux mortalité observé avec les spirales fumigènes et les aérosols était supérieur au seuil de l'efficacité de l'OMS.

L'efficacité biologirque en phase 2 et des spirales FARIMA et FATALA (produits tests) a BOXER (référence) et aérosols FATALA (produits tests) a ORO (référence) sur des populations d'*An. gambiae* Baguinéda résistantes aux pyréthriinoïdes a été évaluée en utilisant les protocoles décrits par l'OMS et le CSP. Pour les paramètres évalués (l'effet disuassuf, le taux de gorgement, le taux de mortalité et les effets secondaires), les spirales fumigènes FARIMA et FATALA (produits tests) étaient aussi efficace que la spirale BOXER (Produit de référence). L'aérosols FATALA (produits tests) était aussi efficace que l'aérosol ORO (Produit de référence) avec ses mêmes paramètres.

L'efficacité biologirque en phase 3 des spirales FARIMA, FATALA et RAMBO (produits tests) a BOXER (référence) et aérosols FATALA et RAMBO (produits tests) a ORO (référence) sur des populations d'*An. gambiae* Baguinéda résistantes aux pyréthriinoïdes a été évaluée en

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

utilisant les protocoles décrits par l'OMS et le CSP. Pour les paramètres évalués (l'effet dissuasif, le taux de gorgement, le taux de mortalité et les effets secondaires), les spirales fumigènes FARIMA, FATALA, RAMBO (produits tests) étaient aussi efficaces que la spirale BOXER (Produit de référence). Les aérosols FATALA, RAMBO (produits tests) étaient aussi efficaces que l'aérosol ORO (Produit de référence) avec ses mêmes paramètres.

## **7.2 Recommandation**

Les résultats obtenus avec cette étude ont permis de formuler les recommandations suivantes :

### **❖ Aux chercheurs**

De mener d'autre étude sur d'autre formulation d'insecticides pour connaître leur efficacité biologique.

### **❖ A la population**

De continuer avec l'utilisation des formulations d'insecticides à usage domestique avec les moustiquaires imprégnées d'insecticide.

### **❖ Au Ministère en charge de santé et aux fabricants des insecticides à usage domestique**

D'évaluer l'efficacité des insecticides à usage domestique avant leur mise sur le marché

## 8 Références :

- [1] « Paludisme ». Consulté le: 1 février 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/malaria>
- [2] « Santé : Le paludisme demeure la première cause de mortalité au Mali ». Consulté le: 7 novembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://maliactu.net/sante-le-paludisme-demeure-la-premiere-cause-de-mortalite-au-mali/>
- [3] « OMS 2012 ». Consulté le: 15 septembre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/337982/WHO-HTM-GMP-2012.02-fre.pdf>
- [4] P. Guillet, F. Chandre, et J. Mouchet, « L'utilisation des insecticides en santé publique : état et perspectives », *Médecine et Maladies Infectieuses*, vol. 27, p. 552-557, mai 1997, doi: 10.1016/S0399-077X(97)80117-5.
- [5] « Tout savoir sur le paludisme », Fondation pour la Recherche Médicale. Consulté le: 1 février 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.frm.org/recherches-maladies-infectieuses/paludisme/focus-paludisme>
- [6] « Cycle biologique ou évolutif de plasmodium falciparum – Apprendre en ligne ». Consulté le: 23 mars 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.clicours.com/cycle-biologique-ou-evolutif-de-plasmodium-falciparum/>
- [7] B. Traore, S. Bah, et M. de Conférence, « LISTES DES ENSEIGNANTS DE LA FACULTE DE PHARMACIE ANNÉE UNIVERSITAIRE 2019 - 2020 ».
- [8] A. de la santé publique du Canada, « Causes du paludisme ». Consulté le: 1 mars 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/paludisme/causes-paludisme.html>
- [9] « WHO\_CDS\_CPE\_SMT\_2002.18\_Rev.1\_PartieI.pdf ». Consulté le: 2 mars 2023. [En ligne]. Disponible sur: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/68376/WHO\\_CDS\\_CPE\\_SMT\\_2002.18\\_Rev.1\\_PartieI.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/68376/WHO_CDS_CPE_SMT_2002.18_Rev.1_PartieI.pdf)
- [10] P. J. Prior, « *Anopheles gambiae* », Animal Diversity Web. Consulté le: 5 avril 2023. [En ligne]. Disponible sur: [https://animaldiversity.org/accounts/Anopheles\\_gambiae/](https://animaldiversity.org/accounts/Anopheles_gambiae/)
- [11] « Bio-écologie des anophèles - Les anophèles ». Consulté le: 26 juillet 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://123dok.net/article/bio-%C3%A9cologie-des-anoph%C3%A8les-les-anoph%C3%A8les.yr3go02j>
- [12] P. Carnevale et V. Robert, Éd., « 3. Bio-écologie », in *Les anophèles : Biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle*, in Didactiques. , Marseille: IRD Éditions, 2017, p. 47-86. doi: 10.4000/books.irdeditions.10389.
- [13] « Entomologie du paludisme et lutte antivectorielle. Guide du participant ».
- [14] Techno-Science.net, « □ Anophèle - Définition et Explications », Techno-Science.net. Consulté le: 28 juillet 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Anophele.html>
- [15] « PMC2393486.pdf ». Consulté le: 9 août 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/371425/PMC2393486.pdf>
- [16] « Stratégie technique mondiale de lutte contre le paludisme 2016-2030, édition 2021 », 2021.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

