

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

REPUBLIQUE DU MALI
UN PEUPLE – UN BUT – UNE FOI



UNIVERSITE DES SCIENCES, DES
TECHNIQUES ET DES TECHNOLOGIES
DE BAMAKO



FACULTE DE MEDECINE ET
D'ODONTO-STOMATOLOGIE

ANNEE UNIVERSITAIRE 2023-2024

TITRE

EVALUATION DE L'INTEGRITE PHYSIQUE, DE L'EFFICACITE
ET DE LA PERCEPTION DES COMMUNAUTES PAR RAPPORT
AUX STATIONS ATTRACTIVES TARGET SUGAR BAIT (ATSB)
DANS UN ESSAI CLINIQUE DE PHASE 3 DANS LA REGION DE
KOULIKORO AU MALI.

Présentée et soutenue publiquement le 01/03/ 2025 devant le jury de la Faculté
de Médecine et d'Odontostomatologie.

Par : M. Amadou Bagna MAIGA

**Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine
(Diplôme d'État)**

Jury

Président : M. Guimogo DOLO. Professeur honoraire
Membre : M. Amadou Sékou TRAORÉ. Entomologiste
Co-directeur : M. Mohamed Moumine TRAORÉ. Maître-assistant
Directeur : M. Seydou DOUMBIA. Professeur

FACULTE DE MEDECINE ET D'ODONTO-STOMATOLOGIE ANNEE UNIVERSITAIRE 2023-2024

ADMINISTRATION

DOYEN : **Mme Mariam SYLLA** - PROFESSEUR

VICE-DOYEN : **Mr. Mamadou Lamine DIAKITE** – PROFESSEUR

SECRETAIRE PRINCIPAL : **Mr Monzon TRAORE** - MAITRE DE CONFERENCES AGENT

COMPTABLE : **Mr Yaya CISSE** - INSPECTEUR DU TRESOR

LES ENSEIGNANTS A LA RETRAITE

1	Mr Ali Nouhoum DIALLO	Médecine interne
2	Mr Aly GUINDO	Gastro-Entérologie
3	Mr Mamadou M. KEITA	Pédiatrie
4	Mr Siné BAYO	Anatomie-Pathologie-Histo-embryologie
5	Mr Sidi Yaya SIMAGA	Santé Publique
6	Mr Abdoulaye Ag RHALY	Médecine Interne
7	Mr Boukassoum HAIDARA	Législation
8	Mr Boubacar Sidiki CISSE	Toxicologie
9	Mr Sambou SOUMARE	Chirurgie Générale
10	Mr Daouda DIALLO	Chimie Générale & Minérale
11	Mr Issa TRAORE	Radiologie
12	Mr Mamadou K. TOURE	Cardiologie
13	Mme SY Assitan SOW	Gynéco-Obstétrique
14	Mr Salif DIAKITÉ	Gynéco-Obstétrique
15	Mr Abdourahamane S. MAIGA	Parasitologie
16	Mr Abdel Karim KOUMARE	Chirurgie Générale
17	Mr Amadou DIALLO	Zoologie - Biologie
18	Mr Mamadou L. DIOMBANA	Stomatologie
19	Mr Kalilou OUATTARA	Urologie
20	Mr Amadou DOLO	Gynéco- Obstétrique
21	Mr Baba ROUMARE	Psychiatrie
22	Mr Bouba DIARRA	Bactériologie
23	Mr Bréhima ROUMARE	Bactériologie – Virologie
24	Mr Toumani SIDIBE	Pédiatrie
25	Mr Souleymane DIALLO	Pneumologie
26	Mr Bakoroba COULIBALY	Psychiatrie
27	Mr Seydou DIAKITE	Cardiologie
28	Mr Amadou TOURE	Histo-embryologie
29	Mr Mahamane Kalilou MAIGA	Néphrologie
30	Mr Filifing SISSOKO	Chirurgie Générale
31	Mr Djibril SANGARE	Chirurgie Générale
32	Mr Somita KEITA	Dermato-Léprologie
33	Mr Bougouzié SANOGO	Gastro-entérologie
34	Mr Aihousseini Ag MOHAMED	ORL
35	Mme TRAORE J. THOMAS	Ophthalmologie

36	Mr Issa DIARRA	Gynéco- obstétrique
37	Mme Habibatou DIAWARA	Dermatologie
38	Mr Yeya Tiémoko TOURE	Entérologie Médicale, Biologie cellulaire, Génétique
39	Mr Sékou SIDIBE	Orthopédie Traumatologie
40	Mr Adama SANGARE	Orthopédie Traumatologie
41	Mr Sanoussi BAMANI	Ophtalmologie
42	Mme SIDIBÉ Assa TRAORÉ	Endocrinologie Diabétologie
43	Mr Adama DIAWARA	Santé Publique
44	Mme Fatimata Sambou DIABATÉ	Gynéco- obstétrique
45	Mr Bakary Y SACKO	Biochimie
46	Mr Moustapha TOURE	Gynéco- obstétrique
47	Mr Bakary DIALLO	Cardiologie
48	Mr Dapa Aly DIALLO	Hématologie
49	Mr Mamady KANE	Radiologie et Imagerie Médicale
50	Mr Hamar A. TRAORE	Médecine Interne
51	Mr_ Mamadou TRAORE	Gynéco – Obstétrique
52	Mr Mamadou Sounalo TRAORE	Santé Publique
53	Mr Mamadou DEMBÉLÉ	Médecine Interne
54	Mr Moussa Issa DIARRA	Biophysique
55	Mr Kassoum SANOGO	Cardiologie
56	Mr Aronna TOGORA	Psychiatrie
57	Mr Souleymane TOGORA	Odontologie
58	Mr Oumar W ANE	Chirurgie Dentaire
59	Mr Abdoulaye DIALLO	Anesthésie – Réanimation
60	Mr Saharé FONGORO	Néphrologie
61	Mr Ibrahim I. MAIGA	Bactériologie – Virologie
62	Mr Moussa Y. MAIGA	Gastro-entérologie – Hépatologie
63	Mr Siaka SIDIBE	Radiologie et Imagerie Médicale
64	Mr Aly TEMBELY	Urologie
65	Mr Tiéman COULIBALY	Orthopédie Traumatologie
66	Mr Zanafon OUATTARA	Urologie
67	Mr Bah KEITA	Pneumo – Phtisiologie
68	Mr Zimogo Zié SANOGO	Chirurgie Générale
69	Mr Samba Karim TIMBO	ORL et Chirurgie cervico – faciale
70	Mr Cheick Oumar GUINTO	Neurologie
71	Mr Samba DIOP	Anthropologie médicale et éthique en Santé
72	Mr Mamadou B. DIARRA	Cardiologie
73	Mr Youssouf SOW	Chirurgie Générale
74	Mme Fatimata KONANDJI	Ophtalmologie
75	Mme Diénéba DOUMBIA	Anesthésie/Réanimation
76	Mr Nouhoum ONGOIBA	Anatomie & Chirurgie Générale

I. LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT PAR D.E.R. & PARR GRADE

A. D.E.R. CHIRURGIE ET SPÉCIALITÉS CHIRURGICALES

a. PROFESSEURS / DIRECTEURS DE RECHERCHES

1	Mr Mohamed Amadou KEITA	ORL
2	Mr Youssouf COULIBALY	Anesthésie-Réanimation
3	Mr Sadio YENA	Chirurgie Thoracique
4	Mr Djibo Mahamane DIANGO	Anesthésie-Réanimation
5	Mr Adegné TOGO	Chirurgie Générale Chef de DER
6	Mr Bakary Tientigui DEMBELE	Chirurgie Générale
7	Mr Alhassane TRAORE	Chirurgie Générale
8	Mr Yacaria COULIBALY	Chirurgie Pédiatrique
9	Mr Drissa KANIKOMO	Neurochirurgie
10	Mr Oumar DIALLO	Neurochirurgie
11	Mr Mohamed KEITA	Anesthésie Réanimation
12	Mr Niani MOUNKORO	Gynécologie/Obstétrique
13	Mr. Drissa TRAORE	Chirurgie Générale
14	Mr Broulaye Massaoulé SA MAKE	Anesthésie Réanimation
15	Mr Mamadou Lamine DIAKITE	Urologie
16	Mme Kadidiatou SINGARE	ORL-Rhino-Laryngologie
17	Mr Youssouf TRAORE	Gynécologie – Obstétrique
18	Mr Japhet Pobanou THERA	Ophtalmologie
19	Mr Honoré Jean Gabriel BERTHE	Urologie
20	Mr Aladji Seïdou DEMBELE	Anesthésie-Réanimation
21	Mr Soumaïla KEITA	Chirurgie Générale
22	Mr Moussa Abdoulaye OUATTARA	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
23	Mr Seydou TOGO	Chirurgie Thoracique et Cardio Vasculaire
24	Mr Birama TOGOLA	Chirurgie Générale

b. MAITRES DE CONFÉRENCES / MAITRES DE RECHERCHES

1	Mr Nouhoum DI ANI	Anesthésie-Réanimation
2	Mr Seydina Alioune BEYE	Anesthésie Réanimation
3	Mr Hammadoun DICKO	Anesthésie Réanimation
4	Mr Moustapha Issa MANGANE	Anesthésie Réanimation
5	Mr Thierno Madan DIOP	Anesthésie Réanimation
6	Mr Mamadou Karim TOURE	Anesthésie Réanimation
7	Mr Abdoul Hamidou ALMEIMOUNE	Anesthésie Réanimation
8	Mr Siriman Abdoulaye KOITA	Anesthésie Réanimation
9	Mr Mahamadoun COULIBALY	Anesthésie Réanimation
10	Mr Daouda DIALLO	Anesthésie Réanimation
11	Mr Abdoulaye TRAORE	Anesthésie Réanimation
12	Mr Lamine TRAORE	Ophtalmologie

13	Mme Fatoumata SYLLA	Ophtalmologie
14	Mr Adama I GUINDO	Ophtalmologie
15	Mr Seydou BAKAYOKO	Ophtalmologie
16	Mr Abdoulaye NAPO	Ophtalmologie
17	Mr Nouhoum GUIROU	Ophtalmologie
18	Mr Ibrahima TEGUETE	Gynécologie – Obstétrique
19	Mr Tioukany THERA	Gynécologie – Obstétrique
20	Mr Amadou BOCOUM	Gynécologie – Obstétrique
21	Mme Aminata KOUMA	Gynécologie – Obstétrique
22	Mr Mamadou SIMA	Gynécologie – Obstétrique
23	Mr Seydou FANE	Gynécologie – Obstétrique
24	Mr Ibrahim Ousmane KANTE	Gynécologie – Obstétrique
25	Mr Alassane TRAORE	Gynécologie – Obstétrique
26	Mr Soumana Oumou TRAORE	Gynécologie – Obstétrique
27	Mr Abdoulaye SISSOKO	Gynécologie – Obstétrique
28	Mr Dramane Nafou CISSE	Urologie
29	Mr Mamadou Tidiani COULI	Urologie
30	Mr Moussa Salifou DIALLO	Urologie
31	Mr Alkadri DIARRA	Urologie
32	Mr Amadou KASSOGUE	Urologie
33	Mr Boubacar BA	Médecine et chirurgie buccale
34	Mr Lassana KANTE	Chirurgie Générale
35	Mr Koniba KEITA	Chirurgie Générale
36	Mr Sidiki KEITA	Chirurgie Générale
37	Mr Amadou TRAORE	Chirurgie Générale
38	Mr Bréhima BENGALY	Chirurgie Générale
39	Mr Madiassa KONATE	Chirurgie Générale
40	Mr Sékou Brehima KOUMARE	Chirurgie Générale
41	Mr Boubacar KAREMBE	Chirurgie Générale
42	Mr Abdoulaye DIARRA	Chirurgie Générale
43	Mr Idrissa TOUNKARA	Chirurgie Générale
44	Mr Kalifa COULIBALY	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
45	Mr Issa AMADOU	Chirurgie Pédiatrique
46	Mr Hamidou Baba SACKO	ORL
47	Mr Siaka SOUMAORO	ORL
48	Mr Boubacar GUINDO	ORL – CCF
49	Mr Youssouf SIDIBE	ORL
50	Mr Fatogoma Issa KONE	ORL
51	Mr Bougady COULIBALY	Prothèse Scellée
52	Mme Kadidia Oumar TOURE	Orthopédie Dentofaciale
53	Mr Amady COULIBALY	Stomatologie et Chirurgie Maxillo – Faciale
54	Mr Alhouseiny TOURE	Stomatologie et Chirurgie Maxillo – Faciale
55	Mr Oumar COULIBALY	Neurochirurgie
56	Mr Mahamadou DAMA	Neurochirurgie

57	Mr Mahamadou Salia DIARRA	Neurochirurgie
58	Mr Youssouf SOGOBA	Neurochirurgie
59	Mr Moussa DIALLO	Neurochirurgie
60	Mr Abdoul Kadri MOUSSA	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
61	Mr Layes TOURE	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
62	Mr Mahamadou DIALLO	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie

c. MAÎTRE ASSISTANTS / MAÎTRES DE RECHERCHES :

1	Mr Ibrahima SANKARE	Chirurgie Thoracique et Cardio Vasculaire
2	Mr Abdoul Aziz MAIGA	Chirurgie Thoracique
3	Mr Ahmed BA	Chirurgie Dentaire
4	Mr Seydou GUEYE	Chirurgie Buccale
5	Mr Mohamed Kassoum DJIRE	Chirurgie Pédiatrique
6	Mme Fadima Koreissy TALL	Anesthésie Réanimation
7	Mr Abdoulaye KASSAMBARA	Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
8	Mr Mamadou DIARRA	Ophtalmologie
9	Mme Assiatou SIMAGA	Ophtalmologie
10	Mr Sidi Mohamed COULIBALY	Ophtalmologie
11	Mme KOITA	Stomatologie et Chirurgie Maxillo -Faciale

d. ASSISTANTS / ATTACHES DE RECHERCHE :

1	Mme Lydia B. SITA	Stomatologie
---	-------------------	--------------

B. D.E.R. DE SCIENCES FONDAMENTALES :

a. PROFESSEURS / DIRECTEURS DE RECHERCHE :

1	Mr Cheick Bougady TRAORE	Anatomie - Pathologie Chef de DER
2	Mr Bakarou KAMATE	Anatomie Pathologie
3	Mr Mahamadou A.	Parasitologie – Mycologie
4	Mr Djibril SANGARE	Entomologie Moléculaire Médicale
5	Mr Guimogo DOLO	Entomologie Moléculaire Médicale
6	Mr Bakary MAIGA	Immunologie
7	Safiatou N'ARE	Parasitologie – Mycologie

b. MAITRES DE CONFERENCES / MAITRES DE RECHERCHE

1	Mr Karim TRAORE	Parasitologie – Mycologie
2	Mr Abdoulaye KONE	Parasitologie – Mycologie
3	Mr Moussa FANE	Biologie, Santé publique, Santé – Environnement
4	Mr Mamoudou MAIGA	Bactériologie-Virologie
5	Mr Bassirou DIARRA	Bactériologie-Virologie
6	Mme Aminata MAIGA	Bactériologie-Virologie
7	Mme Djénèba Bocar FOFANA	Bactériologie-Virologie
8	Mr Aboubacar Alassane OUMAR	Pharmacologie

9	Mr Bréhima DIAKITE	Génétique et Pathologie Moléculaire
10	Mr Yaya KASSOGUE	Génétique et Pathologie Moléculaire
11	Mr Oumar SA MASSEKOU	Génétique/Génomique
12	Mr Mamadou BA	Biologie, Parasitologie Entomologie Médicale
13	Mr Bourama COULIBALY	Anatomie pathologie
14	Mr Sanou Kho COULIBALY	Toxicologie
15	Mr Boubacar Sidiki Ibrahim DRAME	Biologie Médicale/ Biochimie Clinique
16	Mr Sidi Boula SISSOKO	Histologie embryologie et Cytogénétique
17	Mr Drissa COULIBALY	Entomologie Médicale
18	Mr Adama DAO	Entomologie Médicale
19	Mr Ousmane MAIGA	Biologie. Entomologie. Parasitologie

c. MAITRES ASSISTANTS / CHARGES DE RECHERCHES

1	Mr Bamodi SIMAGA	Physiologie
2	Mme Mariam TRAORE	Pharmacologie
3	Mr Saidou BALAM	Immunologie
4	Mme Arhamatoulaye MAIGA	Biochimie
5	Mr Modibo SANGARE	Pédagogie en anglais adapté à la recherche Biomédicale
6	Mr Hama Abdoulaye DIALLO	Immunologie
7	Mr Sidy BANE	Immunologie
8	Mr Moussa KEITA	Entomologie. Parasitologie

d. ASSISTANTS / ATTACHES DE RECHERCHE

1	Mr Harouna BAMBA	Anatomie Pathologie
2	Mme Assitan DIAKITE	Biologie
3	Mr Ibrahim KEITA	Biologie moléculaire
4	Mr Tata TOURE	Anatomie
5	Mr Boubacar COULIBALY	Entomologie, Parasitologie médicale
6	Mme Nadié COULIBALY	Microbiologie, Contrôle Qualité

C. D.E.R. DE MÉDECINE ET SPÉCIALITÉS MÉDICALES

a. PROFESSEURS / DIRECTEURS DE RECHERCHES

1	Mr Adama Diaman KEITA	Radiologie et Imagerie Médicale
2	Mr Sounkalo DAO	Maladies Infectieuses et Tropicales
3	Mr Daouda K, MINT A	Maladies Infectieuses et Tropicales
4	Mr Boubacar TOGO	Pédiatrie
5	Mr Moussa T, DIARRA	Hépatogastro-Entérologie
6	Mr Ousmane FAYE	Dermatologie
7	Mr Youssoufa Mamoudou MAIGA	Neurologie
8	Mr Yacouba TOI.OBA	Pneumo-Phtisiologie Chef de DER
9	Mme Mariam SYLLA	Pédiatrie

10	Mme Fatoumata DICKO	Pédiatrie
11	Mr Souleymane COULIBALY	Psychologie
12	Mr Mahamadou DIALLO	Radiologie et Imagerie Médicale
13	Mr Ichaka MENTA	Cardiologie
14	Mr Abdoul Aziz DIAKITÉ	Pédiatrie
15	Mr Souleymane COULIBALY	Cardiologie

b. MAÎTRES DE CONFÉRENCES / MAÎTRES DE RECHERCHES

1	Mme KAYA Assétou SOUKHO	Médecine Interne
2	Mme Djénèbou TRAORE	Médecine Interne
3	Mr Djibril SY	Médecine Interne
4	Mr Idrissa Ah CISSE	Rhumatologie
5	Mr Ilo Bella DIALL	Cardiologie
6	Mr Hamidou Oumar BA	Cardiologie
7	Mr Youssouf CAMARA	Cardiologie
8	Mr Mamadou DIAKITÉ	Cardiologie
9	Mr Massama KONATE	Cardiologie
10	Mr Ibrahim SANGARE	Cardiologie
12	Mr Samba SIDIBE	Cardiologie
13	Mme Asmaou KEITA	Cardiologie
14	Mme COUMBA Adiaratou THIAM	Cardiologie
15	Mr Boubacar SONFO	Cardiologie
16	Mariam SAKO	Hépto – Gastro – Entérologie
17	Anselme KONATÉ	Hépto – Gastro – Entérologie
18	Mme Kadiatou DOUMBIA	Hépto – Gastro – Entérologie
19	Mme Hourouma SOW	Hépto – Gastro – Entérologie
20	Mme Saran Deborah SANOGO	Hépto – Gastro – Entérologie
21	Mr Adama Aguisa DICKO	Dermatologie
22	Mr Yamoussa KARABINTA	Dermatologie
23	Mr Mamadou GASSAMA	Dermatologie
24	Mme N'DIAYE Hawa THIAM	Dermatologie
25	Mr Issa KONATE	Maladies Infectieuses et Tropicales
26	Mr Yacouba CISSOKO	Maladies Infectieuses et Tropicales
27	Mr Garan DABO	Maladies Infectieuses et Tropicales
28	Mr Abdoulaye Mamadou TRAORE	Maladies Infectieuses et Tropicales
29	Mr Jean Paul DEMBELE	Maladies Infectieuses et Tropicales
30	Mr Mody Abdoulaye CAMARA	Radiologie et Imagerie Médicale
31	Mr Salia COULIBALY	Radiologie et Imagerie Médicale
32	Mr Issa CISSE	Radiologie et Imagerie Médicale
33	Mr Ouncoumba D1 ARRA	Radiologie et Imagerie Médicale
34	Mr Ilias GUINDO	Radiologie et Imagerie Médicale
35	Mr Abdoulaye KONE	Radiologie et Imagerie Médicale
36	Mr Souleymane SANOGO	Radiologie et Imagerie Médicale
37	Mr Ousmane TRAORE	Radiologie et Imagerie Médicale

38	Mr Koniba DIABATE	Radiothérapie
39	Mr Adama DIAKITE	Radiothérapie
40	Mr Aphou Sallé KONE	Radiothérapie
41	Mr Souleymane dit Papa COULIBALY	Psychiatrie
42	Mr Seybou HASSANE	Neurologie
43	Mr Guida LANDOURE	Neurologie
44	Mr Thomas COULIBALY	Neurologie
45	Mme Fatoumata Léonie François DIAKITE	Pédiatrie
46	Mr Belco MAIGA	Pédiatrie
47	Mme Djénèba KONATE	Pédiatrie
48	Mr Fousseyni TRAORE	Pédiatrie
49	Mr Karamoko SACKO	Pédiatrie
50	Mme Lala N'Drainy SIDIBE	Pédiatrie
51	Mme SOW Djénèba SYLLA	Endocrinologie, Maladies Métaboliques et Nutrition
52	Mr Dianguina dit Noumou SOUMARE	Pneumologie
53	Mme Khadidia OUATTARA	Pneumologie
54	Mr Hamadoun YATTARA	Néphrologie
55	Mr Seydou SY	Néphrologie
56	Mr Mamadou AC. CISSE	Médecine d'Urgence

c. MAÎTRES ASSISTANS / CHARGÉS DE RECHERCHES

1	Mr Mahamadoun GUINDO	Radiologie et Imagerie Médicale
2	Mr Mamadou N'DIAYE	Radiologie et Imagerie Médicale
3	Mme Hawa DIARRA	Radiologie et Imagerie Médicale
4	Mr Mamadou DEMBELE	Radiologie et Imagerie Médicale
5	Mr Alassane KOUMA	Radiologie et Imagerie Médicale
6	Mr Aboubacar Sidiki N'DIAYE	Radiologie et Imagerie Médicale
7	Mr Boubacar DIALLO	Médecine Interne
8	Mr Adama Seydou SISSOKO	Neurologie – Neurophysiologie
9	Mme Siritio BERTHE	Dermatologie
10	Mr Djigui KEITA	Rhumatologie
11	Mr Souleymane SIDIBE	Médecine de la Famille/ Communautaire
12	Mr Drissa Mansa SIDIBE	Médecine de la Famille/ Communautaire
13	Mr Issa Souleymane GOITA	Médecine de la Famille/ Communautaire
14	Mr Diakalia Siaka BERTHE	Hématologie
15	Mr Yacouba FOFANA	Hématologie

d. ASSISTANTS / ATTACHÉS DE RECHERCHES

1 Mr Boubacari Ali TOURE Hématologie Clinique

D. D.E.R. DE SANTÉ PUBLIQUE

a. PROFESSEURS / DIRECTEURS DE RECHERCHES

1 Mr Seydou DOUMBIA Épidémiologie
2 Mr Hamadoun SANGHO Santé Publique. Chef de D.E.R.
3 Mr Cheick Oumar BAGAYOKO Informatique Médicale.

b. MAITRES DE CONFERENCES / MAITRES DE RECHERCHES

1 Mr Sory Ibrahim DIAWARA Epidémiologie
2 Mr Housseini DOLO Epidémiologie
3 Mr Oumar SA NGHO Epidémiologie
4 Mr Cheick Abou COULIBALY Epidémiologie
5 Mr Nouhoum TELLY Epidémiologie
6 Mr Moctar TOUNKARA Epidémiologie
7 Mr Nafomon SOGOBA Epidémiologie
8 Mr Abdourahmane COULIBALY Anthropologie de la Santé
9 Mr Oumar THIERO Biostatistique/ Bioinformatique
10 Mr Birama Apho LY Santé Publique

c. MAÎTRES ASSISTANTS / CHARGÉS DE RECHERCHES

1 Mr Ousmane LY Santé publique
2 Mr Ogobara KODIO Santé Publique
3 Mme Lalla Fatouma TRAORE Santé Publique
4 Mr Mahamoudou TOURE Santé
5 Mr Cheick Papa Oumar SANGARE Nutrition
6 Mr Salia KEITA Médecine de la Famille/ Communautaire
7 Mr Samba DIARRA Anthropologie de la Santé
8 Mr Souleymane Sékou DIARRA Epidémiologie

d. ASSISTANTS / ATTACHÉS DE RECHERCHES

1 Mr Seydou DIARRA Anthropologie de la Santé
2 Mr Abdrahamane ANNE Bibliothéconomie Bibliographie
3 Mr Mohamed Mounine TRAORE Santé Communautaire
4 Mme Fatoumata KONATE Nutrition et Diététique
5 Mr Bakary DIARRA Santé Publique
6 Mr Ilo DICKO Santé Publique
7 Mme Niélé Hawa DIARRA Santé publique
8 Mr Moussa SANGARE Orientation, contrôle des maladies
9 Mr Mahmoud CISSE Informatique médicale
10 Mme Djénèba DIARRA Santé de la reproduction

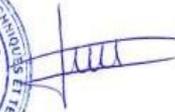
II. CHARGÉS DE COURS & ENSEIGNANTS VACATAIRES

1	Mr Ousseynou DIAWARA	Parodontologie Maitre de Recherches
2	Mr Amsalla NIANG	Odonto Préventive et Sociale Chargé de Recherche
3	Mme Daoulata MARIKO	Stomatologie
4	Mr Issa COULIBALY	Gestion Maitre de Conférences
5	Mr Klétigui Casmir DEMBELE	Biochimie
6	Mr Brahima DICKO	Médecine Légale Chargé de Recherche
7	Mr Bah TRAORE	Endocrinologie
8	Mr Modibo MARIKO	Endocrinologie
9	Mme Aminata Hamar TRAORE	Endocrinologie
10	Mr Ibrahim NIENTAO	Endocrinologie
11	Mr Aboubacar Sidiki Thissé KANE	Parodontologie Attaché de Recherches
12	Mme Rokia SANOGO	Médecine Traditionnelle Professeur
13	Mr Benoit Y KOUMARE	Chimie Générale Professeur
14	Mr Oumar KOITA	Chirurgie Buccale
15	Mr Mamadou BA	Chirurgie Buccale Maître de Recherche
16	Mr Baba DIALLO	Épidémiologie Maître de Recherche
17	Mr Mamadou WELE	Biochimie Professeur
18	Mr Djibril Mamadou COULIBALY	Biochimie Maître de Conférences
19	Mr Tietie BISSAN	Biochimie
20	Mr Kassoum KAYENTAO	Méthodologie de la recherche Directeur de Recherche
21	Mr Babou BAH	Anatomie
22	Mr Zana Lamissa SANOGO	Éthique – Déontologie
23	Mr Lamine DIAKITÉ	Médecine de travail
24	Mme Mariame ROUMARE	Médecine de travail
25	Mr Yaya TOGO	Économie de la santé
26	Mr Madani LY	Oncologie
27	Mt Abdoulaye K ANTE	Anatomie
28	Mr Nicolas GUINDO	Anglais
29	Mr Toumaniba TRAORE	Anglais
30	Mr Kassoum BARRY	Médecine communautaire
31	Mr Blaise DACKOOU	Chimie organique
32	Mr Madani MARICO	Chimie générale
33	Mr Lamine TRAORE	PAP / PC
34	Mr Abdrahamane Salia MAIGA	Odontologie gériatrique
35	Mr Mohamed Cheick HAIDARA	Droit médical appliqué à l'odontologie et Odontologie légale
36	Mr Abdrahamane A. N. CISSE	ODF
37	Mr Souleymane SISSOKO	PAP / PC/ Implantologie
38	Mr Cheick Ahamed Tidiane KONE	Physique
39	Mr Morodian DIALLO	Physique

40	Mr Ibrahim Sory PAMANTA	Rhumatologie
41	Mr Apérou dit Eloi DARA	Psychiatrie
42	Mme Kadiatou TRAORE	Psychiatrie
43	Mr Joseph KONE	Pédagogie médicale
44	Mr Ibrahima FALL	OCE
45	Mr Fousseyni CISSOKO	OCE
46	Mr Abdoul Karim TOGO	OCE

Bamako le 12 / 07 /2024

Le Secrétaire Principal



Dr Monzon TRAORE

DEDICACES ET REMERCIEMENTS

DEDICACE

Louange à ALLAH, le Miséricordieux,

Le Tout-puissant, Celui qui m'a permis de voir ce jour.

Je dédie cette thèse : À

Papa et maman :

Je souhaite exprimer toute ma gratitude envers vous pour votre précieuse contribution à ma vie. Vous m'avez non seulement donné naissance, mais vous avez également été mes guides, mes mentors, et mes plus grands soutiens tout au long de mon parcours éducatif. Vos encouragements constants, vos conseils avisés, et votre soutien inconditionnel ont été les piliers de ma réussite. Je vous suis profondément reconnaissant(e) pour les racines solides que vous m'avez transmises, pour les valeurs que vous m'avez inculquées, et surtout pour l'amour infini que vous m'avez prodigué.

Sans votre présence et votre influence bienveillante, je sais que je n'aurais pas pu atteindre les objectifs que je me suis fixé. Vous êtes les modèles parfaits de ce que des parents aimants et dévoués devraient être. Grâce à vous, j'ai acquis la certitude de la sorte de parent que je souhaite devenir pour mes propres enfants, un parent guidé par l'amour, le respect et la bienveillance.

En signe de reconnaissance, de respect et de profonde gratitude, je dédie ce travail à vous deux, mes chers parents. Sachez que mon amour pour vous est infini et inconditionnel. Que la vie vous réserve encore de nombreux moments de bonheur et de satisfaction, avec tout mon amour.

REMERCIEMENTS

Un remerciement spécial :

A mon Pays le Mali

Un immense merci au Mali, ce joyau africain niché au cœur du continent, riche en histoire, en culture et en traditions inestimables. À travers ses vastes plaines, ses déserts dorés et ses fleuves majestueux, le Mali rayonne de beauté et d'authenticité. Que ce soit à travers les anciennes cités de Tombouctou et Djenné, les épopées de Soundjata Keïta ou les mélodies envoûtantes de l'afrobeat.

Ensemble, célébrons le Mali, terre de légendes et de merveilles, et rendons hommage à notre peuple exceptionnel.

Merci pour mon éducation scolaire, que Dieu bénisse ce beau pays le Mali.

A mon père Bagna NOUHO

Je veux simplement vous dire merci. Merci pour ta force inébranlable, merci pour cette belle éducation, ton amour infini, et les sacrifices que tu as consentis pour nous. Tu es mon modèle et ma source d'inspiration, et je suis profondément reconnaissant pour tout ce que tu as fait pour moi. Que Dieu te protège et te comble de bénédictions, aujourd'hui et toujours. Je t'aime, Papa

A ma mère Hady BOCAR

À travers chaque étape de ma vie, depuis ma naissance jusqu'à l'âge adulte, tu as été ma source inépuisable d'amour et de soutien. Tes sacrifices, ta patience et ta dévotion inconditionnelle ont façonné l'individu que je suis devenu aujourd'hui. Merci d'avoir été ma guide, mon confident et ma meilleure amie tout au long de ce voyage. Ton amour sans limites a été mon rocher dans les moments difficiles et ma source de joie dans les moments de bonheur. Je ne pourrais jamais assez te remercier pour tout ce que tu as fait pour moi. Ta présence dans ma vie est le plus grand cadeau que j'aie jamais reçu. Je t'aime plus que les mots ne puissent le dire. Merci, Maman, pour tout.

A mes frères et sœurs Issouf MAIGA, Aboubacar MAIGA, Abdoulaye MAIGA, Oumar MAIGA, Aissata MAIGA, Fadi MAIGA, Aminata MAIGA, Sohoye MAIGA, Ibrahime TOURE, Amadou TOURE,

Cette déclaration transcende les liens familiaux pour symboliser une connexion profonde fondée sur la confiance, le respect et l'amour inconditionnel. Être frères va au-delà de la simple coexistence, c'est partager une part de notre essence, de nos expériences et de nos rêves. Cette promesse d'être toujours là l'un pour l'autre crée un sentiment de sécurité et de réconfort, même dans les moments les plus sombres. Ensemble, nous formons un véritable pilier de soutien, prêts

à affronter les défis de la vie main dans la main. Cette fraternité est un précieux trésor qui enrichit nos vies et nous rappelle que nous ne sommes jamais seuls sur le chemin de la vie.

A mon beau-frère Dr Abdoulaye TRAORE

Je tiens à t'exprimer toute ma gratitude pour ta patience infinie. Ta capacité à rester calme et compréhensif, même dans les moments les plus chaotiques, est une véritable inspiration. Ta présence bienveillante et ton soutien inconditionnel font toute la différence. Merci d'être un modèle de patience et de gentillesse.

A ma grande sœur Mme Traore Djeneba MAIGA

Chère grande sœur, je tiens à te remercier du fond du cœur pour toutes les fois où tu as été là pour moi, guidant mes pas avec ta sagesse et ton amour inconditionnel. Tes encouragements ont été comme des rayons de soleil dans les moments sombres, et ta présence a toujours été un réconfort. Merci pour tes conseils avisés, tes épaules sur lesquelles pleurer et tes rires partagés qui illuminent nos souvenirs. Tu es bien plus qu'une sœur, tu es un pilier dans ma vie, et je suis infiniment reconnaissant(e) de t'avoir à mes côtés. Merci pour chaque instant de complicité, pour chaque éclat de joie, pour chaque mot réconfortant. Tu es une source inestimable de force et d'inspiration, et je suis reconnaissant(e) de t'avoir comme modèle et comme amie. Merci pour tout ce que tu es et pour tout ce que tu fais, ma chère grande sœur.

A ma grande sœur Aminata MAIGA

À toi, ma chère grande sœur, ton ambition et ta détermination m'inspirent chaque jour. Ta force et ta persévérance sont des sources inestimables de motivation pour moi. Merci d'être cette grande sœur ambitieuse qui montre la voie avec courage et détermination. Ta présence dans ma vie est un cadeau précieux que je chérirai toujours. Ensemble, nous sommes plus forts, et je suis reconnaissante de pouvoir marcher sur ce chemin avec toi. Merci pour tout.

A ma tante Sohoie MAIGA

Je tenais à prendre un moment pour vous exprimer toute ma gratitude pour votre présence douce et constante dans ma vie. Votre simplicité et votre gentillesse illuminent chaque moment passé en votre compagnie. Votre soutien inconditionnel et vos gestes attentionnés sont des trésors qui enrichissent ma vie chaque jour. Merci d'être cette source de réconfort et de bonheur dans ma vie. Je suis reconnaissant(e) de vous avoir comme tante, modèle de bienveillance et de simplicité. Avec tout mon amour et ma reconnaissance sincère.

A ma tante Sohoie Toure

Je tenais à vous exprimer ma profonde gratitude pour votre compréhension. Votre soutien inconditionnel et votre empathie sont des lumières dans les moments difficiles. Merci infiniment pour votre présence et votre bienveillance.

A mes autres tantes et oncles

Oumar BOCAR, Ousmane BOCAR, Bintou BOCAR, Inna BOCAR, Hammadou YORO, Abdoulaye YORO, Bouri YORO, Amadou YORO, Hfizou MAIGA.

A mes cousines et cousins Ibrahim Toure, Aoudou Hammadou, Alpha Hammadou, Hadja Hammadou, Mariame Hammadou, Oumar Hammadou, Almoustapha Hammadou, Hady Hammadou, Sada

Hafizou, Zaouza Hafizou, Nana Hafizou, Mimi Hafizou. Puisse Dieu renforcer nos liens de sang, guider nos chemins et nous donner une longue vie.

A mes nièces et neveux

Hady MAIGA, Aminata MAIGA, Almoustapha MAIGA, Almounbareck MAIGA, Amadou MAIGA, Abdoulaye MAIGA, Moussa MAIGA, Issouf MAIGA, Aissata MAIGA.

A mes amis du Point-G

Barazi MAIGA, Alassane AG IKA, Moussa Hammada CHECK, Yahiya CISSE, Bintou KANE.

A mes cousins DOGONO

Dr Younoussa ZIGUIME, Dr Oumar KASSOGUE, Mr Daouda OUWELEGUEME.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude pour votre courage, votre résilience et votre intelligence qui ont été une source d'inspiration pour nous tous. Vos actions démontrent une force intérieure remarquable et une détermination inébranlable face aux défis de la vie. Votre capacité à persévérer et à trouver des solutions créatives dans les moments difficiles est véritablement admirable. Votre exemple nous rappelle l'importance de rester forts et positifs, peu importe les circonstances. Continuez à suivre vos convictions et à poursuivre vos rêves avec la même détermination. Vous êtes une source de fierté pour notre famille et je suis reconnaissant d'avoir des cousins aussi remarquables que vous. Merci pour tout ce que vous faites et pour la lumière que vous apportez dans nos vies.

Avec toute ma reconnaissance et mon amour.

Aux enseignants de la Faculté de la médecine

Merci pour la qualité de l'enseignement et de la formation reçue.

A Dr Mohamed Moumine TRAORÉ

Mon chef, un homme d'une gentillesse extrême, d'une sympathie sans égale et d'une humilité hors norme. Merci pour l'accompagnement. Puisse Dieu vous donner une longue et belle vie dans la santé.

Dr Amadou Sékou TRAORÉ

Cette thèse est la vôtre, merci de la qualité de l'encadrement, merci pour le suivi. Merci pour cette belle formation, merci pour cette disponibilité, pour cette grande patience, à jamais vous resterez dans mon estime. Veuillez recevoir ma plus profonde admiration et ma plus grande reconnaissance. Merci pour tout cher Docteur.

A ma famille le Bâtitteur de la FMOS/FAPH

Un immense merci à ma famille, le pilier fondateur de mon parcours, pour leur accueil chaleureux et leur inestimable contribution à ma formation. Leur soutien indéfectible et leurs précieux enseignements ont été les pierres angulaires de ma croissance personnelle et professionnelle. Leur générosité et leur patience infinie ont façonné la personne que je suis aujourd'hui. Je suis profondément reconnaissant pour les valeurs de travail acharné et de dévouement qu'ils m'ont transmises, des fondations solides qui guideront chacun de mes pas dans l'avenir. À ma famille, les bâtisseurs de mon succès, je vous adresse toute ma gratitude et mon amour éternel.

A mon groupe d'exposés

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude à tout le groupe d'exposé pour votre dévouement et votre disponibilité. Vos encouragements et votre soutien ont été essentiels pour mener ce projet à bien. Ensemble, nous avons accompli quelque chose de remarquable grâce à notre collaboration et notre engagement. Merci infiniment pour votre précieuse contribution.

A mon groupe d'exposés du master Aix Marseille.

Dr Chieck Tidiane KONE, Dr Doua KANTE, Dr Youssouf Diawarra, Dr Sidy Coulibaly, Dr Soumba Keita, Dr Timetou KANE.

Au personnel de l'équipe entomologie.

Prof Cheick Fantamady TRAORÉ, Prof Guimogo DOLO, Dr Sadik KONÉ, Mme TRAORÉ Assan DIAKITÉ, Dr Issa TRAORE, Dr Penda SANGARÉ, Dr Younoussa ZIGUIMÉ, Dr Alahaye Mahamane MAIGA, Dr Siriman SAMAKÉ, Dr Alou KEITA, Dr **Bintou KANOUTE, Gaoussou FOFANA, Mamadou GOITA, Fatoumata WOULALE, Boubacar SOW.**

A tous les internes du MRTC

A toute la 14^{ème} promotion (Sambou SOUMARE) du Numerus clausus

A mon ami Dr Mohamed Lamine MAIGA

Tu es pour moi ce grand frère que je n'ai jamais eu. Tu m'as aimé sans condition sache que tu occupes également une grande place dans mon cœur. Puisse Dieu accomplir tes vœux les plus chers. Longue vie à toi mon grand frère de cœur.

A ma collègue Fatoumata WOULALE

Chère amie,

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour ta précieuse complicité au sein de notre équipe. Ta présence et ton soutien ont rendu chaque journée plus lumineuse et chaque défi plus surmontable. Ta capacité à comprendre mes pensées et à partager tes idées avec une telle générosité ont enrichi notre collaboration de manière inestimable. Merci pour cette complicité exceptionnelle qui a créé un lien si fort entre nous.

A mon collègue Boubacar SOW

Cher ami,

Je tiens à exprimer toute ma gratitude pour ta bonté sans bornes. Ton soutien constant et tes gestes généreux illuminent ma vie de façon indescriptible. Ta gentillesse va bien au-delà des mots, et je suis profondément reconnaissant de t'avoir dans ma vie. Merci pour ta présence inestimable et pour être un exemple de bonté et de compassion.

Au personnel de l'équipe de IT

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude pour le service exceptionnel que vous avez rendu à notre équipe. Votre dévouement et votre expertise ont été inestimables. Merci pour tout ce que vous avez fait.

Aux chauffeurs du MRTC

Seidou ANGOIBA, Moussa BALLO, Harouna BALLO, Massa KEITA, Bakary COULIBALY, Boubacar KONATE, Drissa NIARÉ, Oumar DOUMBIA, Amadou TINKYANO, Sékouba CAMARA, Seydou KEITA, Naman KEITA, Bourama CAMARA, merci pour votre disponibilité, votre sympathie et votre patience. Ce fut agréable de collaborer avec vous.

Aux guides des villages de Gouna

A tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à l'aboutissement de ce travail. Recevez ici ma plus grande reconnaissance, ma plus grande estime et ma plus grande gratitude. Je ne vous dirais jamais assez **MERCI.**

HOMMAGE AUX MEMBRES DU JURY

A notre Maître et Président du jury

Professeur Guimogo DOLO

PhD en entomologie-parasitologie médicales,

Ancien responsable de l'enseignement de la génétique à la FMOS,

Ancien Chef de l'Unité de Biologie moléculaire du MRTC-Entomologie,

Membre du Comité Sahélien des Pesticides (CILSS),

Membre du Vector Control Working Group (VCWG) de Roll Back Malaria,

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

Cher Maître,

Votre parcours professionnel, vos qualités scientifiques et votre expérience font de vous une référence. Nous vous remercions pour la qualité de l'enseignement reçue et tout ce que vous continuez d'apporter dans le domaine de la recherche.

Recevez l'expression de notre haute considération et notre grand respect.

A notre Maître et juge
Dr Amadou Sékou TRAORE

Docteur en Pharmacie,

Master en Entomologie médicale et vétérinaire,

PhD en Entomologie médicale/Biologie des interactions,

Chercheur au Centre de recherche et de formation sur le paludisme (MRTC), Chercheur au Centre Universitaire de Recherche Clinique (UCRC).

Un grand homme droit, honnête, rigoureux, sérieux, serviable, disponible avec des valeurs et des principes implacables. Vous nous avez appris à regarder de l'avant et à avoir confiance en nous. Plus qu'un homme de science vous êtes une personne avec un grand cœur soucieux de l'avenir et du devenir de son prochain. Vos conseils et votre sens élevé du partage de la connaissance nous ont permis de réaliser ce travail avec un minimum de difficulté. Nous sommes fiers d'avoir été votre disciple. Pour l'honneur et pour le privilège que vous avez fait en acceptant de juger ce travail, veuillez recevoir l'expression de notre profond respect et de notre profonde reconnaissance.

Cher Maître, longue et heureuse vie à vous dans la santé.

A notre Maître et Co-directeur

Dr Mohamed Moumine TRAORE

Docteur en Médecine,

Master en Science Environnementale,

Candidat PhD en Santé communautaire et environnementale,

Assistant de Santé environnement à la Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie,

Chercheur au Centre de recherche et de formation sur le paludisme (MRTC), Chercheur au Centre Universitaire de Recherche Clinique (UCRC).

Cher Maître, vous êtes d'une gentillesse extrême, d'une sympathie sans égale et d'une humilité hors norme. Votre disponibilité, votre rigueur scientifique et votre amour pour le travail bien fait font de vous un maître admiré, admirable, respecté et respectable de tous.

Pour le privilège d'avoir bénéficié de votre enseignement et de vos précieux conseils, recevez ici Cher Maître, le témoignage de ma profonde gratitude.

Merci pour tout cher Maître, Puisse Dieu vous maintenir longtemps en vie et en bonne santé **A**

A notre Maître et Directeur de thèse

Professeur Seydou DOUMBIA,
Professeur Titulaire en Epidémiologie à la FMOS

Responsable de la filière Epidémiologie à la FMOS

Meilleur prix de la Recherche 2014 du Mali au CNOM

Ancien Chef du DER en sante Publique et Spécialité

Doyen honoraire de la FMOS

Cher Maître, c'est un honneur et une fierté pour nous de vous voir diriger cette thèse. Merci pour la qualité de l'enseignement reçu et pour tout ce que vous apportez dans le domaine de la recherche. Puisse le Tout-puissant vous gratifiez convenablement.

Veillez recevoir l'expression de toute ma considération et de ma profonde gratitude.