- [17] « Situation et tendances de la résistance aux insecticides chez les vecteurs du paludisme ». Consulté le: 14 juillet 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/publications-detail/9789241514057>
- [18] A. Bermejo et H. Veecken, « Interet des moustiquaires impregnees d'insecticides dans la lutte antipaludique: ou en sont les essais de terrain? », vol. 70, 1992.
- [19] « WHO\_CDS\_RBM\_2002.41\_fre.pdf ». Consulté le: 14 juillet 2023. [En ligne]. Disponible sur: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/67574/WHO\\_CDS\\_RBM\\_2002.41\\_fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/67574/WHO_CDS_RBM_2002.41_fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [20] « 21P58..pdf ». Consulté le: 6 juin 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://bibliosante.ml/bitstream/handle/123456789/4821/21P58..pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [21] « Entomologie du paludisme et lutte antivectorielle - guide de l'instructeur ».
- [22] « Terminologie OMS du paludisme, Mise à jour 2021 ». Consulté le: 16 juillet 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/publications-detail/9789240038400>
- [23] Organisation mondiale de la Santé, *Procédures pour tester la résistance aux insecticides chez les moustiques vecteurs du paludisme*, Seconde édition. Genève: Organisation mondiale de la Santé, 2017. Consulté le: 1 mai 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/259741>
- [24] C. Pennetier, « Interactions entre insecticides non-pyréthroïdes et répulsifs pour la lutte contre *Anopheles gambiae* : mécanismes, efficacité et impact sur la sélection de la résistance ».
- [25] P. Carnevale et V. Robert, Éd., « 8. Les méthodes de la lutte antivectorielle », in *Les anophèles : Biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle*, in Didactiques. , Marseille: IRD Éditions, 2017, p. 250-298. doi: 10.4000/books.irdeditions.10394.
- [26] « doi:10.1016/j.medmal.2006.10.009 | Elsevier Enhanced Reader ». Consulté le: 13 mars 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0399077X06002964?token=58D4B6115C85A4C6C695C85E3782B58D4F671C870128923A1D5BF101952F2F0744187856DEA9427B466618C767CC5036&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230314005320>
- [27] B. I. M. Toudou, « Pratiques et risques sanitaires associés aux produits anti-moustiques utilisés dans la lutte anti-vectorielle dans la ville de Niamey au Niger », 2021.
- [28] É. Haubruge et M. Amichot, « Les mécanismes responsables de la résistance aux insecticides chez les insectes et les acariens ».
- [29] M. Magnin, D. Fournier, et N. Pasteur, « Mécanismes physiologiques de la résistance des insectes aux insecticides ».
- [30] A. Rubert, L. Grammatico-Guillon, J. Chandener, I. Dimier-Poisson, et G. Desoubieux, « Insecticide resistance in anopheles mosquitoes: Additional obstacles in the battle against malaria », *Medecine et sante tropicales*, vol. 26, p. 423-431, oct. 2016, doi: 10.1684/mst.2016.0634.
- [31] K. Dong *et al.*, « Molecular biology of insect sodium channels and pyrethroid resistance », *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, vol. 50, p. 1-17, juill. 2014, doi: 10.1016/j.ibmb.2014.03.012.