LISTE DES ABBREVIATIONS

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

An : *Anopheles*

ATSB : "Attractive Target Sugar Bait" (Appât attractant cible à base de sucre)

Bti : *Bacillus thurigiensis israelensis*

CNTS : Centre National de Transfusion Sanguine

CSCOM : Centre de Sante communautaire

FAPH : Faculté de Pharmacie

FMOS : Faculté de Médecine et d'Odonto-Stomatologie

H : Heure

HR : Humidité

ICER : Centre International de l'Excellence dans la Recherche

L1 : Larve de stade 1

L2 : Larve de stade 2

L3 : Larve de stade 3

L4 : Larve de stade 4

LD : Cycle lumière, Obscurité

MILD : Moustiquaire imprégnée d'Insecticide à Longue Durée d'action

MRTC : *Malaria Research and Training Center* (Centre de recherche et de formation sur le paludisme)

NM : NO MAS

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

P. : *Plasmodium*

P. falciparum = *Plasmodium falciparum*

P. knowlesi = *Plasmodium knowlesi*

P. malariae = *Plasmodium malariae*

P. ovale = *Plasmodium ovale*

P. vivax = *Plasmodium vivax*

PID : Pulvérisation intra domiciliaire d'insecticide

PNLP : Programme National de Lutte contre le Paludisme

RN5 : la route nationale 5 **RN7** :

la route nationale 7

s.l. : *Sensu lato* (Sens large)

s.s. : *Sensu stricto* (Sens strict)

SEBS : Styrène-éthylène butylène-styrène

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

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Répartition géographique des cas de paludisme dans le monde).....	36
Figure 2. Stades de développement du moustique <i>Anopheles gambiae</i> s.l.....	39
Figure 3. Appât attractant cible à base de sucre (ATSB : Attractive Target Sugar Bait) ; A : Présentation d'un ATSB ; B : Constitution d'un ATSB.	45
Figure 4. Carte illustrative du site d'étude.....	47
Figure 5. Photo du matériel de capture des anophèles sauvages	52
Figure 6. Cage (BugDorm) contenant une station d'ATSB	57
Figure 7. Etat des ATSB en fonction des déploiements selon les zones d'étude	61
Figure 8. Etat des ATSB en fonction des mois.....	62
Figure 9. Fuite au niveau des ATSB selon les zones d'étude et en fonction des	64
Figure 10. Fuite au niveau des ATSB en fonction des mois	65
Figure 11. Répartition globale de la perception de la communauté sur les stations ATSB	66
Figure 12. Perception de la communauté sur les stations ATSB en fonction des déploiements selon les zones d'étude	67
Figure 13. Mortalité des totale (femelles et mâles) à 24h par réplikat en fonction des mois	68
Figure 14. Mortalité des femelles à 24h par réplikat en fonction des mois.....	69
Figure 15. Mortalité des mâles à 24h par réplikat en fonction des mois.	70
Figure 16. Mortalité des totale (femelles et mâles) à 48h par réplikat en fonction des mois	71
Figure 17. Mortalité des femelles par réplikat à 48h en fonction des mois.....	72
Figure 18. Mortalité des mâles à 48h par réplikat en fonction du mois.....	73
Figure 19. Taux de mortalité moyen (femelles et mâles) à 24h en fonction des mois	74
Figure 20. Taux de mortalité moyen des femelles à 24h en fonction des mois.....	75
Figure 21. Taux de mortalité moyen des mâles à 24h en fonction des mois.....	76
Figure 22. Taux de mortalité moyen (femelles et mâles) à 48h en fonction des mois.	77
Figure 23. Taux de mortalité moyen des femelles à 48h en fonction des mois.....	78
Figure 24. Taux de mortalité moyen des mâles à 48h en fonction des mois.....	79

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. Etat des station ATSB en fonction des zones d'intervention.....	60
Tableau II. Etat des station ATSB en fonction des fuites	63

Table des matières

1. INTRODUCTION.....	31
2. OBJECTIFS	34
2.1. Objectif général	34
2.2. Objectifs spécifiques	34
3. GÉNÉRALITÉS.....	36
3.1. Répartition géographique et épidémiologique du paludisme	36
3.1.1. Au niveau mondial.....	36
3.1.2. En Afrique.....	37
3.1.3. Au Mali	37
3.2. Agents pathogènes et vecteurs	37
3.2.1. Agents pathogènes	37
3.2.1.1. Classification et espèces plasmodiales.....	37
3.2.1.2. Cycle de développement du <i>Plasmodium</i>	38
3.2.2. Vecteur du parasite	39
3.2.2.1. Cycle de développement des anophèles	39
3.3. Lutte antivectorielle.....	41
3.3.1. Lutte biologique	41
3.3.1.1. Poissons larvivores.....	42
3.3.1.2. Bactéries larvicides	42
3.3.2. Lutte physique.....	42
3.3.2.1. Le drainage	42
3.3.2.2. La mise en boîte des eaux	42
3.3.2.3. Le comblement.....	42
3.3.2.4. Le boisement	43
3.3.3. Lutte génétique.....	43
3.3.4. Lutte chimique	43
3.3.4.1. Insecticides chimiques	43
3.3.4.2. Moustiquaires imprégnées d'insecticides (MILDA) est constituer comme physico-chimique.....	43
3.3.4.3. Pulvérisation intra domiciliaire (PID).....	44
3.3.4.4. Appâts Attrayants Cible à base de sucre ATSB.....	44
4. MATERIELS ET METHODE.....	47
4.1. Sites d'étude	47

4.1.1. Aire de santé de Dangassa	48
4.1.2. Aire de santé de Kangaba	49
4.1.3. Aire de santé de Ouelessebougou	50
4.1.4. Aire de santé de Siby	50
4.2. Type et période d'étude.....	51
4.3. Matériels.....	52
4.3.1. <i>Anopheles gambiae s.l.</i>	52
4.3.1.1. Matériels utilisés pour la capture des anophèles femelles sauvages	52
4.3.1.2. Capture des moustiques.....	52
4.3.1.3. Elevage des moustiques à l'insectarium	53
4.3.1.4. L'approvisionnement des anophèles en sang.....	53
4.3.2. Les Appât attractant cible à base de sucre (ATSB) (Voir section 3.3.4.4).....	54
4.3.3. Questionnaire d'enquête sur l'intégrité physique des ATSB.....	54
4.3.4. Questionnaire d'enquête sur la perception des communautés sur les ATS.....	54
4.4. Méthodes	56
4.4.1. Détermination de l'intégrité physique des stations	56
4.4.2. Détermination de critère de jugement de l'efficacité biologique des stations ATSB sur une souche d' <i>Anopheles gambiae s.l.</i>	56
4.4.2.1. Exposition des moustiques	56
4.5. Collecte et analyse des données	58
4.6. Considérations éthiques.....	58
5. RESULTATS	60
5.1. Intégrité physique des stations pendant deux phases de déploiement.....	60
5.1.1. Etat des station ATSB en fonction des zones d'intervention.....	60
5.1.2. Etat des ATSB en fonction des déploiements selon les zones d'étude.....	61
5.1.3. Etat des ATSB en fonction des mois	62
5.1.4. Etat des stations ATSB en fonction des fuites	63
5.1.5. Fuite au niveau des ATSB selon les zones d'étude et en fonction des déploiements.....	64
5.1.6. Fuite au niveau des ATSB en fonction des mois	65
5.2. Perception des communautés par rapport aux stations.....	66
5.2.1. Répartition globale de la perception de la communauté sur les stations ATSB	66
5.2.2. Perception de la communauté sur les stations ATSB en fonction des déploiement selon les zones d'étude.....	67

5.3. Efficacité biologique des stations sur une souche d' <i>Anopheles gambiae s.l.</i> pendant deux phases de déploiement.....	68
5.3.1. Mortalité totale (femelles et mâles) à 24h par réplicat	68
5.3.2. Mortalité des femelles à 24h par réplicat	69
5.3.3. Mortalité des mâles à 24h par réplicat	70
5.3.4. Mortalité totale (femelles et mâles) par réplicat à 48h	71
5.3.5. Mortalité des femelles par réplicat à 48h	72
5.3.6. Mortalité des mâles à 48h par réplicat	73
5.3.7. Mortalité moyenne totale (femelles et mâles) à 24h	74
5.3.8. Mortalité moyenne des femelles à 24h	75
5.3.9. Mortalité moyenne des mâles à 24h.....	76
5.3.10. Mortalité moyenne totale (femelles et mâles) à 48h	77
5.3.11. Mortalité moyenne des femelles à 48h.....	78
5.3.12. Mortalité moyenne des mâles à 48h.....	79
6. COMMENTAIRES ET DISCUSSION	81
7. CONCLUSION	88
8. RECOMMANDATIONS	89
9. REFERENCES	91
10. ANNEXES	95
FICHE D'ENQUETE	95
FICHE SIGNALÉTIQUE	97

INTRODUCTION

1. INTRODUCTION

Le paludisme est une maladie infectieuse potentiellement mortelle due à un hématozoaire appartenant au genre *Plasmodium*, transmis à l'Homme essentiellement par la piqûre des moustiques femelles infectées du genre *Anopheles* (1). Il existe cinq formes d'espèces de parasites responsable du paludisme chez l'homme : *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium ovale*, *Plasmodium malariae* (1) et *Plasmodium knowlesi* (2).

En dépit de nombreux efforts de lutte, le paludisme reste toujours un problème majeur pour l'organisation mondiale de la santé (OMS), particulièrement en Afrique sub-saharienne (1). À cause de la résistance des parasites aux antipaludéens et de la résistance chimiques et comportemental des vecteurs du paludisme aux insecticides qui sont utilisés dans la pulvérisation intra domiciliaire (PID) et pour la confection des moustiquaires imprégnées d'insecticide a longue durée d'action (MILDA) (3,4).

En effet le nombre de cas de paludisme dans le monde est estimé à 249 millions en 2022 dans 85 pays d'endémie palustre, soit une augmentation par rapport en 2021 qui était de 247 millions de cas. La plupart des cas supplémentaires sont estimés dans la région Afrique de l'OMS (1). Au Mali, 7 988 199 cas de paludisme et 19 716 décès ont été enregistrés en 2022 dans les structures de santé (1). Les principaux vecteurs de *Plasmodium* au Mali sont membres du complexe *An. gambiae* en plus d'*Anopheles funestus* (5).

La limites des outils actuels de lutte contre les vecteurs du paludisme (PID et MILDA) ont amené l'OMS à promouvoir le développement de nouveaux outils et des solutions opérationnelles innovantes en vue de compléter ceux déjà existants et de booster la lutte antivectorielle du paludisme. Les appâts sucrés toxiques attractifs (Attractives Target Sugar Bait : ATSB) se présentent comme un nouvel outil de lutte antivectorielle ; et a montré son efficacité contre les espèces d'anophèles ainsi que contre plusieurs autres espèces de moustiques (3,6) dans de nombreux essais de laboratoire et en condition semi-naturelle (1,6–8). Actuellement les ATSB sont en essai clinique de phase 3 dans la région de Koulikoro au Mali. Dans cette condition il faut non seulement que les ATSB soient efficace en condition naturelle mais aussi être acceptés par les populations.

C'est dans ce cadre-là que nous avons proposé cette thèse portant sur l'évaluation de l'intégrité physique, de l'efficacité et de la perception des communautés par rapport aux stations Attractives Target Sugar Bait (ATSB) dans un essai clinique de phase 3 dans la région de Koulikoro au Mali.

OBJECTIFS

2. OBJECTIFS

2.1. Objectif général

Etudier l'efficacité biologique des stations ATSB en essai de phase 3 dans la région de Koulikoro au Mali.

2.2. Objectifs spécifiques

- Déterminer l'intégrité physique des stations pendant deux phases de déploiement ;
- Déterminer la perception des communautés par rapport aux stations ;
- Déterminer le critère de jugement de l'efficacité biologique des stations ATSB sur une souche d'*Anopheles gambiae s.l.*

GENERALITES

3. GÉNÉRALITÉS

3.1. Répartition géographique et épidémiologique du paludisme

3.1.1. Au niveau mondial

Le paludisme est largement répandu dans les régions intertropicales. Sa présence varie d'une zone à l'autre en raison de plusieurs facteurs épidémiologiques telles que la distribution des moustiques anophèles, leur capacité à servir de vecteurs, les caractéristiques biologiques des différentes espèces de *Plasmodium*, l'immunité des populations, tous ces éléments ayant un impact sur la transmission de la maladie (1).

À l'échelle mondiale, on estime qu'il y a une légère augmentation de 2 millions de cas du paludisme en 2022 (249 millions) par rapport à l'année précédente. Plus de 93% de ces cas ont été enregistrés en Afrique, selon l'OMS (1). Environ 615 000 cas de décès ont été recensés en 2022.

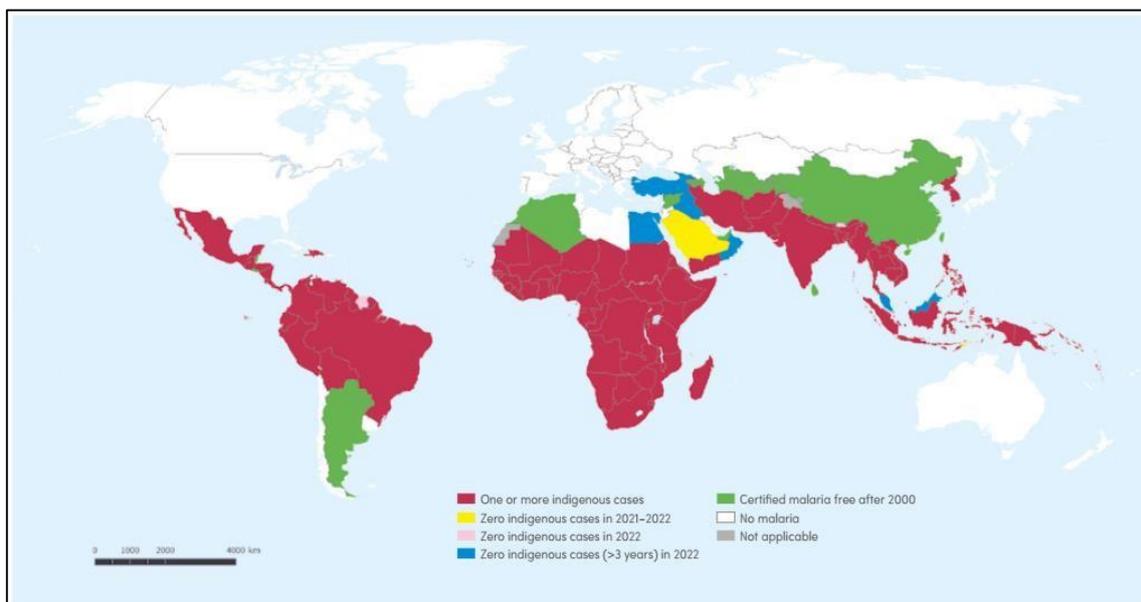


Figure 1. Répartition géographique des cas de paludisme dans le monde (1)

Plasmodium falciparum (*P. falciparum*) est le parasite du paludisme le plus prévalent dans le monde suivi de *P. vivax* qui est en nette diminution (1). Ces *Plasmodium* sont majoritairement transmis par les vecteurs du complexe *An. gambiae* (9). Cependant, l'invasion par les vecteurs s'adaptant aux environnements urbains telle que la dispersion récente *An. stephensi* dans la Région OMS de l'Afrique (10–14) peut entraîner une augmentation de risque de paludisme chez les populations urbaines (1,11)

3.1.2. En Afrique

L'Afrique est le continent le plus touché avec 233 millions de cas qui sont majoritairement supportés par 7 pays : Nigeria (5,3 millions), Madagascar (1,5 millions), Ouganda (1,3 millions), la République unie de Tanzanie (1.3 million), Ethiopie (2.4 millions), Mali (1.1 million) et Mozambique (1million). Ces cas de paludisme ont été à l'origine de 580 000 décès. *Plasmodium falciparum* représentait environ 99% de la formule parasitaire. En Afrique les vecteurs primaires sont : *An. arabiensis*, *An. coluzzii*, *An. funestus*, *An. gambiae* (1).

3.1.3. Au Mali

Le Mali, tout comme de nombreux autres pays de l'Afrique subsaharienne, fait face au paludisme en tant que principale cause de décès et de maladies (15). En 2021, le Mali a enregistré une incidence élevée de paludisme, avec environ 7 988 199 cas et de 19 716 décès selon l'OMS (1). Cette réalité met en lumière la persistance de la prévalence du paludisme dans le pays, soulignant ainsi l'urgence de mettre en place des mesures efficaces de prévention et de traitement (1). En 2021, le Mali représentait 7% du nombre de cas de l'Afrique de l'Ouest et tous ces cas étaient dus à *Plasmodium falciparum*.

3.2. Agents pathogènes et vecteurs

3.2.1. Agents pathogènes

3.2.1.1. Classification et espèces plasmodiales

Le paludisme humain est provoqué chez l'homme par un hématozoaire appartenant au règne des *Chromalveolata*, à l'embranchement des *Apicomplexa*, à la classe des *Aconoidasida*, à l'ordre des *Haemosporida*, à la famille des *Plasmodiidae* et au genre *Plasmodium*.

Cinq espèces de *Plasmodium* sont responsables des cas de paludisme chez l'Homme à savoir :

- *Plasmodium falciparum* : Il représente la souche la plus répandue et redoutable parmi les parasites du paludisme. Il est responsable de 80% des infections à l'échelle mondiale, englobant notamment 99% des incidents de paludisme en Afrique (1).
- *Plasmodium vivax* : Il est le parasite du paludisme de l'homme le plus répandu dans le monde est plus fréquemment en Asie et en Amérique (16) et a été également signalés en Chine (17).
- *Plasmodium ovale* : Il se vit dans de nombreuses régions au sud du Sahara, en Afrique de l'Ouest tropical et d'Afrique subsaharienne (18).

- *Plasmodium malariae* : Elle est également responsable de la fièvre quarte bénigne et peut rester dans l'hôte pendant des décennies, ce qui complique la lutte contre le paludisme (19).
- *Plasmodium knowlesi* : Il infecte naturellement les primates non humains, macaque en Asie du sud-est. Il a été découvert chez l'homme en 2004 et provoque une forme bénigne de paludisme (2,20).

3.2.1.2. Cycle de développement du *Plasmodium*

Le cycle du développement du *Plasmodium* comporte deux phases distinctes : la phase asexuée chez l'hôte intermédiaire (Homme) et la phase sexuée chez l'anophèle, l'hôte définitif, achevant le cycle.

Cycle chez l'homme (phase asexuée)

Cette phase asexuée chez l'hôte intermédiaire (Homme) se divise en deux sous-phase : hépatique (asymptomatique) et sanguine (symptomatique).

Phase hépatique asymptomatique

Cette phase débute par la pique de l'Homme par la femelle anophèle qui injecte des formes sporozoïtes (17). Les cellules hépatiques sont envahies rapidement par les sporozoïtes et subissent une transformation en schizontes pré-érythrocytaires. Après une période d'inactivité de 7 à 15 jours, ces schizontes éclatent et libèrent dans la circulation sanguine des mérozoïtes. L'infection à *P. falciparum* ne comporte pas la période de latence avec la formation d'hypnozoïtes (21).

Phase sanguine symptomatique

Les mérozoïtes entrent rapidement dans les globules rouges, où ils évoluent en trophozoïtes puis en schizontes sur une période de variant entre 24 et 72 heures selon l'espèce. Ce processus provoque la rupture du globule rouge infecté, libérant entre 8 et 32 nouveaux mérozoïtes (22). Après plusieurs cycles érythrocytaires, certains mérozoïtes subissent une maturation d'environ 10 jours, suivie d'une différenciation sexuée où ils se transforment en gamétocytes mâles et femelles (22).

Cycle chez le moustique (sporogonie)

Les gamétocytes ingérés par le moustique se métamorphosent en gamètes mâle et femelle. Les gamétocytes femelles deviennent des macrogamètes, et les gamétocytes mâles subissent une ex-flagellation pour donner plusieurs microgamètes. Les deux fusionnant pour donner un œuf libre, mobile appelé ookinète. L'ookinète traverse la paroi externe de l'estomac et se transforme

en oocyste qui se multiplie pour donner des sporozoïtes. Ces sporozoïtes (formes infectieuses) migrent vers les glandes salivaires du moustique et sont ensuite inoculés dans un hôte vertébré lors d'une piqûre de moustique (21).

3.2.2. Vecteur du parasite

Le vecteur responsable de la transmission du paludisme est un moustique du genre *Anopheles*. Ces moustiques font partie du règne *Animalia*, de l'embranchement des *Arthropoda*, de la classe des *Insecta*, de l'ordre des *Diptera*, de la famille des *Culicidae* et de la sous-famille des *Anophelinae*. En Afrique sub-saharienne, en particulier au Mali, les principaux vecteurs du paludisme appartiennent à *Anopheles gambiae s.l.* et au groupe *Anopheles funestus*. Le complexe *Anopheles gambiae* comporte neuf espèces très proches, qui sont : *An. amharicus*, *An. arabiensis*, *An. bwambae*, *An. coluzzii*, *An. fontenillei*, *An. gambiae*, *An. melas*, *An. merus*, *An. quadriannulatus* parmi lesquelles seules *An. arabiensis*, *An. coluzzii*, et *An. gambiae* sont les principales espèces vectrices (23).

Au Mali, les principaux vecteurs du paludisme sont *An. gambiae*, *An. arabiensis*, *An. coluzzii*, et *An. funestus* (21).

3.2.2.1. Cycle de développement des anophèles

La vie des anophèles se déroule en deux étapes. La première étape est aquatique et dure entre 5 et 14 jours selon l'espèce et la température ambiante. Elle comprend les paliers d'œuf, de larve et de nymphe. La seconde étape est aérienne, c'est la période adulte. Le temps de vie des femelles adultes peut atteindre jusqu'à un mois (ou plus en laboratoire), mais la majorité n'a pas une durée de vie de plus de 2 semaines dans la nature. La phase adulte est la phase à laquelle le moustique femelle anophèle joue son rôle de vecteur du paludisme (24).

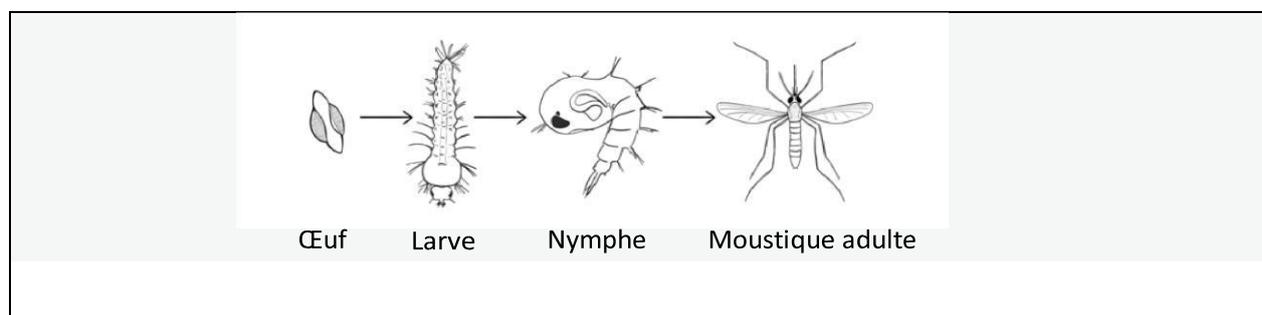


Figure 2. Stades de développement du moustique *Anopheles gambiae s.l.* (24)

- Œuf

Vingt-quatre ou quarante-huit heures après la prise du repas sanguins, l'anophèle femelle adulte pond entre 50 et 300 œufs avec maximum pouvant varier entre 800 et 1000 œufs durant sa période de vie. Les œufs d'anophèles pondus individuellement à la surface de l'eau possèdent de flotteurs de chaque côté. Les œufs ne supportent pas la sécheresse et éclosent au bout de 2 à 3 jours (24).

- Larve

Une larve émerge de chaque œuf et flotte parallèlement à la surface de l'eau afin de respirer. Elle se nourrit des particules présentes dans l'eau (24). Il y a quatre stades larvaires. La première est celui de la petite larve émergeant de l'œuf. Au bout d'un à 2 jours, elle mue pour atteindre le deuxième stade, suivi par le troisième et le quatrième stade à des intervalles d'environ deux jours chacun. Au quatrième stade, la larve reste pendant 2 à 3 jours, avant de devenir une nymphe ou puppe. Les quatre stades larvaires ont une durée totale de 8 à 10 jours aux températures normales de l'eau en milieu tropical. Au stade 4, la larve d'anophèle mesure à peu près 12 à 15 mm (21).

- Nymphe ou puppe

Au terme de sa vie larvaire survient une modification totale de la larve ; la cuticule de la larve s'ouvre longitudinalement pour laisser place à une nymphe respirant par des trompettes respiratoires situées sur le céphalothorax (21,24). La nymphe, ayant une forme de virgule ne se nourrit pas et reste sous la surface de l'eau. Cependant, lorsqu'elle est dérangée ou se sent menacée ; elle plonge au fond de l'eau pour se protéger. La période nymphale dure de 2 à 3 jours, après quoi le tégument se fend et libère un moustique adulte ou imago.

- Adulte ou imago

Après son émergence, le moustique adulte se repose temporairement à la surface de l'eau ce qui permet à ses ailes de sécher puis après, prendre son envol (21). L'accouplement survient peu de temps après l'éclosion de l'adulte moustique. Cet accouplement en générale intervient une seule fois au cours de la vie chez qui reçoit à ce moment-là une quantité suffisante de sperme pour féconder les œufs de toutes les futures pontes (21). La première prise de repas sanguin survient habituellement après l'accouplement, bien que certaines femelles encore vierges puissent également se nourrir. La première ponte commence à se former après un ou deux repas

de sang nécessaires pour la maturation des œufs, en fonction de l'espèce (21). Seules les femelles prennent du sang. Quant à l'alimentation à base de sucre (hydrates de carbone) elle est essentielle tant pour les mâles que pour les femelles car elle constitue une source d'énergie nécessaire au vol et à diverses activités. Après son repas de sang, le moustique se repose en général pendant une courte période. Les moustiques qui se reposent habituellement sur un mur, sous le mobilier ou sur les vêtements suspendus à l'intérieur d'une maison après leur repas de sang sont appelés endophiles par opposition aux moustiques dits exophiles qui se repose à l'extérieur des maisons principalement sur les plantes, dans des trous, dans les arbres, sur le sol ou dans d'autres endroits frais et sombres (21). Les préférences trophiques, c'est-à-dire. Les hôtes de prédilection, varient selon les espèces. Certains moustiques préfèrent l'homme à l'animal et on dit d'eux qu'ils sont anthropophiles. En revanche, s'ils ne prennent du sang que sur les animaux, on parle de moustiques zoophiles. De même, ceux piquant à l'intérieur des maisons sont appelés endophages par opposition aux exophages qui piquent à l'extérieur. Ceux qui préfèrent le sang humain sont les plus dangereux, car ils sont capables de transmettre l'infection dans les populations humaines (21). On peut trouver les adultes sur la végétation, sur des surfaces solides dans des endroits protégés, sur les rives des cours d'eau et des fossés, des trous de rochers, des caniveaux, des fissures, des grottes, des terriers, des troncs d'arbres ou des termitières (21).

3.3. Lutte antivectorielle

La lutte antivectorielle représente une stratégie visant à minimiser ou éliminer le contact entre les individus et le moustique anophèle, le vecteur responsable de la transmission du Plasmodium. Cette approche constitue le principal moyen de ralentir la prolifération des moustiques vecteurs, de prévenir les piqûres de moustiques chez l'homme et de diminuer la transmission du paludisme (21).

Il existe différentes méthodes de lutte antivectorielle.

3.3.1. Lutte biologique

Elle implique l'utilisation d'organismes vivants (agents biologiques) qui sont des parasites, des prédateurs ou des pathogènes naturels des œufs, des larves, des pupes et des imagos. Les plus couramment utilisés pour favoriser l'élimination naturelle des larves de moustiques comprennent :

3.3.1.1. Poissons larvivores

Ces poissons dont les principales espèces utilisées sont *Gambusia affinis* (particulièrement efficace dans les eaux transparentes), et *Poecilia reticulata* ou Guppy (employé dans les eaux contaminées par des matières organiques) s'alimentent des larves de moustiques (25,26).

3.3.1.2. Bactéries larvicides

Ces bactéries sécrètent des substances toxiques qui entraînent la mort des larves après ingestion. Diverses souches de ces bactéries sont couramment utilisées, parmi lesquelles *Bacillus thurigiensis israelensis* (Bti) qui est plus efficace dans l'eau clair et *Bacillus sphaericus* produisant une toxine dont les effets sont semblables à celui du *Bti* mais plus efficace dans les eaux polluées (27,28).

3.3.2. Lutte physique

La lutte physique implique le changement de l'environnement des moustiques en réduisant ou éliminant les gîtes de reproduction des anophèles.

On distingue :

3.3.2.1. Le drainage

Il s'agit d'utiliser un système de drainage pour faciliter l'évacuation des eaux stagnantes vers un environnement naturel. Cette approche présente l'avantage d'acheminer efficacement les eaux tout en entraînant les œufs et les larves avec le courant vers des habitats peu propices à leur développement, où leur élimination rapide est garantie (21,29).

3.3.2.2. La mise en boîte des eaux

Elle est employée lorsqu'il est nécessaire de traiter efficacement des gîtes importants éloignés des récepteurs naturels. Cette méthode implique la concentration des eaux dans des tranchées pour réduire la superficie du gîte à traiter (21,29).

3.3.2.3. Le comblement

Il s'agit de supprimer les gîtes de petites superficies et les zones de profondeur modérée en utilisant des matériaux tels que des pierres ou des débris de construction (21,29).

3.3.2.4. Le boisement

Il s'agit de planter des arbres tels que des Eucalyptus ou d'autres types de végétation adaptée aux sols humides qui englobent plusieurs sources d'eau à faible débit (21,29).

3.3.3. Lutte génétique

Elle repose sur la modification du patrimoine génétique des moustiques, visant à créer des individus transgéniques pouvant être rendus stériles pour restreindre leur reproduction, ou rendus résistants aux parasites qu'ils transmettent habituellement. Ces manipulations s'étendent également aux plantes, notamment les algues se reproduisant dans les habitats des larves. Les algues, génétiquement modifiées par l'insertion de gènes issus de toxines bactériennes, exercent une influence sur les larves de moustiques (21,30).

3.3.4. Lutte chimique

3.3.4.1. Insecticides chimiques

L'idée consiste à appliquer des insecticides à la surface de l'eau où se trouvent les gîtes larvaires, exposant ainsi les larves à des substances, qu'elles soient naturelles ou synthétiques, entraînant leur décès par empoisonnement. Le Téméphos et le Fenthion sont parmi les organophosphorés les plus fréquemment employés à la surface des eaux.

3.3.4.2. Moustiquaires imprégnées d'insecticides (MILDA) est constituer comme physico-chimique

Pour améliorer la protection des individus contre les moustiques et leurs piqûres, l'organisation mondiale de la santé préconise la distribution gratuite de moustiquaires imprégnées d'insecticides à longue action (MILDA) à toutes les populations exposées, en mettant particulièrement l'accent sur les femmes enceintes et les enfants de moins de 5 ans à l'échelle mondiale (9). Les MILDA renferment des pyréthriinoïdes, des composés efficaces à de faibles concentrations, présentant peu de danger pour les humains, mais agissant comme des irritants, des dissuasifs et des répulsifs efficaces contre les moustiques (effet excito-répulsif). En outre, les MILDA servent de barrière physique contre les moustiques, réduisant ainsi le contact entre le moustique vecteur et l'Homme en les étourdissant dès leur contact avec la tulle avant de les éliminer. Ces moustiquaires assurent une protection contre les agressions physiques (piqûres) et sonores des moustiques pour la personne endormie. L'accès et l'utilisation massive des MILDA au sein de la communauté contribuent de manière significative à la réduction du nombre de moustiques (1). En 2022, 70 % de la population africaine exposée au paludisme était

protégée par des moustiquaires imprégnées, contre 5 % en 2000. Malgré cela, la couverture des MILDA a connu une hausse modeste depuis 2016 (1).

3.3.4.3. Pulvérisation intra domiciliaire (PID)

La méthode de lutte antivectorielle contre le paludisme à grande échelle repose largement sur la pulvérisation d'insecticides à effet rémanent à l'intérieur des habitations. Cette approche implique l'application d'un insecticide liquide sur les murs et les plafonds des maisons, réduisant ainsi le nombre de moustiques qui pénètrent à l'intérieur pour se reposer (endophiles) et, par conséquent, limitant les piqûres d'anophèles à l'intérieur. Bien que la pulvérisation ne soit pas efficace contre les moustiques exophages et exophiles, elle parvient à éliminer une grande partie des anophèles endophages et endophiles à l'intérieur des chambres traitées à l'insecticide. Cette stratégie a joué un rôle crucial dans l'éradication du paludisme dans de vastes zones en Asie, en Russie, en Europe et en Amérique latine (31). En Afrique, des programmes efficaces de pulvérisation d'insecticides ont été mis en œuvre avec succès, nécessitant l'application biannuelle de 80% des habitations ou structures collectives dans la région ciblée. Il est essentiel de maintenir les surfaces traitées sans effectuer de replâtrages fréquents pour optimiser les résultats (32).

3.3.4.4. Appâts Attrayants Cible à base de sucre ATSB

Les moustiquaires imprégnées d'insecticide à longue durée d'action (MILDA) et les pulvérisations d'insecticide présentent certaines limitations et inconvénients. En effet, certaines de ces méthodes sont onéreuses pour la population, tandis que d'autres posent des risques en termes de toxicité pour les humains, l'environnement et les organismes non ciblés. De plus, la portée d'action est souvent restreinte à l'intérieur des habitations humaines, ce qui, combiné à la pression constante des insecticides, incite les moustiques à développer des résistances comportementales pour éviter ces substances (33). Face à l'ensemble de ces défis, il est impératif de créer des instruments novateurs pour combattre les moustiques en ciblant spécifiquement la transmission résiduelle, tout en participant à la lutte globale contre leur propagation (34). Ces moyens doivent non seulement résoudre les problèmes de résistance, mais également présenter une efficacité physique et biologique, tout en étant acceptés par la communauté.

Les approches basées sur l'utilisation d'Appât attractant cible à base de sucre (ATSB) représentent une récente stratégie dans la lutte contre les vecteurs, visant à éliminer les

moustiques, tant mâles que femelles, lors de leur quête de sources de sucre essentielles pour leur survie (35). Les formulations ATSB incluent un arôme fruité ou floral agissant comme attractif, une solution sucrée servant de source alimentaire, et une substance toxique orale destinée à éliminer les moustique (35,36). Au départ, les ATSB étaient conditionnés dans des récipients de 1,5 litre avec une large ouverture, ce qui facilitait l'accès des moustiques. Cependant, dans le souci constant d'améliorer la facilité d'utilisation, les bouteilles ont été remplacées par des dispositifs en forme de champignons. La substance ATSB recouvrait la surface du champignon, attirant et éliminant les moustiques qui s'y posaient pour se nourrir (37). Actuellement, les ATSB sont employés dans une configuration membranaire, ayant une hauteur de 20cm et une largeur de 16cm, simulant la texture de la peau et renfermant la substance active. La membrane des ATSB est composée de Styrène-éthylène butylène-styrène (SEBS), un élastomère thermoplastique essentiel, robuste, flexible et doté d'une excellente résistance à la chaleur et aux rayons ultraviolets. Les dispositifs ATSB sont installés à l'extérieur des habitations humaines, attirant et éliminant les moustiques qui s'y posent pour se nourrir (37).

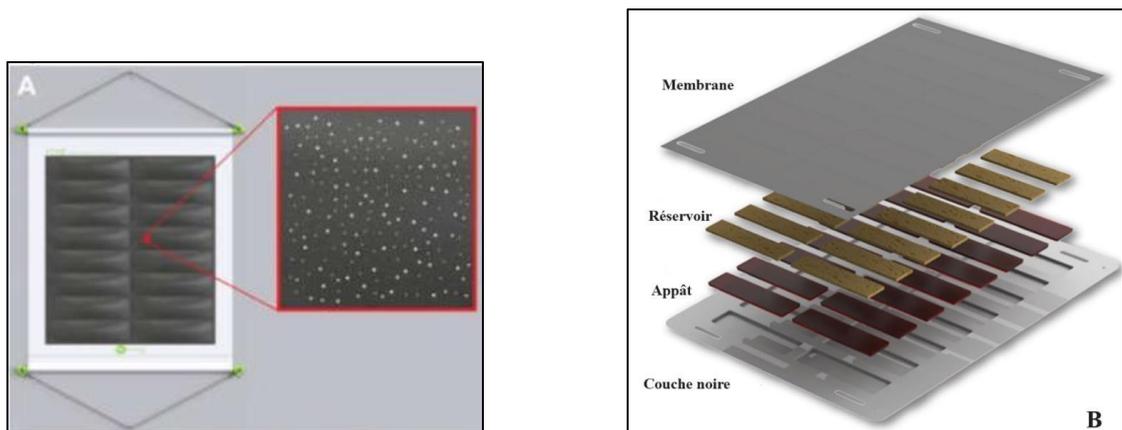


Figure 3. Appât attractant cible à base de sucre (ATSB : Attractive Target Sugar Bait) ; A : Présentation d'un ATSB ; B : Constitution d'un ATSB.

MATERIELS ET METHODE

4. MATERIELS ET METHODE

4.1. Sites d'étude

Cette étude s'est déroulée dans les villages des aires de santé de Dangassa, Kangaba, Ouelessebougou, et Siby situés dans la Région de Koulikoro respectivement à 95 km, 95 km 80 Km et 50 km de Bamako. Elle avait pour but d'évaluer la perception de la communauté à l'égard des appâts attractants sucrés toxiques (Attractive Target Sugar Bait : ATSB). Pour procéder à l'observation des ATSB un certain nombre de questionnaires a été préétabli dans les tablettes à fin d'évaluer l'intégrité physique des ATSB.

La capture de moustiques *Anopheles gambiae s.l.* non exposés aux appâts à base de sucres toxiques a été réalisée au village de Gouna. Cette démarche visait à évaluer l'efficacité biologique des stations sur une période de 24 à 48 heures.

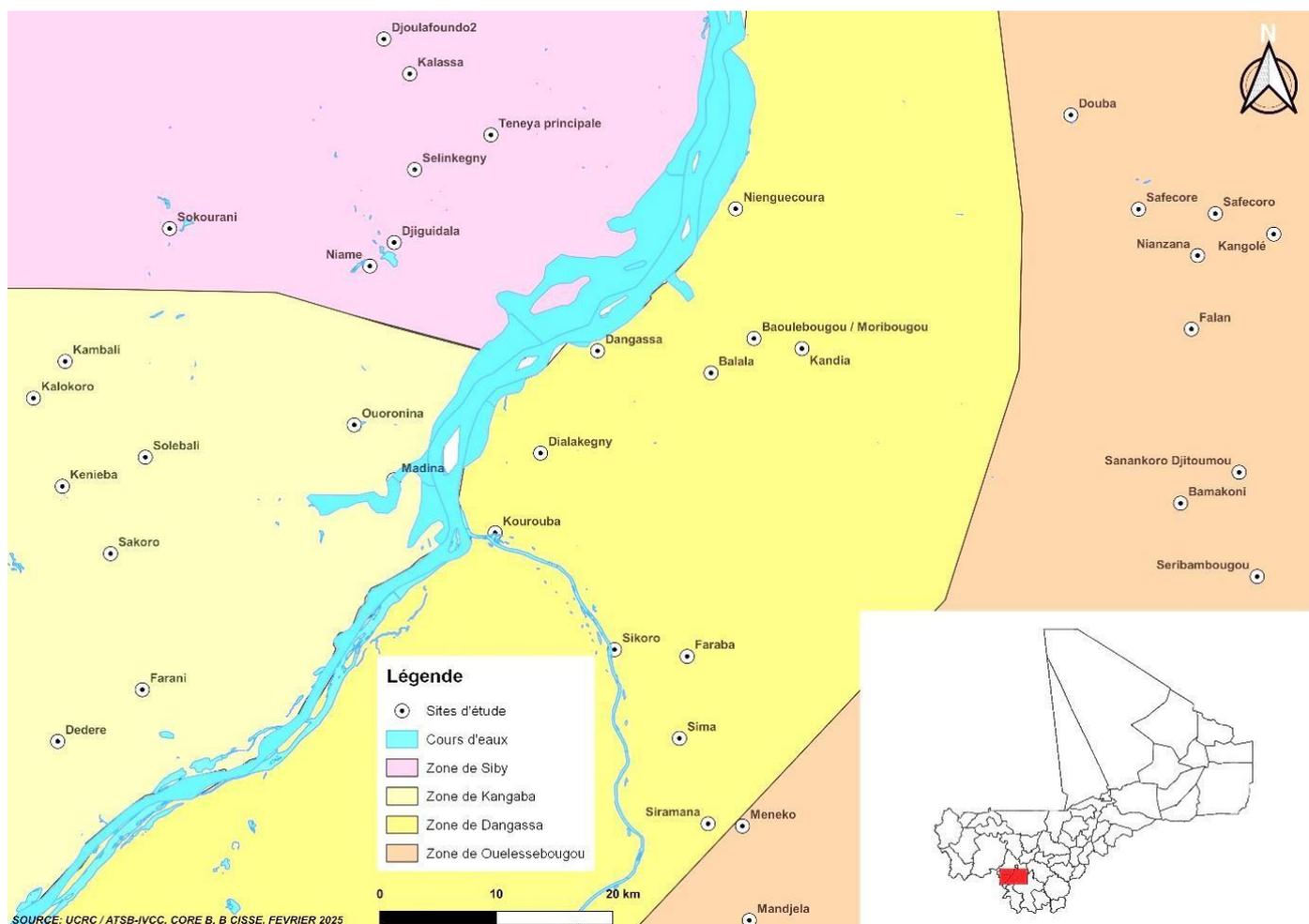


Figure 4. Carte illustrative du site d'étude

4.1.1. Aire de santé de Dangassa

Dangassa, localisé dans la région de Koulikoro, district sanitaire de Oulésébougou, fait partie de la Commune rurale de Niagadina. Initialement nommé Tintinbilé, ce village, fondé aux environs du 13^{ème} siècle par Moussa Dan Camara originaire de Kong, possède une histoire ancienne et riche. Avec environ 8 000 habitants en 2018, dont les femmes constituaient plus de la moitié, ce village se trouve à 95 km au Sud-ouest de Bamako, le long de la route nationale 7 (RN7). Il est bordé à l'Est par Ballala, au Nord par le fleuve Niger, et au Sud par Faraba. Le climat est caractérisé comme étant pré-guinéen, marqué par une période de pluie s'étalant de juin à novembre avec une moyenne annuelle des précipitations atteignant 1 200 mm. La saison sèche se déploie de décembre à mai. Les vents prédominants sont la mousson pendant la saison des pluies et le harmattan pendant la saison sèche.

Parmi les plantes rencontrées, on peut citer le Karité (*Butyrospermum parkii*), le Tamarinier (*Tamarindus indica*), le Néré (*Parkia biglobosa*), le caicédrat (*Khaya senegalensis*).

La population prédominante dans le village est celle des Malinkés, cependant, il y a également une présence notable de Peuhls, de Somonos, de Dogons, de Mossis et de Bambaras, ce qui enrichit la diversité culturelle de la communauté. En matière de religion, la majorité des résidents du village pratiquent l'islam, bien que quelques-uns soient chrétiens ou animistes. Le relief du village est marqué par de modestes collines et des plateaux peu élevés, n'excédant pas une altitude de 100 mètres.

Les principales sources économiques du village se trouvent dans les domaines de l'agriculture, de l'élevage, du tourisme, et surtout du commerce.

Notre étude s'est focalisée sur 14 villages de l'aire de santé de Dangassa à savoir : Kourouba, Dialakegny, Dangassa, Kansamana, Balala, Moribougou, Baouleougou, Kandia, Nienguecoro, Nienguecoura, Sikoro, Faraba, Sima et Sirimana. A chaque mois, trois villages de cette aire de santé ont été choisis aléatoirement et prospectés. Les données ainsi recueillies représentaient l'aire de santé de Dangassa.

4.1.2. Aire de santé de Kangaba

Kangaba, située au cœur du Mandé, est une ville chargée d'histoire en tant que lieu de naissance de l'empire du Mali. Sa célèbre Kama Bulon, construite en 1653, a préservé des artefacts précieux à travers les siècles. Les récits de cette époque, notamment ceux de l'empereur Soundjata Keïta (1190 -1255), sont marqués par la proclamation en 1236 de la première déclaration universelle des droits de l'Homme, la "Charte de Kurukan Fuka", jetant ainsi les bases de l'empire du mandé. Kangaba, située au sud-ouest dans la région de Koulikoro, à 95 km de la capitale Bamako, couvre une superficie de 5 150 km² et compte environ 86 741 habitants répartis dans 60 villages.

Le cercle de Kangaba compte 10 centres de santé communautaire plus un centre de référence. Les différentes ethnies vivant dans le cercle de Kangaba, comme les Malinkés, les Bamanan, les Somono, les Peulhs, les Dogons, et autres, cohabitent en symbiose, partageant un mode de vie harmonieux. Les principales activités économiques de cette communauté incluent l'agriculture, l'élevage et la pêche.

Le climat dans la région suit un schéma soudanien, avec deux saisons bien définies : une saison des pluies, qui s'étend de mai à octobre, et une saison sèche divisée en une période fraîche, de novembre à janvier, puis une période chaude, de février à mai.

En ce qui concerne la végétation, on remarque également la présence d'arbres de grande taille tels que le Karité (*Vitellaria paradoxa* ou *Butyrospermum parkii*), le Néré (*Parkia biglobosa*), le Manguier (*Mangifera indica*), l'Oranger (*Citrus sinensis*) et des arbustes recouvrent une strate herbacée.

Parmi les 60 villages que compte cette zone, nous avons choisie 20 villages pour la présente étude qui sont : Koblani, Dendere, Ouoronina, Niame, Kambali, Solebali, Bomboro, Kenieba, Djoulafoundo¹, Kalokoro, Sakoro, Manalo, Sakonida, Farani, Moussala Farani², Madina, Campenal, Kenioroba et Cissebougou.

Tous les mois, trois villages étaient choisis au hasard dans l'aire de santé pour être étudiés. Les données obtenues lors de ces études représentaient l'aire de sante de Kangaba.

4.1.3. Aire de santé de Ouelessebouyou

Ouélessébougou, a une superficie de 1066 km², est situé à 80 km de Bamako. En 2022, sa population s'élevait à 297 799 habitants. Il est localisé sur la rive droite du fleuve Niger et est entouré au sud par les cercles de Bougouni, au sud-ouest par Yanfolila, à l'ouest par Kangala et au nord par la commune de Kalabancoro. Le cercle de Kati a été divisé en trois zones sanitaires : Kati, Ouélessébougou et Kalabancoro. La zone socio-sanitaire de Ouélessébougou inclut les sous-préfectures de Ouélessébougou, Kourouba, une partie de Baguineda et Sanankoroba, ainsi qu'un service social, 17 CSCOM, 5 établissements de santé privés et 3 pharmacies. La population se compose principalement de Bambaras et de Malinkés, accompagnés de Korokos, de Dogons, de Mossis et de Peulhs. Ces différents groupes ethniques vivent en symbiose avec les Bambaras autochtones, souvent désignés sous le terme de "Diatiguis" (hôtes). Les principales croyances religieuses pratiquées sont l'islam, le christianisme et l'animisme.

La population de Ouélessébougou se concentre principalement dans des activités économiques tels que le commerce, l'agriculture, la cueillette, l'élevage et l'artisanat. Le climat local, semiaride et généralement chaud, se caractérise par deux saisons bien définies : une saison sèche de novembre à avril et une saison des pluies de mai à octobre. Cette région, située dans la zone climatique soudanienne, enregistre en moyenne chaque année des précipitations variant entre 600 mm et 1100 mm. On peut identifier plusieurs espèces végétales, notamment le Karité (*Butyrospermum parkii*), le Tamarinier (*Tamarindus indica*), le Néré (*Parkia biglobosa*), le caicédrot (*Khaya senegalensis*) et l'arbre à saucisses (*Kigelia africana*).