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

- [32] D. Martinez-Torres *et al.*, « Molecular characterization of pyrethroid knockdown resistance (kdr) in the major malaria vector *Anopheles gambiae* s.s. », *Insect Molecular Biology*, vol. 7, n° 2, p. 179-184, 1998, doi: 10.1046/j.1365-2583.1998.72062.x.
- [33] World Health Organization, « Guidelines for efficacy testing of household insecticide products : mosquito coils, vaporizer mats, liquid vaporizers, ambient emanators and aerosols », World Health Organization, WHO/HTM/NTD/WHOPEP/2009.3, 2009. Consulté le: 3 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/70071>
- [34] W. G. Brogdon et J. C. McAllister, « Insecticide resistance and vector control », *Emerg Infect Dis*, vol. 4, n° 4, p. 605-613, déc. 1998, doi: 10.3201/eid0404.980410.
- [35] « WHO\_CDS\_NTD\_WHOPEP\_GCDPP\_2006.3\_eng.pdf ». Consulté le: 3 octobre 2022. [En ligne]. Disponible sur: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69296/WHO\\_CDS\\_NTD\\_WHOPEP\\_GCDPP\\_2006.3\\_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69296/WHO_CDS_NTD_WHOPEP_GCDPP_2006.3_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [36] « instr\_1419\_Aspirator.pdf ». Consulté le: 28 septembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: [https://www.johnwhock.com/wp-content/uploads/2012/11/instr\\_1419\\_Aspirator.pdf](https://www.johnwhock.com/wp-content/uploads/2012/11/instr_1419_Aspirator.pdf)
- [37] « 9242590452\_fre.pdf ». Consulté le: 14 juillet 2023. [En ligne]. Disponible sur: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44077/9242590452\\_fre.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44077/9242590452_fre.pdf)
- [38] M. B. M. Cisse *et al.*, « Characterizing the insecticide resistance of *Anopheles gambiae* in Mali », *Malaria Journal*, vol. 14, n° 1, p. 327, août 2015, doi: 10.1186/s12936-015-0847-4.
- [39] M. Keita *et al.*, « Susceptibilité d'*Anopheles gambiae* sensu lato aux insecticides communément utilisés dans la lutte antivectorielle au Mali », *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, vol. 109, n° 1, p. 39-45, févr. 2016, doi: 10.1007/s13149-015-0461-2.
- [40] A. Sovi *et al.*, « *Anopheles gambiae* (s.l.) exhibit high intensity pyrethroid resistance throughout Southern and Central Mali (2016–2018): PBO or next generation LLINs may provide greater control », *Parasites & Vectors*, vol. 13, mai 2020, doi: 10.1186/s13071-020-04100-7.
- [41] « Mali: Entomological Monitoring of 2016 IRS Activities », p. 61.
- [42] « 21P65.pdf ». Consulté le: 9 novembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.bibliosante.ml/bitstream/handle/123456789/4819/21P65.pdf?sequence=1>
- [43] A. Amoudji *et al.*, « EVALUATION OF THE EFFICACY OF HOUSEHOLD VECTOR MANAGEMENT TOOLS USED IN TOGO », *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé*, vol. 17, p. 63-78, janv. 2015.
- [44] D. Pemba et C. Kadangwe, « Mosquito Control Aerosols' Efficacy Based on Pyrethroids Constituents », in *Insecticides - Advances in Integrated Pest Management*, F. Perveen, Éd., InTech, 2012. doi: 10.5772/30707.
- [45] « INSSA-2012-ALI-EVA.pdf ». Consulté le: 16 décembre 2023. [En ligne]. Disponible sur: [https://bibliovirtuelle.u-naziboni.bf/biblio/opac\\_css/docnume/inssa/medeine/INSSA-2012-ALI-EVA.pdf](https://bibliovirtuelle.u-naziboni.bf/biblio/opac_css/docnume/inssa/medeine/INSSA-2012-ALI-EVA.pdf)

**Fiche signalitique**

**Nom :** MAIGA

**Prénom :** Djeneba

**Section :** Pharmacie

**Titre :** Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique contre les moustiques vecteurs du paludisme au MALI

**Année :** 2024

**Pays :** Mali

**Lieu de dépôt :** Bibliothèque de la Faculté de Pharmacie et de la Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie (FAPH/FMOS).