De même, les villages qui ont fait l'objet de notre étude étaient : Meneko, Mendjela, Douba, Safecore, Safekoro, Nianzana, Kangole, Falan, Sanankoro djitoumou, Bamakoni, Fadjobougou et Seribambougou.

Chaque mois, une sélection aléatoirement de trois villages était effectuée pour étudier l'aire de santé. Les informations recueillies au cours de ces études servaient à représenter de l'aire de santé de Ouelessebouyou

4.1.4. Aire de santé de Siby

La commune de Siby couvre une superficie de 1001,25 kilomètres carrés et inclut 21 villages. Elle est localisée dans le cercle de Kati, dans la région de Koulikoro, à environ 50 kilomètres à l'ouest de Bamako, le long de la route nationale RN5 qui relie le Mali à la Guinée Conakry. Selon les données du recensement général de la population et de l'habitat de 2009, la population de la commune rurale de Siby s'élève à 26 633 résidents. La communauté de Siby se compose principalement de Malinkés, qui constituent l'ethnie majoritaire, ainsi que de Peuls, de

Bambaras et de Maures. Les Malinkés détiennent la chefferie traditionnelle, étant les premiers à s'établir dans la commune. Le malinké est la langue utilisée pour la communication principale. Les principales pratiques religieuses incluent l'islam, le christianisme et l'animisme, l'islam étant la religion prédominante.

Les principales ressources économiques découlent des secteurs de l'agriculture, de l'élevage, du commerce, avec une importance particulière accordée au tourisme. L'agriculture représente toujours l'activité dominante, occupant entre 80% et 90% de la main-d'œuvre.

Le climat est de type soudano-guinéen présente un cycle annuel caractérisé par deux saisons distinctes : une saison sèche et une saison des pluies. La période sèche s'étend de novembre à mai, se divisant en une période froide de novembre à février et une période chaude de mars à mai. La saison des pluies s'étale de juin à octobre, avec un pic de précipitations en août et septembre, où les niveaux peuvent atteindre jusqu'à 1500 mm de pluie par an.

Diverses variétés de plantes sont reconnaissables dans cette commune, le Karité (*Butyrospermum parkii*), le Tamarinier (*Tamarindus indica*), le Néré (*Parkia biglobosa*), le caicédrat (*Khaya senegalensis*) et l'arbre à saucisses (*Kigelia africana*).

Les 9 villages sélectionnés dans la zone de Siby pour cette étude étaient respectivement Sokourani, Kalassa, Selinkegny, Kalifabougou, Teneya principale, Teneya secondaire, Djiguidala, Djoulafoundo2 et Guenakoro.

Trois villages de l'aire de santé de Siby ont été sélectionnés au hasard et étudiés chaque mois pour recueillir des données représentatives de cette aire de santé.

4.2. Type et période d'étude

Il s'agissait d'une étude expérimentale dérivée d'un essai clinique de phase 3 avec des enquêtes de ménages conduites en condition de terrain et études d'efficacité biologique réalisée en condition de laboratoire. Cette étude s'est déroulée de février 2023 à février 2024.

4.3. Matériels

4.3.1. *Anopheles gambiae s.l*

Une population d'*An. gambiae s.l.* provenant du village de Gouna (10°43'0" N et 8°1'60" O) situé à 80 Km de Bamako a été utilisé pour évaluer l'efficacité biologique des stations ATSB tout au long de notre étude.

4.3.1.1. Matériels utilisés pour la capture des anophèles femelles sauvages

Le matériel utilisé comprenait l'aspirateur à bouche, une lampe torche, une cage cylindrique en plastiques (20cm x 20cm x 20cm), un pot en carton recouvert d'un tulle moustiquaire, un coton hydrophile, une serpillière, des bracelets élastiques, du jus sucré 10%.



Figure 5. Photo du matériel de capture des anophèles sauvages

4.3.1.2. Capture des moustiques

Avant le début de nos activités de capture, une visite de courtoisie a été rendue au chef du village de Gouna et ses notabilités afin d'avoir leur autorisation. Après l'autorisation de l'autorité villageoise, nous avons commencé nos activités de capture. Les concessions devant être prospectées pour la capture des moustiques ont été choisies de manière aléatoire. Une fois la concession indiquée, un guide local nous accompagnait et nous présentait au chef des ménages tout en expliquant notre objectif et afin d'obtenir aussi son consentement éclairé. Après l'accord du chef de ménage, place était faite la capture.

La capture des moustiques à l'intérieur des habitations choisie a été réalisée tôt le matin. Une fois dans la chambre les personnes techniques (qualifiées) charger de capturer les moustiques, allumaient les torches et cherchaient les moustiques se reposant sur les vêtements accrochés, sur les murs, sur le plafond, sous les mobiliers, dans les récipients, dans des endroits humides et sous le lit en commençant par la porte en se déplaçant dans toute la chambre suivant le sens de l'aiguille d'une montre.

Une fois le moustique repéré la personne qualifiée mettait l'embout dans sa bouche et l'ouverture du tube d'aspiration était tendue à 1 ou 2 cm du moustique, puis il aspirait doucement mais rapidement pour ne pas le stresser et/ou perdre le moustique. Après la capture le moustique était rapidement transféré dans un pot en carton couvert par un tulle moustiquaire. Après la collecte les moustiques ont été transférés directement dans les cages cylindriques (20cmx 20cm x 20cm) sur lesquels étaient mentionnés la date de la capture, la localité et les noms des personnes techniques. Des cotons imbibés de jus sucré de 10% étaient déposés sur les tulles de chaque cage et le tout recouverts par une serpillière humide. Le tout était acheminé délicatement à Bamako à l'insectarium du Malaria Research and Training Center (MRTC).

4.3.1.3. Elevage des moustiques à l'insectarium

Une fois à l'insectarium les moustiques femelles sauvages gorgés et semi gravides étaient triés délicatement avec douceur et laissés au repos pendant 24 à 48 heures avant leur mise en ponte. Quant aux femelles gravides, elles étaient directement mises en ponte. Un pondoir contenant un peu d'eau, stimulant de gîte de ponte étaient déposés dans les cages contenant les femelles gravides. Les pondoirs étaient retirés 48h après et les œufs étaient réparties dans les plateaux étiquetés selon la date de ponte, la génération et la souche de la colonie. L'utilisation du pondoir avait pour avantage de maintenir en vie les larves qui éclosent en premier (L1). Ces larves issues de l'éclosion étaient nourries à base d'aliment de poisson (Tetramine® ou Koi Food®) jusqu'à l'obtention des nymphes.

Les moustiques mâles et femelles, issus des nymphes après l'émergence ont été nourris avec du jus sucré 10%. Au bout de 3 à 5 jours, les moustiques ont été mis à jeun 12h avant le début des tests d'exposition aux ATSB.

4.3.1.4. L'approvisionnement des anophèles en sang

Les poches de sang destinées à être utilisées pour gorger les moustiques ont préalablement fait l'objet de tests effectués par la banque de sang du Centre National de Transfusion Sanguine

(CNTS) afin de dépister certaines affections telles que le paludisme, la syphilis, l'hépatite B, l'hépatite C et le VIH. Seules les poches de sang ayant donné des résultats négatifs à l'ensemble de ces affections étaient sélectionnées pour alimenter les moustiques.

En outre, d'autres critères supplémentaires étaient nécessaires pour garantir la qualité du sang. Il était impératif d'interroger le donneur avant le prélèvement afin de s'assurer qu'il n'avait pas pris certaines molécules comme d'ivermectine, une substance susceptible d'affecter la survie des moustiques.

4.3.2. Les Appât attractant cible à base de sucre (ATSB) (Voir section 3.3.4.4)

4.3.3. Questionnaire d'enquête sur l'intégrité physique des ATSB

Afin d'évaluer l'intégrité physique des stations ATSB, nous avons confectionné un questionnaire d'une page et demi à l'aide d'une tablette électronique avec six (6) questions principales qui suivent :

- 1) Le point d'appâtage présente-t-il des trous, des déchirures ou des perforations ?
- 2) Le point d'appâtage fuit-il ?
- 3) La station d'appâtage présente-elle des moisissures ?
- 4) L'appât est-il épuisé dans l'une des cellules de la station d'appât ?
- 5) Le point d'appâtage est-il sale ?
- 6) Cause d'endommagement du point d'appâtage ?
a) = vent, b) = pluie, c) = Animaux, d) = Mécanique, e) = Autres raisons, f) = Inconnue.

4.3.4. Questionnaire d'enquête sur la perception des communautés sur les ATS

De même, dans le but d'avoir une idée sur la perception des communautés par rapport à la présence des stations ATSB dans leur localité, nous avons élaboré un questionnaire d'une page avec des réponses préétablies :

1) Quelle perception avez-vous des stations ?

- Attire et augmentes les moustiques
- Provoque le rhume et maux de tête
- Provoque la toux
- Je ne suis pas informée
- Absorbe le sang humain

- Je ne veux pas du produit
- Réduit les moustiques
- Réduit les mouches
- Pas des répondant

4.4. Méthodes

4.4.1. Détermination de l'intégrité physique des stations

À chaque passage d'enquête sur le terrain, Les enquêteurs étaient systématiquement accompagnés d'un guide local. Ensemble, ils parcouraient les habitations de porte en porte pour évaluer l'état physique des membranes ATSB. Une fois dans une concession, avec le consentement du chef de ménage, chaque station était minutieusement inspectée. Les enquêteurs se positionnaient devant chaque station, scrutant visuellement l'état de la membrane à l'œil nu, tout en utilisant des questionnaires conçus pour évaluer l'efficacité physique de la station. L'objectif était de s'assurer qu'aucun dommage [trou, moisissure, fuite, saleté, épuisement (absence de solution ATSB dans les cellules)] ne compromettait l'intégrité de la station. Mais dans le cas contraire, il incombait à l'enquêteur de remplacer la station défectueuse par une nouvelle et de le rapporter. Durant tout l'essai clinique de phase 3, la détermination de l'intégrité physique a porté sur l'inspection de 57 410 stations ATSB en 12 mois soit environ 4784 stations par mois.

Détermination de la perception des communautés par rapport aux stations

Durant notre enquête de février 2023 à février 2024, nous avons visité 28 705 concessions. Lors de chaque visite, l'enquêteur était toujours accompagné d'un guide. Les propriétaires des concessions sur lesquelles ont été installées les stations d'ATSB ont été sollicités pour répondre individuellement à notre questionnaire portant sur leur perception quant à la présence des stations ATSB dans le village. L'enquêteur disposait d'un questionnaire en français sur sa tablette, concernant la perception sur les stations ATSB, traduits dans leur langue locale soit par l'enquêteur lui-même, soit par le guide ou un interprète au besoin. Cette approche expérimentale nous a fourni un aperçu de l'opinion de la communauté bénéficiaire concernant les stations ATSB.

4.4.2. Détermination de critère de jugement de l'efficacité biologique des stations ATSB sur une souche d'*Anopheles gambiae s.l.*

4.4.2.1. Exposition des moustiques

Préparation des moustiques

Les moustiques ont été sélectionnés par sexe à l'aide d'un aspirateur à bouche et placés dans des petits pots en carton munis d'une fermeture en tulle moustiquaire en raison de 25 mâles et 25 femelles par pot. Les moustiques âgés de 3 à 5 jours ont été mis à jeun pendant 12 heures avant le début de l'expérience, dans des cages sans source de nourriture sucrée. Un morceau de coton

imbibé d'eau a été placé sur le tulle moustiquaire du pot pour faciliter le jeûne. Après 12 heures de privation de nourriture, les moustiques décédés ont été remplacés par ceux provenant d'un pot de réserve gardé dans les mêmes conditions.

Exposition

Des expériences ont été conduites en utilisant des cages d'exposition de modèle *BugDorm*, ayant une forme cubique (30 x 30 x 30 cm). Avant chaque expérience, les cages ont été soigneusement nettoyées pour prévenir toute contamination. Les paramètres expérimentaux tels que l'éclairage, l'humidité et la température ont été maintenus selon les spécifications de l'insectarium (LD = 12/12 ; HR = $75 \pm 5\%$; Température = $27 \pm 2^\circ\text{C}$). Les stations ATSB ont été disposées verticalement le long d'une paroi de la cage et fixées au cadre de la cage à l'aide de ruban adhésif. L'expérimentateur veillait lors de la fixation avec le ruban adhésif à laisser intact la membrane noire contenant la solution ATSB. Des groupes de 50 moustiques affamés (25 mâles et 25 femelles) privés de nourriture pendant les 12 heures ont été relâchés dans les cages d'expérimentation. Deux types de contrôles ont été effectués : l'un consistait au remplacement de la station ATSB par un coton imprégné d'eau, tandis que l'autre consistait en du coton imprégné d'une solution sucrée à 10%. La mortalité par sexe des moustiques exposés aux stations ATSB, ainsi que ceux des deux types de contrôles, a été enregistrée 24 heures et 48 heures après la fin des tests.

Ceux qui ont survécu ont été dénombrés ensuite après avoir été tués en les plaçant à -20°C pendant 15 min.



Figure 6. Cage (*BugDorm*) contenant une station d'ATSB

4.5. Collecte et analyse des données

Les données ont été collectées sur des tablettes Samsung Galaxy A6 à l'aide du Logiciel Windev mobil et exportées en fichier Microsoft Excel 365 version 64 bits.

L'analyse des données a été réalisée à l'aide du Logiciel R Studio 4.4.1.

4.6. Considérations éthiques

Cette étude a eu l'autorisation du Comité d'éthique de la FMOS/FAPH (N° 2021/124/CE/USTTB) avant son démarrage.

Toutes les notabilités, les propriétaires des maisons prospectées et les personnes enquêtées durant cette étude ont été éclairés sur les buts et objectifs de notre étude avant d'avoir leurs consentements éclairés.

Toutes les bonnes pratiques de collectes de données, de traitements et d'archivages permettant la confidentialité des personnes enquêtées et des prospectées ont été respectées.

RESULTATS

5. RESULTATS

5.1. Intégrité physique des stations pendant deux phases de déploiement

5.1.1. Etat des station ATSB en fonction des zones d'intervention

Tableau I. Etat des station ATSB en fonction des zones d'intervention

Zones d'étude	Etat de BAIT		Total
	Endommagé	Intact	
Dangassa	362 (2%)	18861 (98%)	19223 (100%)
Kangaba	668 (5%)	14049 (95%)	14717 (100%)
Ouelessebougou	256 (2%)	15014 (98%)	15270 (100%)
Siby	382 (5%)	7818 (95%)	8200 (100%)
Total	1668 (3%)	55742 (97%)	57410 (100%)

La fréquence d'appâts endommagés était $\leq 5\%$ dans toute nos zones d'étude.

5.1.2. Etat des ATSB en fonction des déploiements selon les zones d'étude

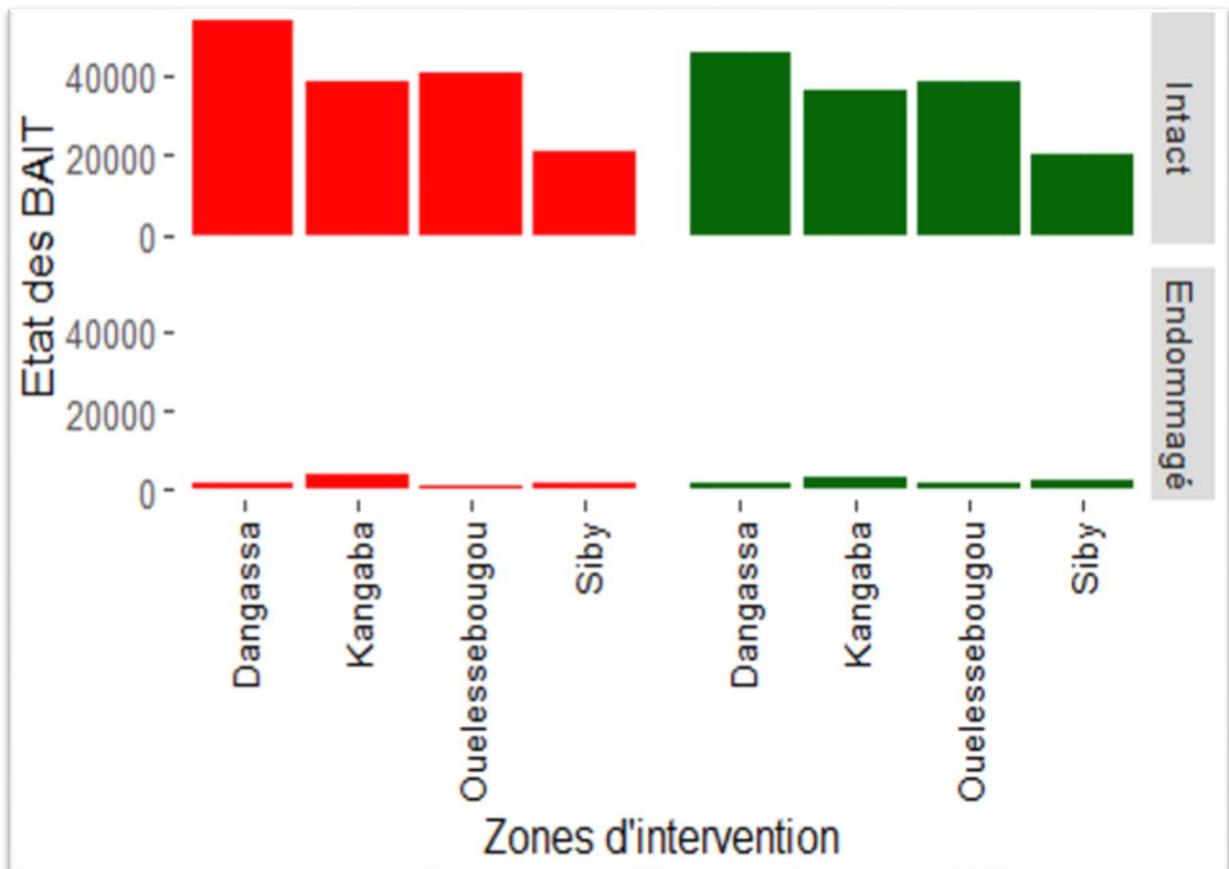


Figure 7. Etat des ATSB en fonction des déploiements selon les zones d'étude

La proportion de stations ATSB endommagée après les deux déploiements était très faible et égale entre elles.

5.1.3. Etat des ATSB en fonction des mois

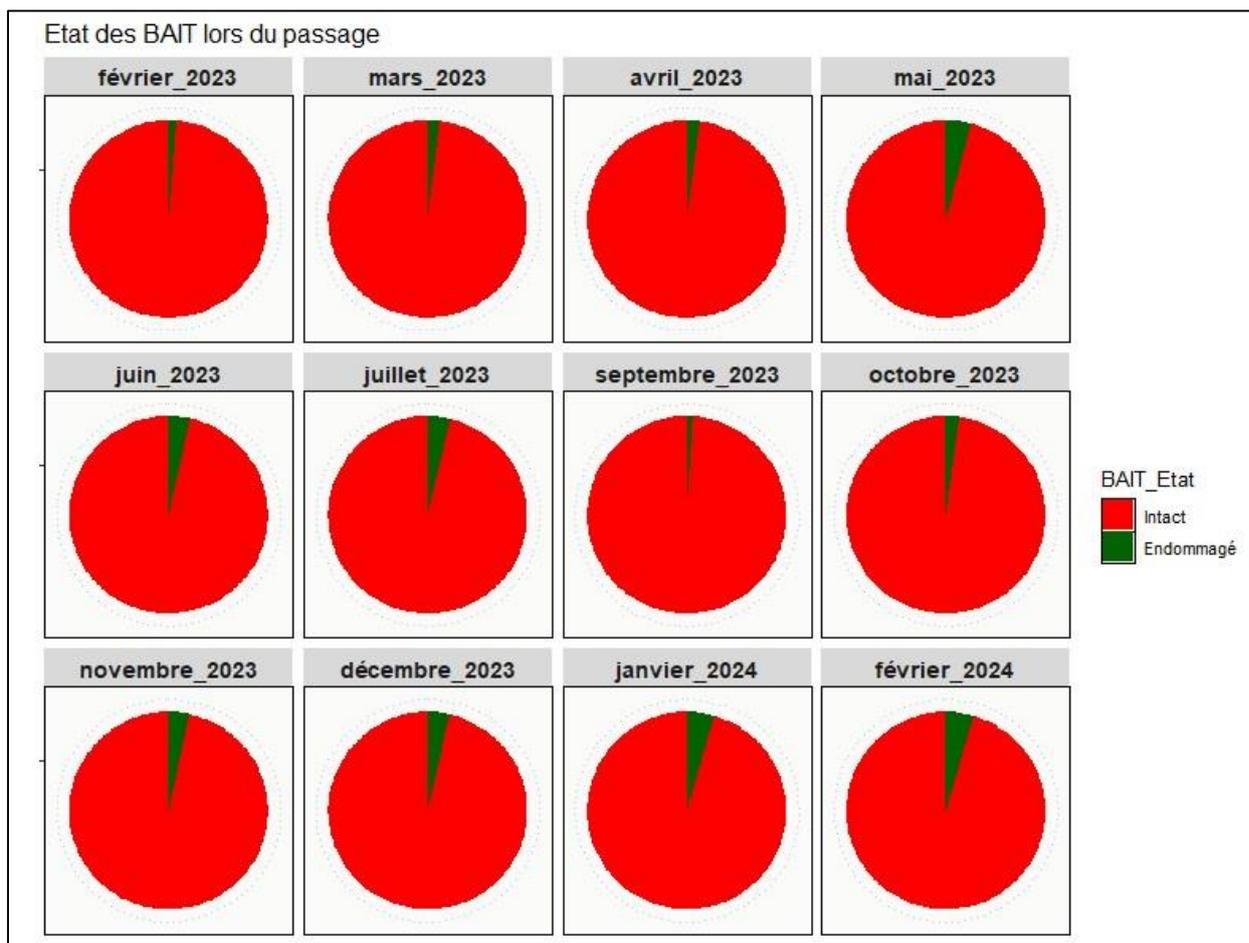


Figure 8. Etat des ATSB en fonction des mois

La proportion de stations ATSB endommagées augmentait légèrement entre février 2023 et juillet 2023 après le second déploiement. Cette tendance a été observée également après le troisième déploiement entre septembre 2023 et février 2024.

5.1.4. Etat des stations ATSB en fonction des fuites

Tableau II. Etat des station ATSB en fonction des fuites

Fuite	Etat de BAIT		Total
	Endommagé	Intact	
Oui	667 (40%)	14184 (25%)	14851 (26%)
Non	1001 (60%)	41558 (75%)	42559 (74%)
Total	1668 (100%)	55742 (100%)	57410 (100%)

Soixante pourcent (60%) des stations ATSB endommagées ne présentaient pas de fuite tandis que fuite a été observée que chez 25% des stations intactes.

5.1.5. Fuite au niveau des ATSB selon les zones d'étude et en fonction des déploiements

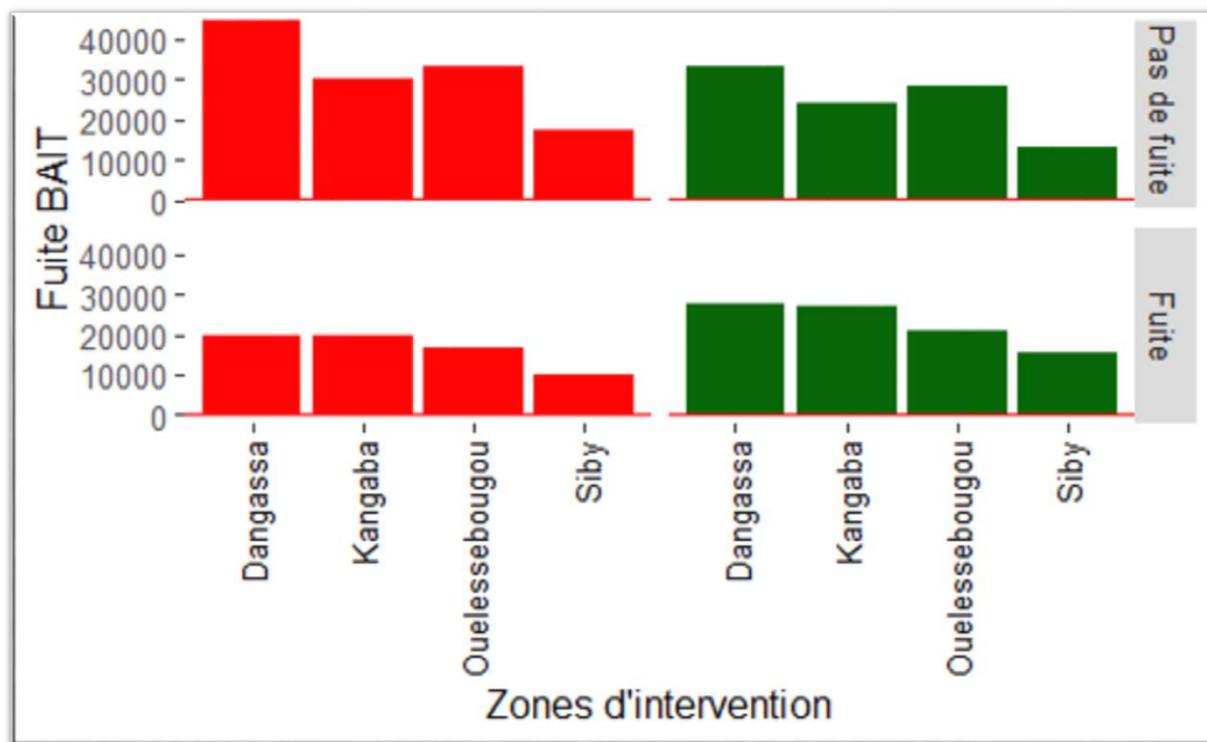


Figure 9. Fuite au niveau des ATSB selon les zones d'étude et en fonction des déploiements

Nous observons qu'au cours de la seconde phase de déploiement la fréquence des stations ATSB présentant des fuites est moins importante que celle des stations ATSB ne présentant pas de fuites. Cependant, au cours de la troisième phase de déploiement, les fréquences des stations ATSB présentant des fuites et celles n'ayant pas de fuite étaient presque similaires

5.1.6. Fuite au niveau des ATSB en fonction des mois

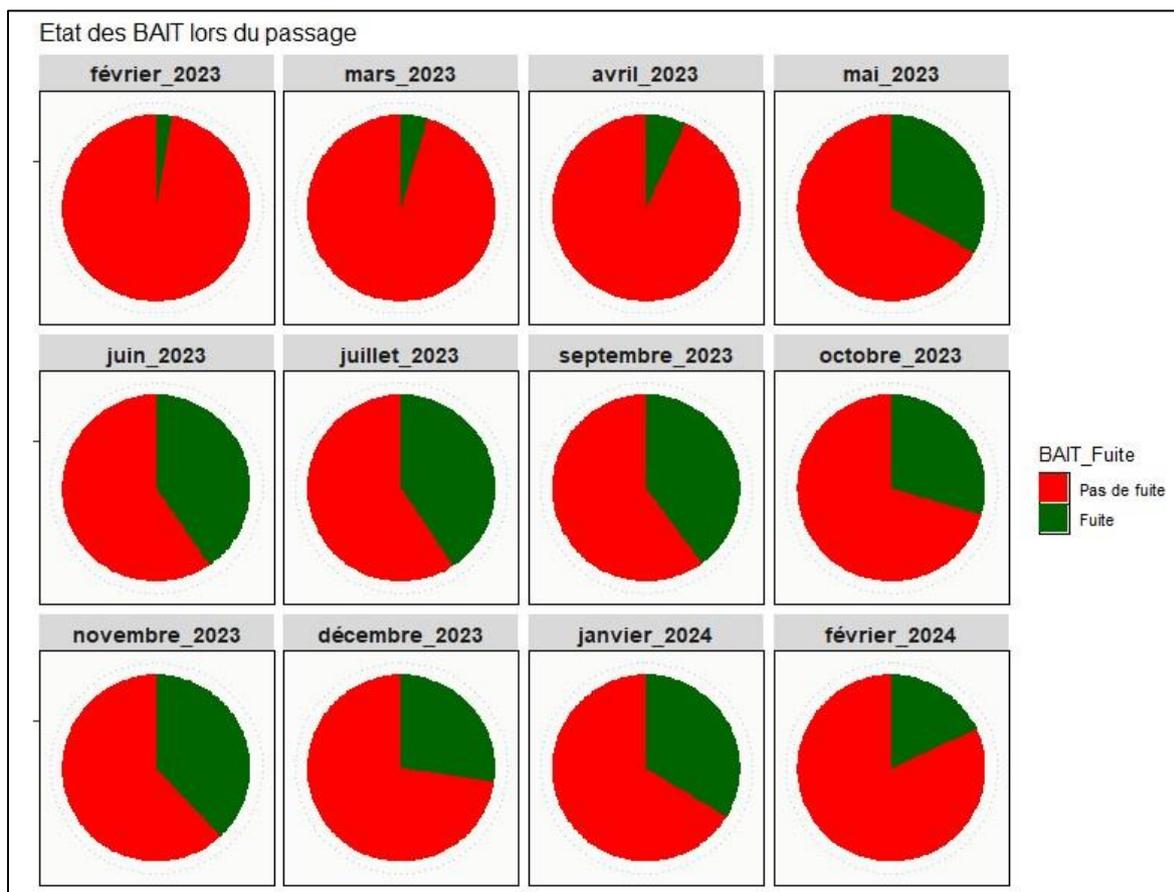


Figure 10. Fuite au niveau des ATSB en fonction des mois

Les fuites au niveau des stations ATSB augmentaient de février 2023 à avril 2023 et s'accroissaient entre mai 2023 et juillet 2023 après le premier déploiement. Cette accentuation est aussi observée après le deuxième déploiement entre septembre 2023 et janvier 2024 suivi d'une réduction en février 2024.

5.2. Perception des communautés par rapport aux stations

5.2.1. Répartition globale de la perception de la communauté sur les stations ATSB

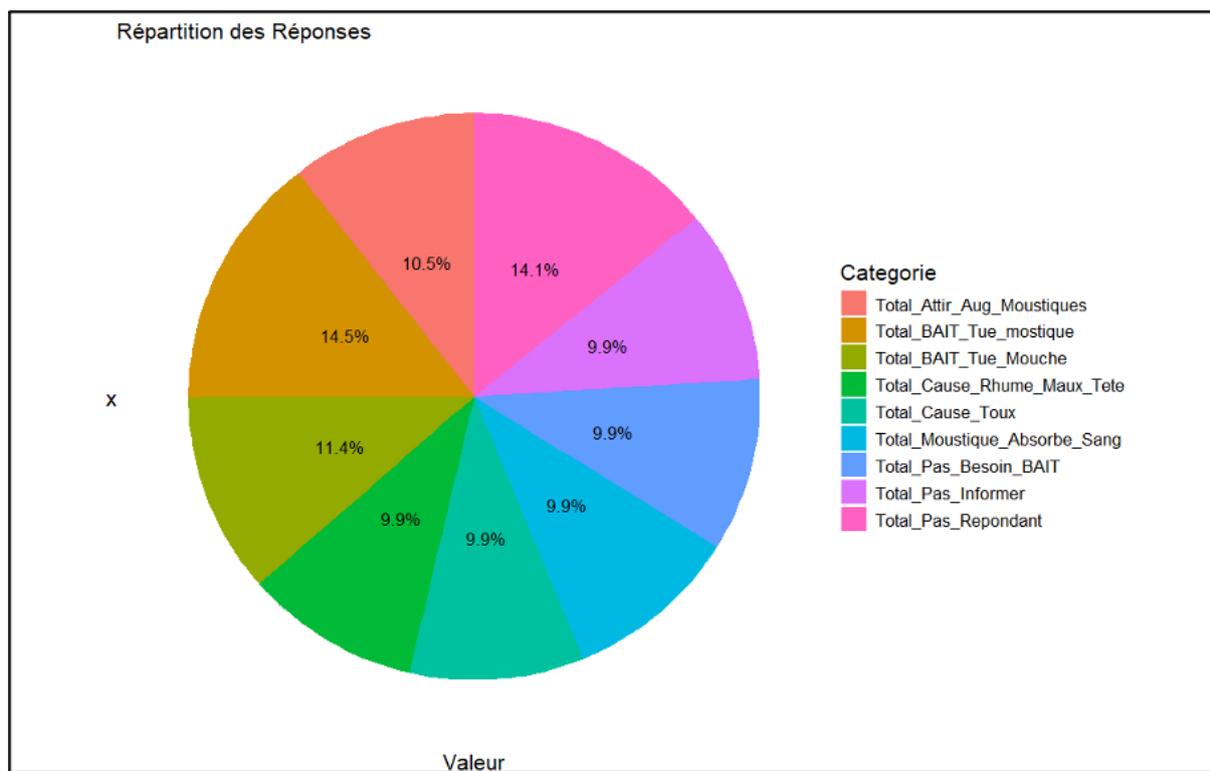


Figure 11. Répartition globale de la perception de la communauté sur les stations ATSB

La réponse « tue les moustiques » était la perception communautaire la plus fréquente (14,5%).

5.2.2. Perception de la communauté sur les stations ATSB en fonction des déploiement selon les zones d'étude

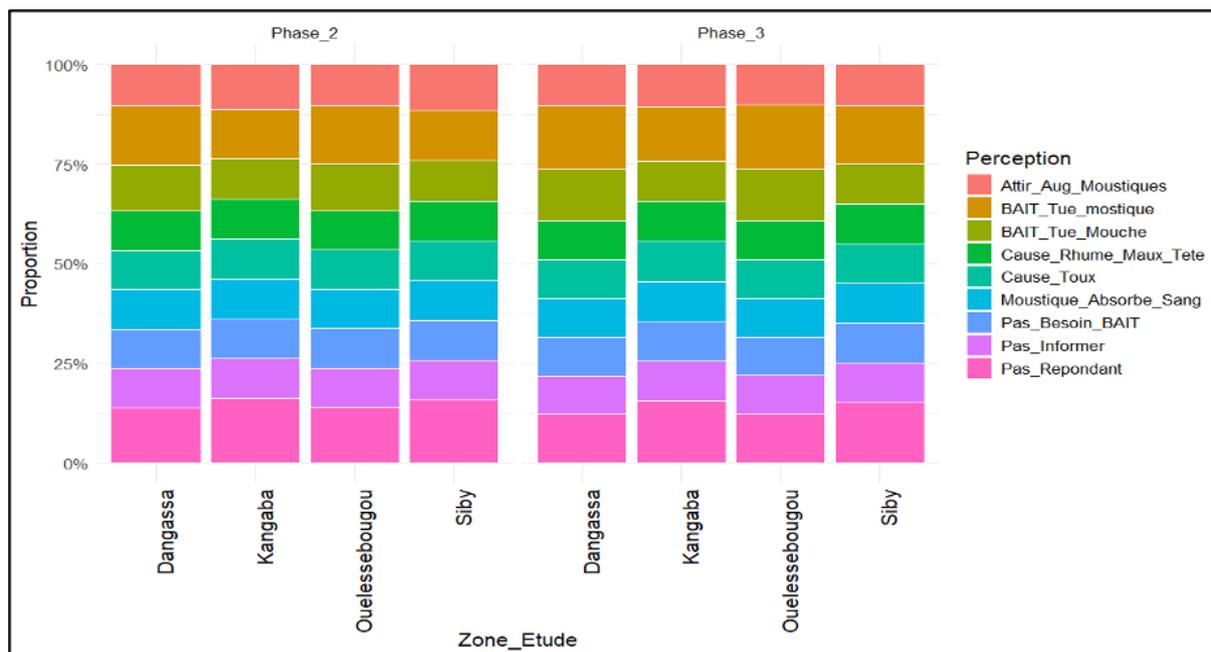


Figure 12. Perception de la communauté sur les stations ATSB en fonction des déploiements selon les zones d'étude

La perception « tue les moustiques » était la plus représentée, suivie de celle « attire et tue les moustiques ».

5.3. Efficacité biologique des stations sur une souche d'*Anopheles gambiae s.l.* pendant deux phases de déploiement

5.3.1. Mortalité totale (femelles et mâles) à 24h par réplikat

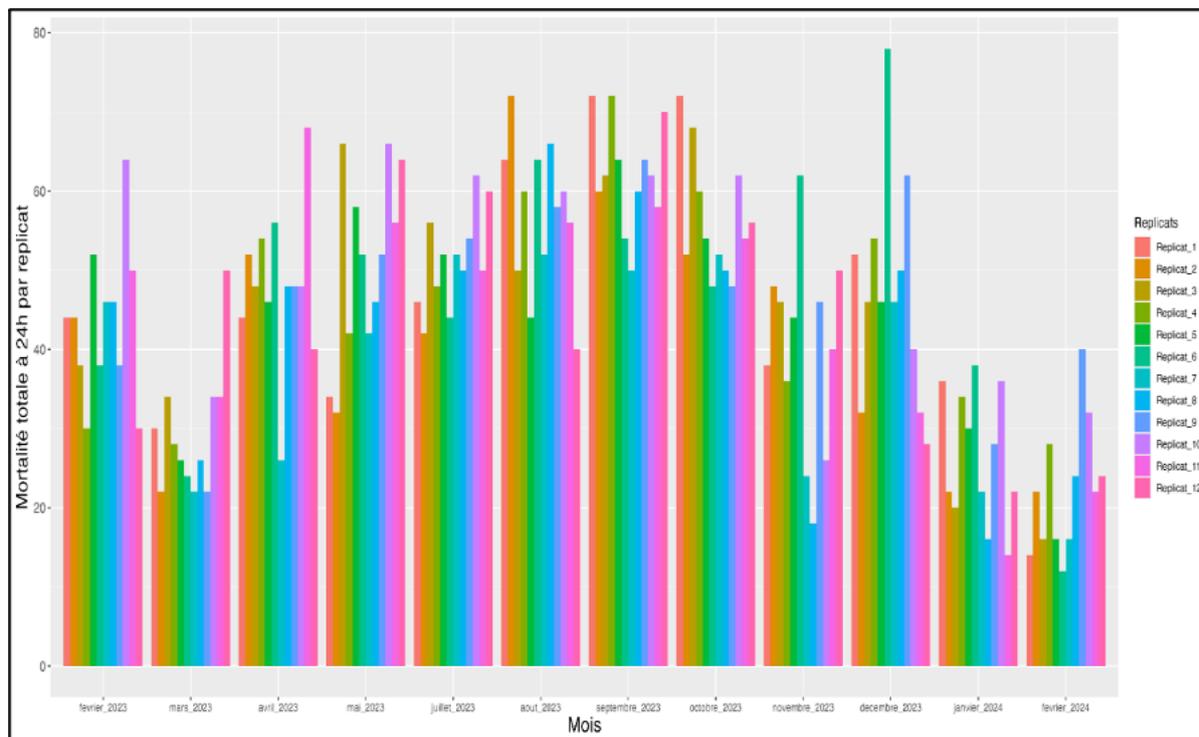


Figure 13. Mortalité des totale (femelles et mâles) à 24h par réplikat en fonction des mois

La mortalité totale à 24 heures des réplikat variait en fonction du mois entre 12 et 78% avec 77,08% des réplikat dépassant 30% de mortalité, 36,80 dépassants 50% de mortalité et seulement 3,47% dépassant 75% de mortalité.

5.3.2. Mortalité des femelles à 24h par réplikat

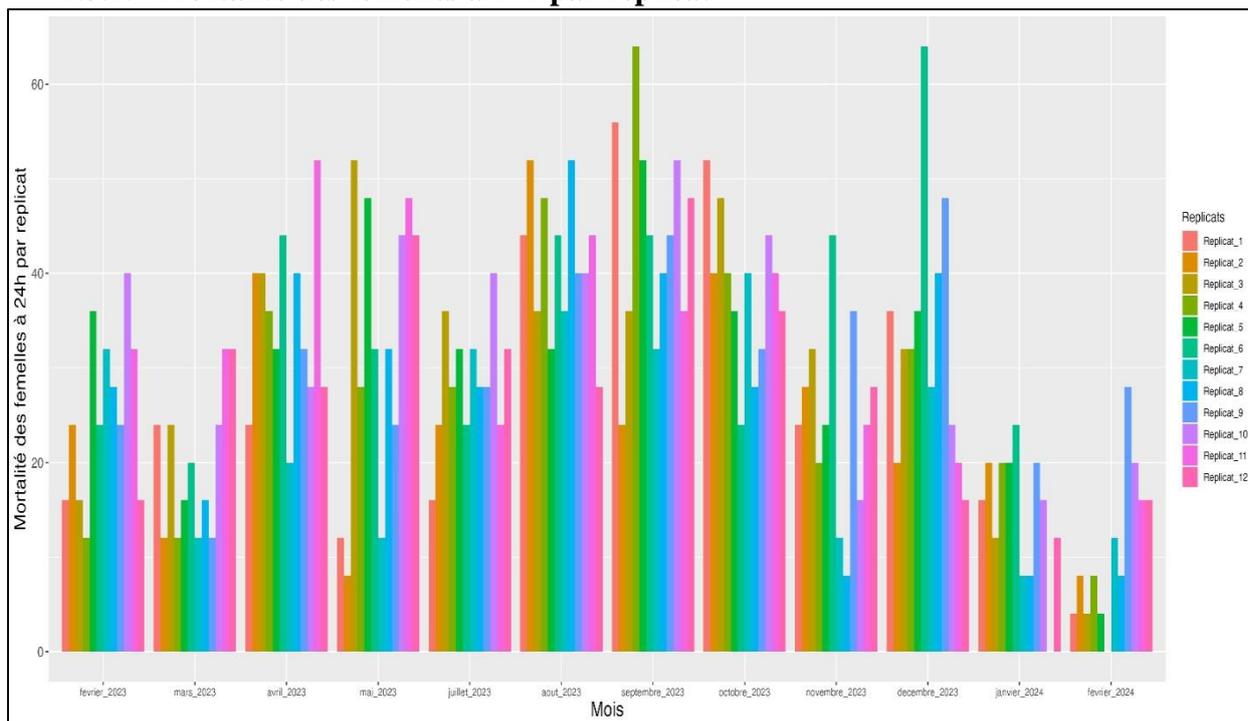


Figure 14. Mortalité des femelles à 24h par réplikat en fonction des mois.

La mortalité des femelles à 24h est globalement moins élevée et présentait une variation importante (entre 0 et 65%) avec seulement 47,22% des réplikat dépassant 30% de mortalité.

5.3.3. Mortalité des mâles à 24h par réplicat

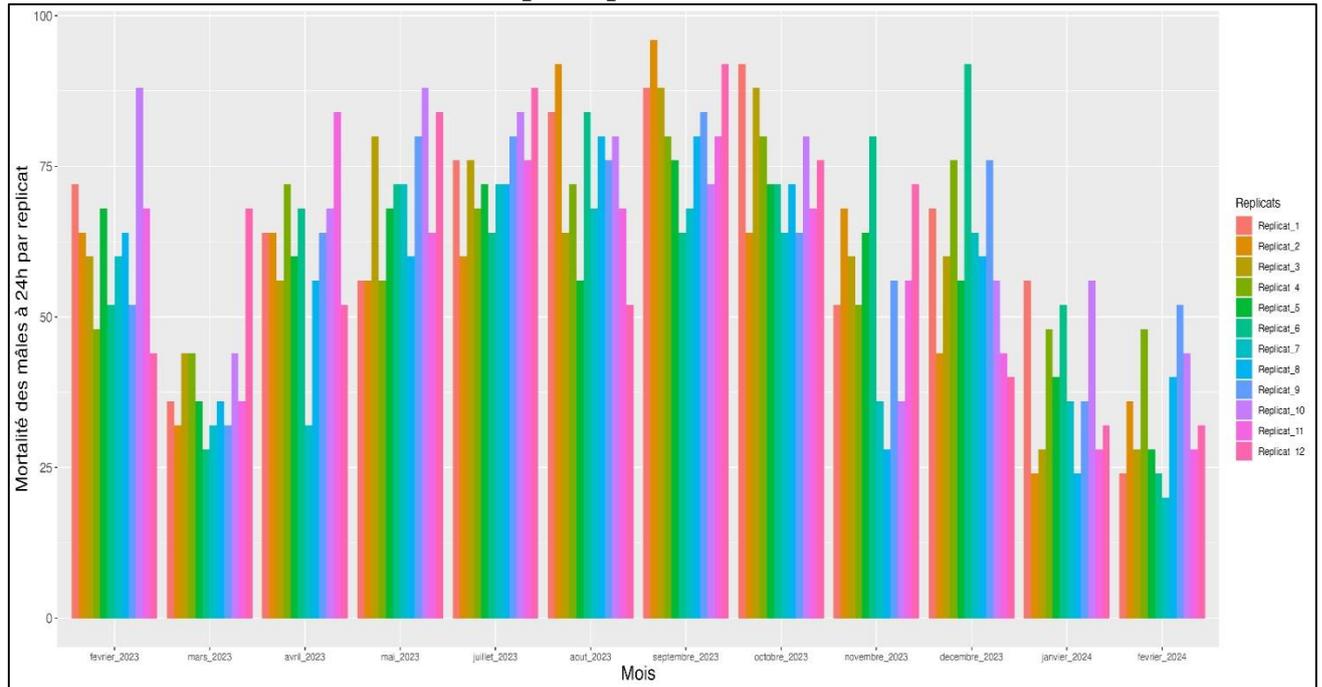


Figure 15. Mortalité des mâles à 24h par réplicat en fonction des mois.

La mortalité des mâles à 24h des réplicats présentait une variation (entre 22 et 95%) avec 91,67% des réplicats ayant une mortalité supérieure à 30%, 72,22% ayant une mortalité supérieure à 50% et seulement 25% ayant une mortalité supérieure à 75%.