**E-mail :** djenebamaiga095@gmail.com

**Secteur d'intérêt :** Entomologie médicale

**Résumé**

Les insecticides à usage domestique (les bombes aérosols, spirales, diffuseurs électriques) avant leur mise sur le marché doivent être conformes aux normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), des organes régionaux de régulation et d'utilisation des insecticides tel que le Comité Sahélien de Pesticides (CSP) en Afrique de l'Ouest. Les autorités sanitaires de nos pays ont le devoir d'évaluer l'efficacité biologique et la toxicité de ces produits dans les instituts de recherche qualifiés et indépendants. C'est dans ce contexte que le Laboratoire de Biologie Moléculaire Appliquée (LBMA) a évalué l'efficacité biologique des fumigènes (RAMBO MOSQUITO COIL, FARIMA et FATALA), des aérosols intra domiciliaire (RAMBO NIS, FATALA) contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali conformément à la réglementation du CSP. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité des insecticides à usage domestique (fumigènes, aérosols intra domiciliaire) en milieu contrôlé (phase 1), semi contrôlé (phase 2) et réel (phase 3) dans la lutte contre les insectes nuisibles (moustiques) au Mali.

Cette étude a été réalisée de novembre 2020 à octobre 2023 dans l'aire de santé de Baguinéda (district sanitaire de Kati) de la région Koulikoro et au LBMA dans le district de Bamako. Des séances de collecte larvaire ont été réalisées à Baguinéda pour déterminer le niveau de sensibilité aux pyréthrinoïdes des populations d'*Anopheles gambiae*. s.l. vectrices du paludisme. Les insecticides (spirale fumigène et aérosol intra domiciliaire) ont été appliqués dans la chambre Peet-Grady pour estimer le taux Knock Down (effet foudroyant) et le taux de mortalité en phase 1. En phases 2 et 3 les insecticides ont été appliqués dans les chambres de certains ménages pour estimer l'effet dissuasif de l'insecticide, le taux de gorgement le taux de

*Evaluation de l'efficacité biologique des insecticides à usage domestique dans la lutte contre les moustiques vecteurs du paludisme au Mali*

mortalité des vecteurs du paludisme. Les effets secondaires de ces insecticides sur la population humaine ont été recherchés.

La souche *An. gambiae* s.l Baguineda était résistante aux pyétrethinoïdes (la perméthrine et la deltaméthrine). En phase 1, le taux de mortalité obtenu avec les souches sensible *An. gambiae* Ngousso et résistante *An. gambiae* s.l Baguineda en utilisant les fumigènes FARIMA et FATALA, BOXER (Produit de référence) et les aérosols FATALA (produit test) et ORO (produit de référence) ont montré une efficacité supérieure au seuil d'efficacité de 80% définie par l'OMS. En phase 2, l'effet dissuasif obtenu avec les fumigènes FARIMA, FATALA et BOXER (Produit de référence) et ainsi qu'avec les aérosols FATALA et ORO (produit de référence) ont été positive par rapport aux chambres contrôles. Le taux de gorgement en général était faible avec les insecticides des deux formulations (<40%) pour les fumigènes et (<45%) pour les aérosols dans les chambres contrôles comme dans les chambres traitées. Le taux de mortalité obtenu avec les fumigènes FARIMA et FATALA (produits tests) par rapport à BOXER (produit de référence) et avec l'aérosols FATALA (produit test) par rapport à ORO (produit de référence) montre que les produits tests sont tout autant efficaces que les produit de référence. En phase 3, l'effet dissuasif obtenu avec les fumigènes FARIMA, FATALA, RAMBO et BOXER (Produit de référence) et ainsi qu'avec les aérosols FATALA, RAMBO et ORO (produit de référence) ont été positive par rapport aux chambres contrôles. Le taux de gorgement obtenu dans les chambres traitées avec les fumigènes FARIMA, FATALA, RAMBO et BOXER (Produit de référence) était similaire à celui des chambres contrôles. Cependant le taux de gorgement obtenu avec les fumigènes FATALA et RAMBO était inférieur à celui du produit de référence BOXER ( $p < 0,05$ ). Par contre le taux de gorgement observé avec les chambres traités FATALA, RAMBO et ORO (Produit de référence) était supérieur ( $p < 0,05$ ) à ce des chambres contrôles. Les chambres traités avec FATALA et RAMBO ont montré un taux de gorgement inférieur à ORO (produit de référence) ( $p < 0,05$ ). Le taux de mortalité obtenu avec les fumigènes FARIMA, FATALA, RAMBO (produits tests) et BOXER (Produit de référence) et avec les aérosols FATALA, RAMBO (produits tests) ORO (Produit de référence) ont montré que les deux formulations d'insecticides tests sont tout autant efficaces que les produits de référence.

Les formulation d'insecticides testés était aussi efficace comme les produits de référence contre les populations d'*An. gambiae* s.l vecteur du paludisme.