5.3.4. Mortalité totale (femelles et mâles) par répliquat à 48h

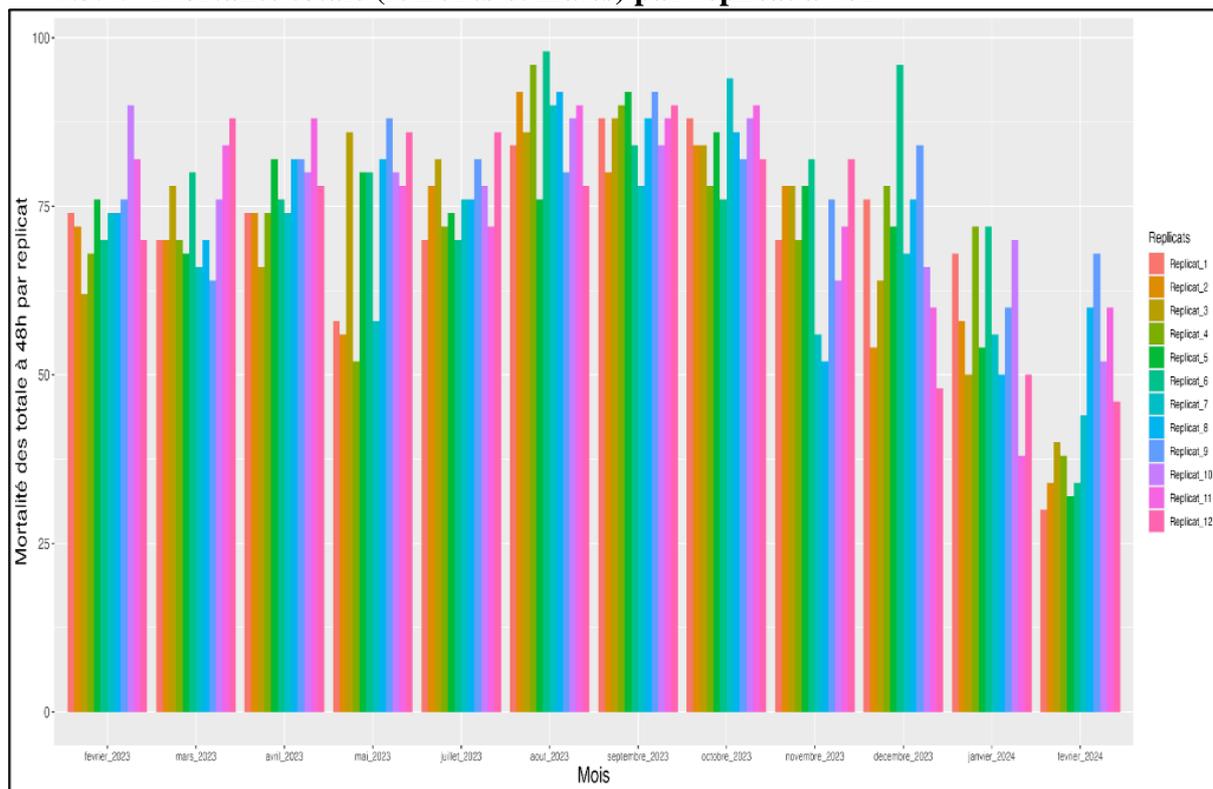


Figure 16. Mortalité des totale (femelles et mâles) à 48h par répliquat en fonction des mois

A 48h, la mortalité de l'ensemble de nos moustiques variait entre 29 et 97% avec 99,30% des répliquats ayant une mortalité supérieure à 30%, 91,66 ayant une mortalité supérieure à 50% et 54,16% ayant une mortalité supérieure à 75%.

5.3.5. Mortalité des femelles par réplikat à 48h

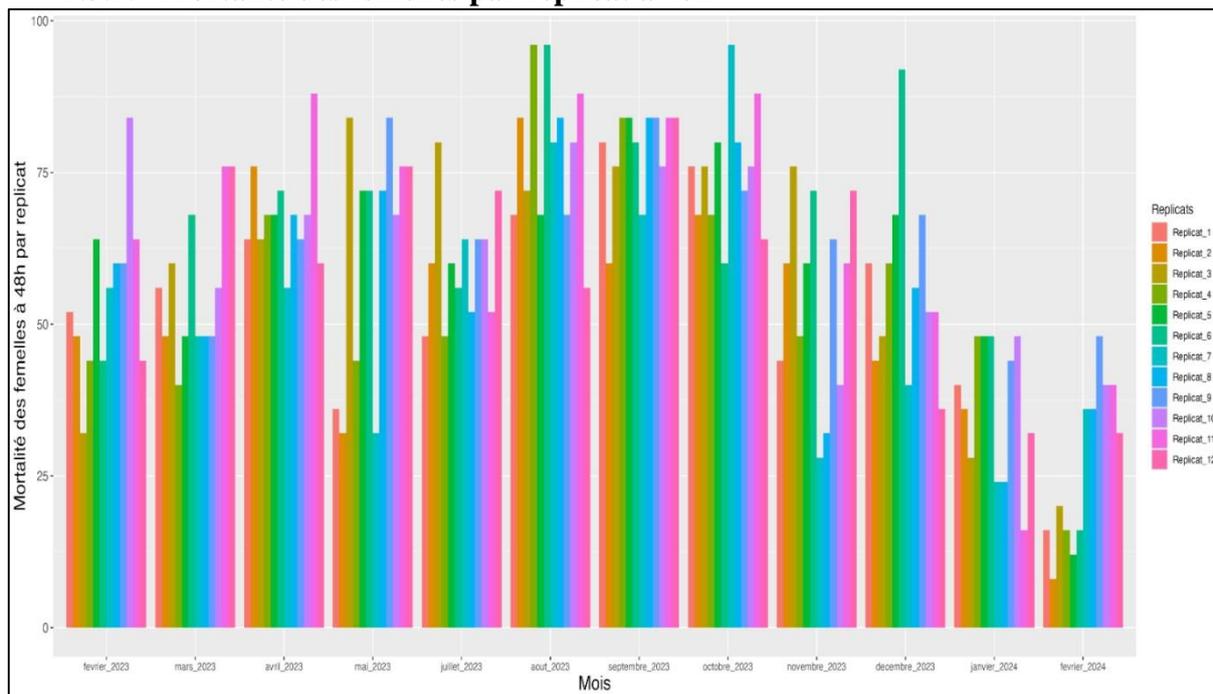


Figure 17. Mortalité des femelles par réplikat à 48h en fonction des mois

La mortalité des femelles à 48h variait entre 6,25 et 95% avec 92,36% des réplikat dépassant 30% de mortalité, 65,28% dépassant 50% et 25% ayant une mortalité supérieure à 75%.

5.3.6. Mortalité des mâles à 48h par réplicat

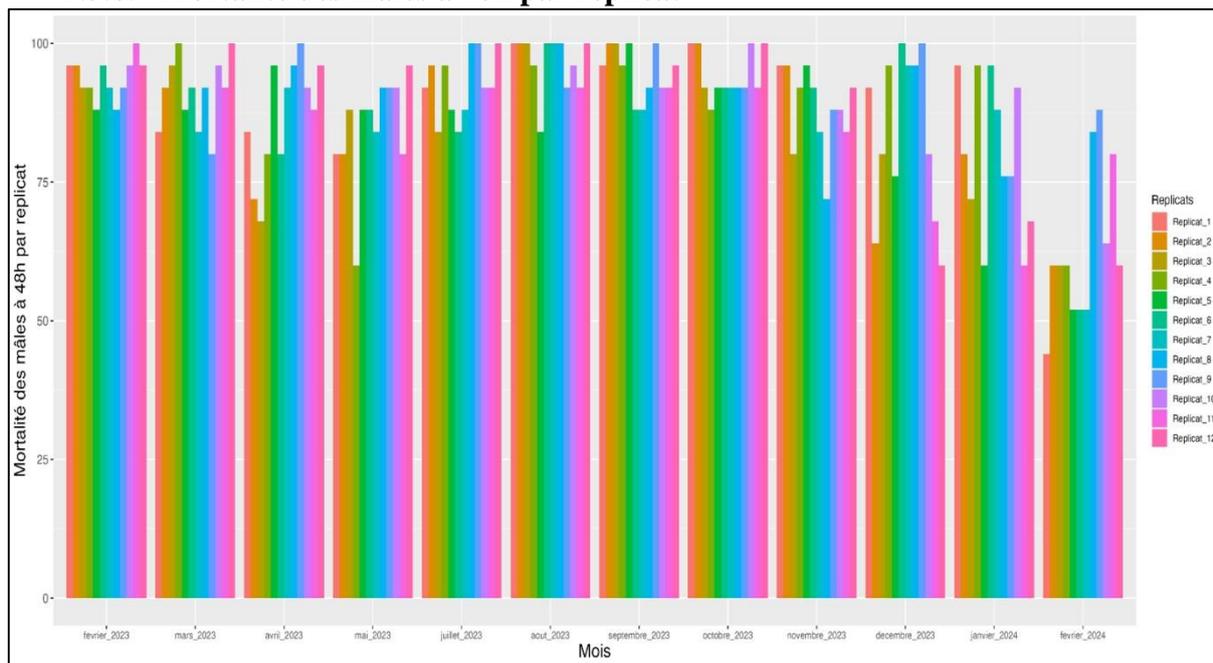


Figure 18. Mortalité des mâles à 48h par réplicat en fonction du mois

La mortalité des mâles à 48h était globalement plus élevée et variait entre 38 et 100% avec tous les réplicats (100%) dépassant 30% de mortalité, 99,30% dépassant 50% de mortalité et 86,80% dépassant les 75% de mortalité.

5.3.7. Mortalité moyenne totale (femelles et mâles) à 24h

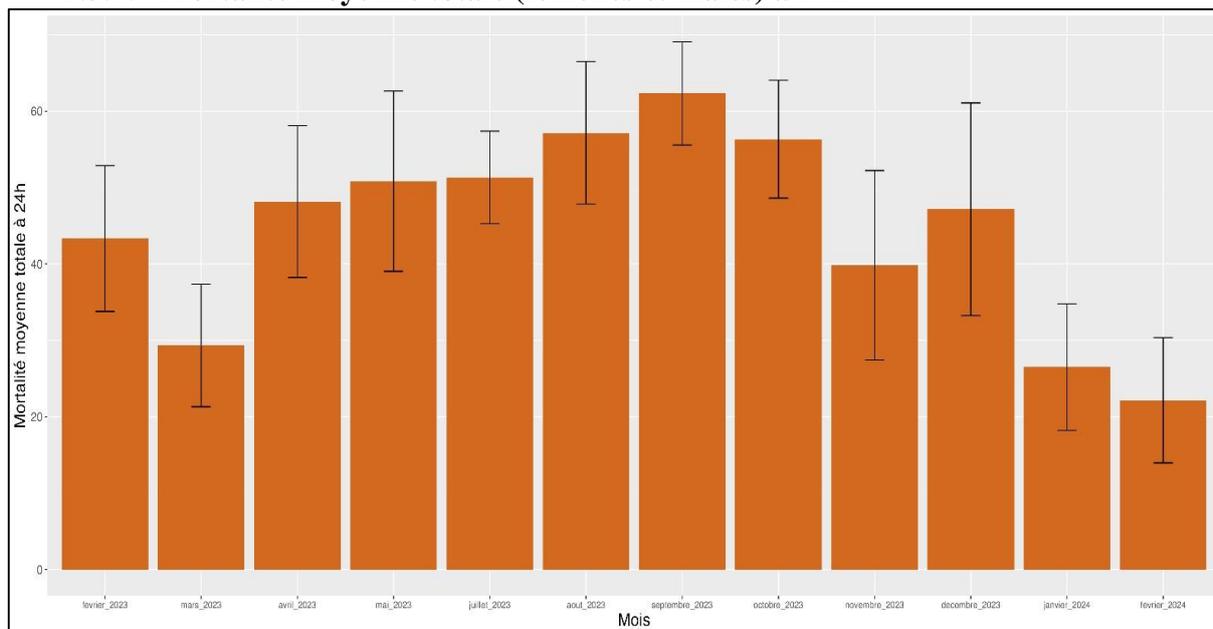


Figure 19. Taux de mortalité moyen (femelles et mâles) à 24h en fonction des mois

La mortalité moyenne totale à 24h variait au cours des mois avec $22\% \pm 7\%$ (la mortalité moyenne la plus faible) et $61,75\% \pm 6$ (la mortalité moyenne la plus élevée).

Les plus fortes mortalités moyennes ont été obtenues entre mai et octobre 2023, et elles étaient statistiquement supérieures à celles de mars 2023, Janvier 2024 et février 2024.

5.3.8. Mortalité moyenne des femelles à 24h

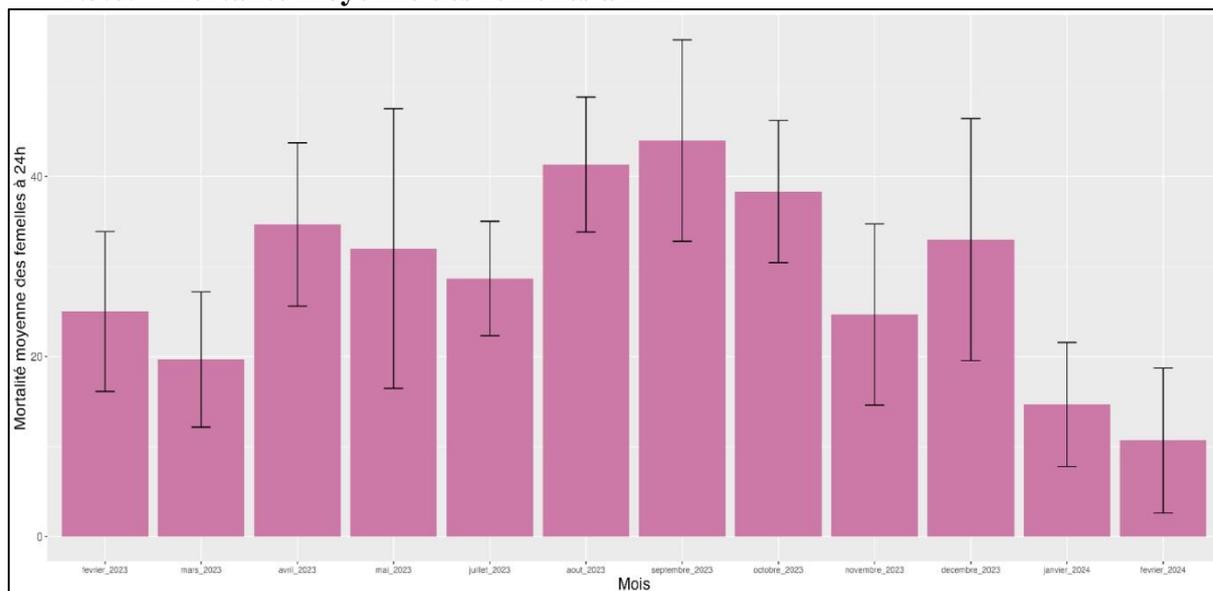


Figure 20. Taux de mortalité moyen des femelles à 24h en fonction des mois

La mortalité moyenne des femelles à 24 heures variait entre $11 \pm 8,5\%$ (mortalité moyenne la plus faible) obtenue en février 2024 et $43 \pm 11\%$ (plus forte mortalité moyenne) obtenue en septembre 2023. Il y avait une différence statistiquement significative entre les mortalités moyennes des mois d'août, septembre et octobre 2023 et celles des mois de janvier et février 2024.

5.3.9. Mortalité moyenne des mâles à 24h

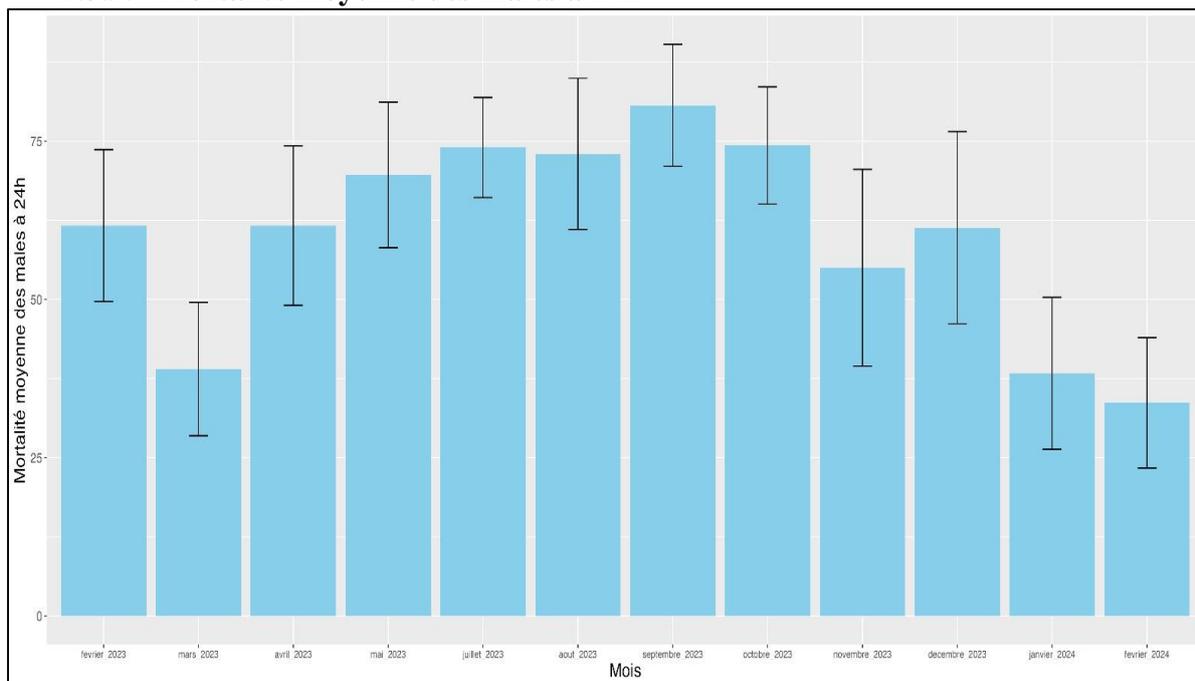


Figure 21. Taux de mortalité moyen des mâles à 24h en fonction des mois

La mortalité moyenne des mâles à 24h variait au cours des mois avec la plus forte ($80 \pm 9,25\%$) obtenue au mois septembre 2023 et la faible ($34 \pm 10,75\%$) au mois de février 2024. Il y avait une différence statistiquement significative entre les mortalités moyennes des mois de mai à octobre 2023 et celles des mois de mars 2023, janvier et février 2024.

5.3.10. Mortalité moyenne totale (femelles et mâles) à 48h

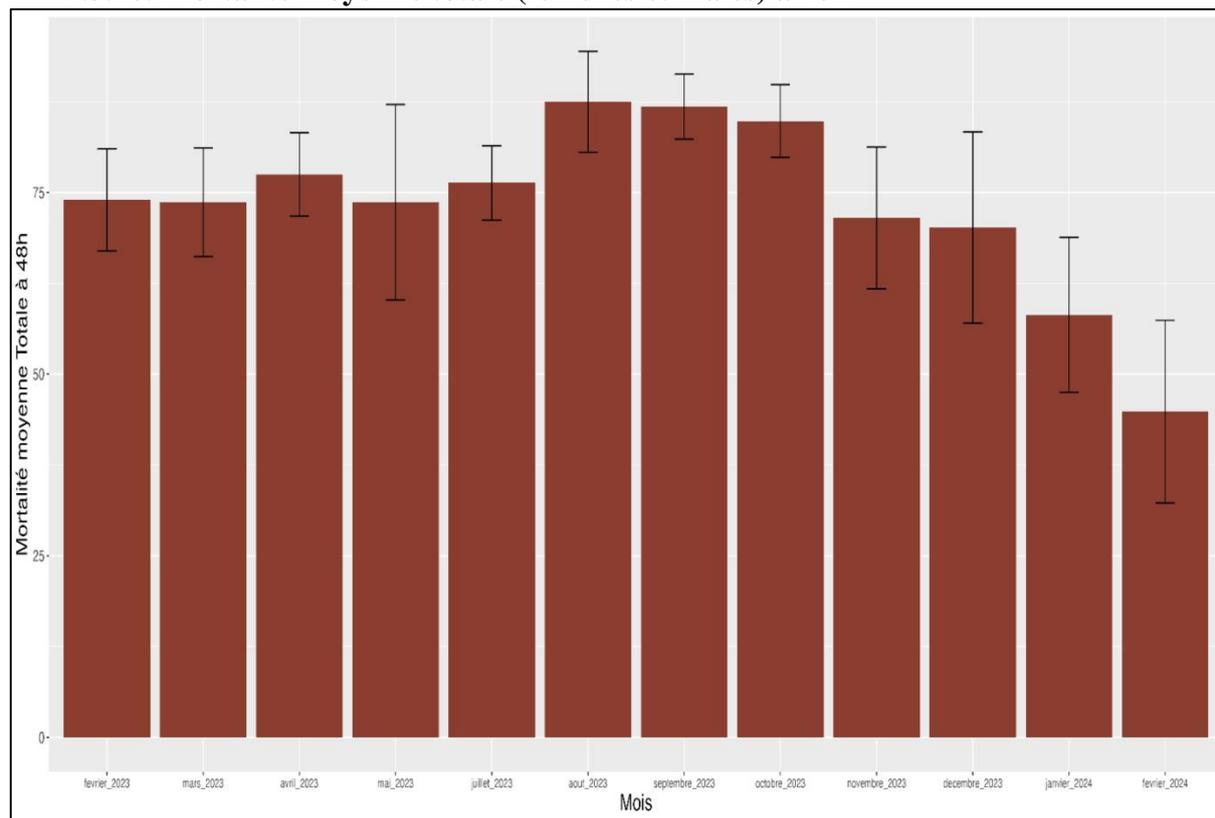


Figure 22. Taux de mortalité moyen (femelles et mâles) à 48h en fonction des mois.

La mortalité moyenne totale à 48h était supérieure à 50% durant tous les mois sauf en février 2024. Il y avait une différence statistiquement significative entre les mortalités moyennes des mois de juillet à octobre 2023 et celles des mois de janvier et février 2024.

5.3.11. Mortalité moyenne des femelles à 48h

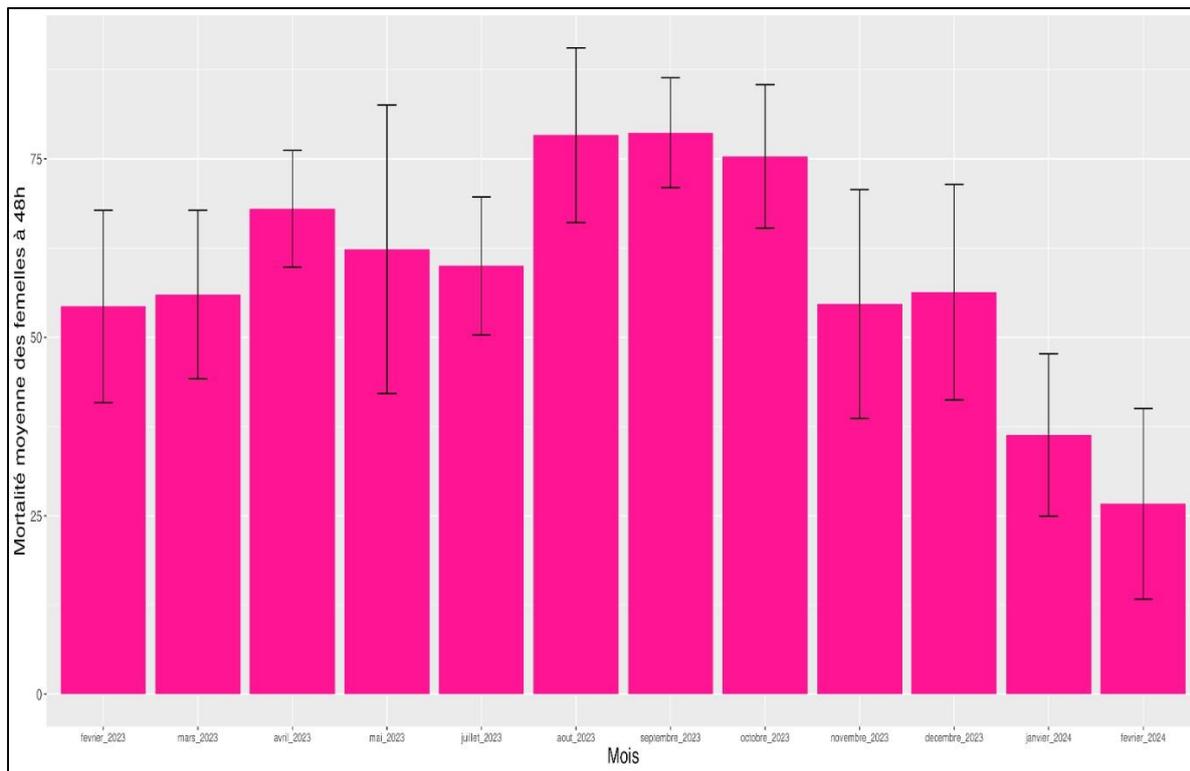


Figure 23. Taux de mortalité moyen des femelles à 48h en fonction des mois

La mortalité moyenne des femelles à 48h était supérieure à 50% durant tous nos mois d'étude sauf en janvier et février 2024. Il y avait une différence statistiquement significative entre les mortalités moyennes des mois de juillet à octobre 2023 et celles des mois de janvier et février 2024.

5.3.12. Mortalité moyenne des mâles à 48h

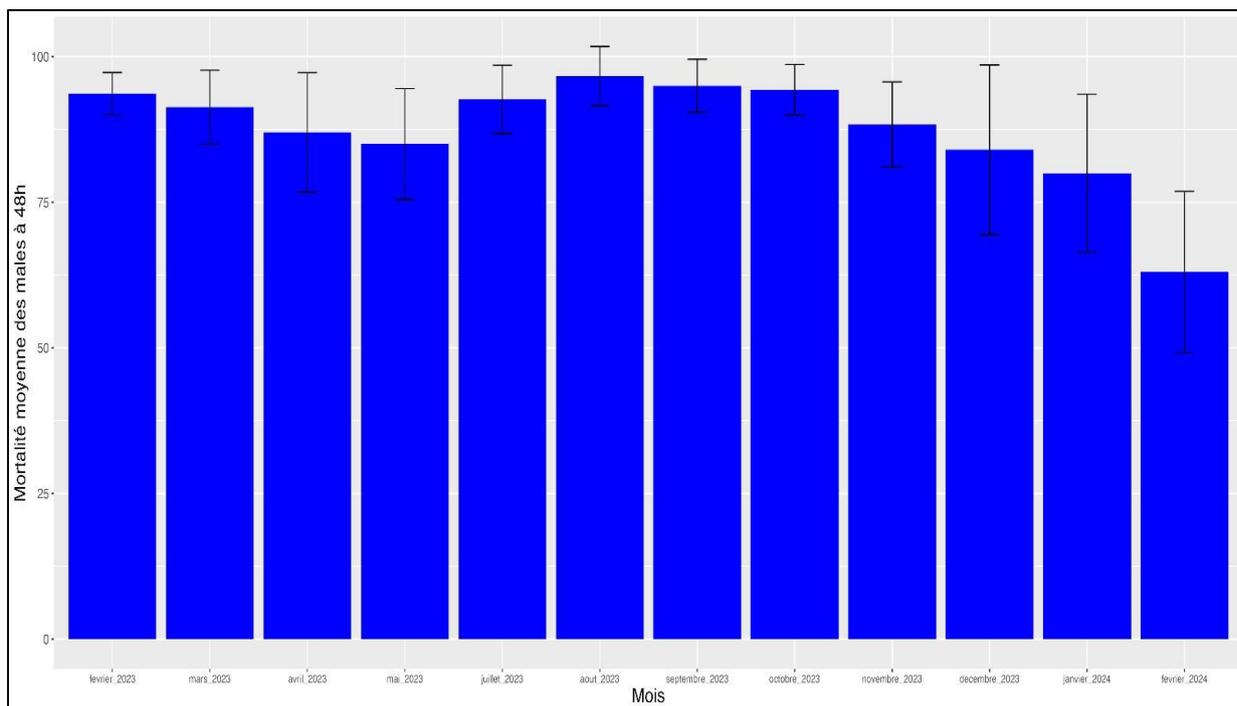


Figure 24. Taux de mortalité moyen des mâles à 48h en fonction des mois

La mortalité moyenne des mâles à 48h était supérieure à 75% durant tous les mois sauf en février 2024. Il n'y avait pas de différence statistiquement significative des mortalités moyennes au cours des mois de février 2023 à janvier 2024. Cependant la mortalité moyenne du mois de février 2024 était statistiquement plus faible que celles des mois de janvier et février 2023 et celles de juillet à octobre 2023.

COMMENTAIRES ET DISCUSSION

6. COMMENTAIRES ET DISCUSSION

La présente étude basée sur l'évaluation de l'intégrité physique, de l'efficacité et de la perception des communautés par rapport aux stations ATSB fait partie d'un essai clinique de phase 3 évaluant d'autres questions de recherche. Ce nouvel outil de lutte anti vectorielle qu'est l'ATSB, rentre dans le cadre du renforcement des outils de lutte anti vectorielle (MILDA et PID) déjà existante prônée par l'OMS avec pour objectif la réduction des vecteurs responsables de la transmission du paludisme.

6.1. Intégrité physique des stations ATSB

6.1.1. Dommage et fuite des stations ATSB

La réussite d'un outil de lutte antivectorielle quel que soit son efficacité dans la réduction des insectes vecteurs de maladies humaines passe grandement par sa longévité et sa pérennité lorsque la transmission est saisonnière. Il s'avérait donc important d'évaluer l'intégrité physique des stations ATSB distribués dans nos différents villages et devant rester pendant une période de six (06) mois (qui est Proxi de la saison de transmission) avant un remplacement éventuel.

Ainsi, Au cours de notre étude menée de février 2023 en février 2024 sur les stations ATSB, nous avons déployées 57 410 stations ATSB en conditions semi-naturelles, dans les différentes zones de suivies (Dangassa, Ouelessebougou, Kaganba et Siby) dont 28 705 concessions ont été examinées chaque mois pendant 12 mois.

Nous avons trouvé un taux d'appâts endommagés inférieur à 6% dans toutes les zones d'étude. De même, Diarra et collaborateur (6) rapportaient 2,4% de dommage sur les stations ABS (sans toxine) dans huit villages de leurs zones d'étude lors des essais d'optimisations du nombre de stations à fixer par ménage.

Cependant, notre taux de stations ATSB endommagées après les deux déploiements était très faibles comparativement à celui d'une d'étude similaires réalisée en Zambie où durant la 2^{ème} année de déploiement un taux de 40, 3% de dommage a été rapporté (38).

Cette différence entre nos taux de dommage et le leur pourrait s'expliquer d'une part par la hauteur de fixation au sol qui était de 1,8 m dans notre étude (6) et seulement de 1 m chez eux (39) rendant ainsi nos station ATSB moins accessibles aux actions humaines et animales ; et d'autre part par la différence climatique entre le Mali, pays sahéliens chaud et sec et la Zambie ayant un climat tropical tempéré qui pourrait jouer un rôle surtout dans l'avènement de l'humidité observée sur les stations déployées en Zambie.

Un quart de nos stations ATSB (25%) présentait une fuite dans toutes nos zones d'étude. Ce pourcentage était la moitié de ceux rapporté par Kyomuhangi et collaborateurs (38) en Zambie. Cette fuite importante dans les deux études interpelle sur la qualité des membranes des stations ATSB qu'il faudrait envisager de modifier afin de réduire la perte en substance lors des futures mises au point.

6.1.2. Evolution des dommages et fuites des stations ATSB au cours du temps

Nous avons trouvé une augmentation des fuites au niveau de station ATSB entre février et juillet 2023. Ces augmentations des fuites pourraient être due à des facteurs de stress environnementaux typiques de ces mois correspondant à une transition brusque entre les périodes sèches humides (janvier - février) et sèches chaudes (mars – juillet) entraînant des moisissures dans un premier temps suivis d'un affaiblissement structurel.

Dans notre étude, la proportion d'endommagement des stations ATSB augmentait légèrement entre février 2023 et juillet 2023 après le second déploiement. Cette tendance a été observée également après le troisième déploiement entre septembre 2023 et février 2024. Ces variabilités pourraient s'expliquer par le fait que plus une station reste en place pendant longtemps, plus elle est exposée à des facteurs de dégradation, tels que la pluie, la température comme constaté lors de l'évaluation de la condition physique des stations ATSB même en absence de critères stricts (trous, fuites, etc.) pour leur collecte (40).

De même, après le troisième déploiement (septembre - février), des températures fluctuantes et une interaction humaine accrue (par exemple, lors d'activités agricoles ou communautaires) pourraient avoir joué un rôle dans l'accélération des dommages. Une étude menée en Zambie occidentale a révélé que les taux de dommages causés aux stations ATSB atteignaient leur maximum pendant certains mois, en particulier pendant les périodes de fortes précipitations et d'exposition au vent, ce qui compromettrait leur intégrité physique. Les stations les plus exposées (non protégées par des toits ou placées sur des surfaces mal abritées) étaient sujettes à une dégradation plus rapide. En revanche, celles installées sous des toits de chaume ou dans des endroits protégés des éléments ont montré une durabilité prolongée, survivant pendant une moyenne de 7 mois contre 5 mois pour les stations exposées (38,39). Ces résultats indiquent que les stratégies de placement et de protection sont essentielles pour la longévité des stations ATSB.

6.2. Perception des communautés par rapport aux stations ATSB

Les stations ATSB sont considérés comme une approche innovante dans la lutte contre les vecteurs du paludisme. Bien qu'ils puissent combler les lacunes laissées par les MILDA et les PID, ils pourraient être comme tout nouvel outil, mal acceptés par les populations. Contrairement aux MILDA et à la PID, les stations ATSB n'offrent pas une protection directe contre les piqûres de moustiques ni un piégeage visible. Ainsi, l'absence de bénéfices perceptibles pour les utilisateurs pourrait limiter leur adoption et leur considération comme une intervention utile.

Environ un dixième des enquêtés (9,9%) ont jugé non nécessaires la présence des stations ATSB. Cette perception bien que faible, peut constituer un des principaux obstacles à l'acceptation des stations ATSB au niveau communautaire surtout lorsqu'elle était basée sur des idées fausses sur l'impact de l'intervention sur les moustiques telles que rapporté par certains enquêtés qui ont affirmé "que les stations ATSB ont été installés uniquement pour que les moustiques viennent absorber leur sang" ou "que les stations ATSB auraient des effets négatifs sur leurs santé et pourraient provoquer le rhume, les maux tête, la toux, etc...". Des perceptions semblables identifiées comme des obstacles à l'adoption d'autres interventions contre le paludisme, ont été auparavant rapporté lors des essais communautaires du répulsif NO MAS (NM) (41). De même, les stations ATSB n'ont pas été acceptés par une proportion considérable lors d'un essai communautaire restreint qui liait l'outil à la sorcellerie (42). D'autres études sur les méthodes de lutte anti vectorielle, notamment les moustiquaires imprégnées d'insecticide à longue durée d'action (MILDA) et la pulvérisation intra-domiciliaire (PID), sont toujours confrontées à des perceptions négatives dans certaines communautés, notamment en raison de croyances culturelles, de malentendus, ou de préoccupations liées à la toxicité des produits et à l'intrusion dans les foyers, limitant leur adoption malgré leur efficacité reconnue dans la lutte contre les vecteurs du paludisme (43).

Ces résultats montrent que des défis subsistent, notamment dans les contextes où les connaissances sur les mécanismes d'action des interventions sont limitées. Ainsi, un manque de sensibilisation contribuerait à la perception de leur inutilité pour une partie de la population. Pour alors améliorer l'acceptation, les campagnes d'éducation et de sensibilisation peuvent jouer un rôle clé. En expliquant le mode d'action des interventions et en mettant en évidence des résultats tangibles, il est possible d'accroître l'engagement communautaire et de surmonter les perceptions négatives.

Malgré un taux non négligeable de perception négative, plus de 25% des participants à l'étude avaient des perceptions positives des stations ATSB ("tue les moustiques" : 14,5% et "tue les

mouches" : 11,4%), affirmant qu'elles contribuent à réduire la population des vecteurs du paludisme et d'autres insectes. Cette reconnaissance s'est nettement renforcée au cours de la troisième phase de l'étude. Cette évolution positive peut s'expliquer par le fait qu'au fil du temps, la communauté a observé une réduction significative de la population de vecteur du paludisme dans les concessions, accompagnée d'une baisse considérable des cas de paludisme. Ces résultats suggèrent que l'expérience directe et les bénéfices tangibles des stations ATSB jouent un rôle clé dans leur acceptation et leur perception favorable par les populations locales. Des proportions élevées d'acceptation communautaire des stations ATSB ont été observées dans des études similaires comme en Zambie où la majorité des résidents de la communauté (> 70%) ont déclaré percevoir les avantages des stations ATSB et plus de 93% des ménages ont indiqué qu'ils installeraient à nouveau des stations ATSB et les recommanderaient à leur entourage (39). Ces résultats confirment que la perception de l'efficacité des stations ATSB influence grandement leur adoption auprès des communautés.

6.3. Critère de jugement de l'efficacité biologique des stations ATSB d'*Anopheles gambiae s.l.* pendant deux phases de déploiement.

Le dinotéfurane, néonicotinoïde de remplacement de l'acide borique dans les stations ATSB pour des raisons réglementaires, agit comme un agoniste des récepteurs nicotiques de l'acétylcholine, affectant le système nerveux des moustiques du genre *Anopheles gambiae s.l.* (44–47) Très toxique et efficace même à faible dose pour ces cibles, il reste faiblement toxique pour les organismes non ciblés (3).

Dans notre étude l'efficacité biologique des stations ATSB a été évaluée en tenant compte des réplicats et du taux de mortalité moyenne qu'elles provoquaient.

Ces études de laboratoire ont permis d'évaluer la mortalité des moustiques du village de Gouna à 24h et 48h après une exposition sur 12 stations ATSB tirées au hasard mensuellement sur les stations installées dans nos zones d'étude.

6.3.1. Mortalité des ATSB par réplicat

Nous avons observé une variation et une évolution de la mortalité entre les différents réplicats dans l'ensemble et en fonction du sexe.

Globalement, 77,08% des stations ATSB ont montré tous une efficacité à tuer environ un tiers (1/3) des moustiques soumis au test à 24h contre 99,30% à 48h.

La proportion des réplicats à tuer la moitié (50%) des moustiques est passé de 36,80% à 24h à 91,66% à 48h ; tandis que la proportion capable de tuer $\frac{3}{4}$ (75%) des moustiques est passé de 3,47 % à 24h à 54,16% à 48h.

Ces résultats suggèrent une mortalité différée de l'efficacité biologique des stations ATSB à tuer les moustiques ; mortalité qui augmenterait avec le temps.

En considérant le sexe, nos résultats ont montré une tendance similaire chez les femelles avec une augmentation de la proportion des réplicats capables de tuer 30% des moustiques (passant de 47,22% à 24h, à 92,36 à 48h). Ces proportions étaient beaucoup plus élevées chez mâles aussi bien à 24h qu'à 48h avec 91,67 % de réplicats capables de tuer 30% des moustiques à 24h contre 100% à 48h ; 72,22% à 24h contre 99,30% à 48h pour tuer la moitié des moustiques testés et 25% à 24h contre 86,80% à 48h pour tuer $\frac{3}{4}$ des moustiques testés.

Nos résultats montrent que les stations ATSB que les stations ATSB seraient particulièrement très efficaces sur les mâles et dans une moindre mesure sur les femelles.

6.3.2. Mortalité moyenne

La mortalité globale moyenne à 24h variait considérablement au cours des mois (entre 22% et 61,75%). Cependant, cette variation était moins marquée à 48h (mortalité supérieure à 50% pendant tous les mois sauf en janvier et février 2024). Cette observation semble soutenir que l'évaluation de la mortalité à 48h serait la meilleure méthode, vu que les moustiques exposés aux ATSB ne sont soumis à aucune pression durant le test.

La mortalité moyenne variait considérablement en fonction du sexe au cours des mois avec une sensibilité plus marquée chez les mâles (mortalité > 75% durant tous les mois sauf en février 2024) que les femelles (mortalité > 50% durant tous les mois).

Lorsqu'on considère exclusivement les femelles, leur mortalité était faible à 24h (moins de 50%). Cependant, cette mortalité augmentait à 48h pour dépasser les 50% et atteindre même 80% au mois de septembre 2023 avant de chuter en janvier et février 2024. De plus, nous avons trouvé une différence statistiquement significative à 48h entre les mortalités de d'août à octobre 2023 celles de janvier à février 2024. Dans nos zones d'étude la période août à octobre correspond à la saison des pluies alors que celle de janvier et février font partie de la saison sèche froide. Nos

résultats suggèrent ainsi, une variation de la mortalité en fonction de la saisonnalité. Ce même constat a été fait par Traoré (48) qui le justifiait par un gain de poids et une souplesse de la membrane des stations ATSB en saison des pluies et donc une bonne disponibilité de solution ATSB pour les moustiques ; et une perte en plus d'un durcissement des membranes ATSB en période sèche avec moins de solution ATSB pour les moustiques. Les prochaines versions de stations ATSB doivent s'appuyer sur ce problème afin de rendre accessible la solution ATSB aux moustiques en toute période de l'année ; ce qui pourrait augmenter la mortalité des moustiques sur le terrain.

Contrairement aux femelles, une mortalité moyenne élevée a été observée chez les mâles surtout à 48h (> à 75% excepté février 2024). Ces résultats montrent que les stations ATSB sont efficaces pour provoquer une mortalité élevée des moustiques chez les mâles. Cette mortalité élevée chez les mâles pour s'expliquer par une capacité naturelle beaucoup plus prononcée par rapport aux femelles à détecter et à se nourrir sur les sources sucrées car leur alimentation est exclusivement à base de sucre (49), contrairement aux femelles qui sont en plus hématophages. D'autre part, cette mortalité élevée des mâles est très bénéfique dans la lutte antivectorielle car sans mâle, il ne peut y avoir de reproduction.

Ces résultats sont encourageants car les stations ATSB sont destinées à être utilisées comme mesure complémentaire des méthodes de lutte antivectorielle existantes telles que les moustiquaires imprégnées (MILDA) et la pulvérisation intra-domiciliaire (PID), et pourraient par la réduction de la densité anophélienne impacter significativement la transmission du paludisme,

6.4. Limites de l'étude

Malgré tous nos efforts pour mener cette étude de manière rigoureuse, certaines limites subsistent. Parmi celles-ci, nous pouvons relever les points suivants :

- Nous n'avons pas réalisé des focus groupes pour essayer de bien apprécier les réponses des enquêtés après le renseignement des questionnaires sur leurs perceptions.
- La non détermination du moment exact de l'ingestion de la solution ATSB par les moustiques retrouvés morts à 24 ou à 48h.
- Nous n'avons pas mesuré la variation du poids et ou la dureté des membranes au cours des mois.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

7. CONCLUSION

Au terme de notre étude portant sur l'évaluer de l'intégrité physique, la perception communautaire et l'efficacité biologique des stations ATSB, nous avons trouvé une bonne résistance des stations ATSB aux dommages et une fuite modérée. L'acceptation des stations par les communautés s'est améliorée au fil du temps, notamment grâce à la sensibilisation et leur constat sur la diminution des insectes. Les stations ATSB ont montré leur capacité à tuer les moustiques avec une mortalité particulièrement élevée chez les mâles et après 48h d'exposition mais cependant faible chez les femelles. De plus, la mortalité a été affectée par les variations saisonnières, avec une efficacité réduite en saison sèche (froide) probablement due aux membranes des ASTB. En définitive, nous recommandons l'optimisation des matériaux et des stratégies de déploiement afin de maximiser l'impact des stations ATSB dans la lutte contre le paludisme.

8. RECOMMANDATIONS

Au terme de notre étude et compte tenu de nos résultats, nous recommandons :

- ❖ Au PNLP et aux autorités sanitaires maliennes
 - De promouvoir et soutenir une politique de recherche dédiée aux stratégies de contrôle des maladies à transmission vectorielle ;
 - D'assister les chercheurs dans la dissémination des résultats de leurs travaux de recherche ;

- ❖ Aux chercheurs du MRTC et leurs partenaires
 - D'optimiser les matériaux telles que la membres des ATSB ;
 - D'étendre ces types études d'efficacité des stations ATSB à d'autres espèces vectrices de maladies humaines et animales ;
 - Faire la promotion des résultats (séminaires, publications).

REFERENCES ET ANNEXES

9. REFERENCES

1. World Health Organization. World malaria report report. 2023.
2. Singh B, Sung LK, Matusop A, Radhakrishnan A, Shamsul SSG, Cox-Singh J, et al. A large focus of naturally acquired Plasmodium knowlesi infections in human beings. *Lancet*. 27 mars 2004;363(9414):1017-24.
3. Qualls WA, Müller GC, Traore SF, Traore MM, Arheart KL, Doumbia S, et al. Indoor use of attractive toxic sugar bait (ATSB) to effectively control malaria vectors in Mali, West Africa. *Malar J*. 5 août 2015;14(1):2-8.
4. Zhu L, Müller GC, Marshall JM, Arheart KL, Qualls WA, Hlaing WM, et al. Is outdoor vector control needed for malaria elimination? An individual-based modelling study. *Malar J*. 1920;16:266.
5. Delmont J. Paludisme et variations climatiques saisonnières en savane soudanienne d'Afrique de l'Ouest. *Cah Etud Afr*. 1982;22(85):117-33.
6. Diarra RA, Traore MM, Junnila A, Traore SF, Doumbia S, Revay EE, et al. Testing configurations of attractive toxic sugar bait (ATSB) stations in Mali, West Africa, for improving the control of malaria parasite transmission by vector mosquitoes and minimizing their effect on non-target insects. *Malar J*. 1 déc 2021;20(1):9.
7. Traore MM, Junnila A, Traore SF, Doumbia S, Revay EE, Kravchenko VD, et al. Large-scale field trial of attractive toxic sugar baits (ATSB) for the control of malaria vector mosquitoes in Mali, West Africa. *Malar J*. 14 févr 2020;19(1):16.
8. OMS. Terminologie OMS du paludisme. 2018.
9. World Health Organization. World malaria report 2022. 2022.
10. Afrane YA, Abdulai A, Mohammed AR, Akuamoah-Boateng Y, Owusu-Asenso CM, Sraku IK, et al. First detection of *Anopheles stephensi* in Ghana using molecular surveillance. *bioRxiv*. 1 déc 2023;
11. Emiru T, Getachew D, Murphy M, Sedda L, Ejigu LA, Bulto MG, et al. Evidence for a role of *Anopheles stephensi* in the spread of drug- and diagnosis-resistant malaria in Africa. *Nat Med*. 1 déc 2023;29(12):3203-11.
12. Ochomo EO, Milanoi S, Abong'o B, Onyango B, Muchoki M, Omoke D, et al. Detection of *Anopheles stephensi* Mosquitoes by Molecular Surveillance, Kenya. *Emerg Infect Dis*. 2023;29(12):2498-508.
13. Faulde MK, Rueda LM, Khaireh BA. First record of the Asian malaria vector *Anopheles stephensi* and its possible role in the resurgence of malaria in Djibouti, Horn of Africa. *Acta Trop*. 2014;139:39-43.
14. Seyfarth M, Khaireh BA, Abdi AA, Bouh SM, Faulde MK. Five years following first detection of *Anopheles stephensi* (Diptera: Culicidae) in Djibouti, Horn of Africa:

populations established-malaria emerging. *Parasitol Res.* 14 mars 2019;118(3):725-32.

15. INSTAT. 2018 Mali Demographic and Health Survey 39. Rapport. 2018.
16. Zuluaga-Idárraga L, Blair S, Okoth SA, Udhayakumar V, Marcet PL, Escalante AA, et al. Prospective study of *Plasmodium vivax* malaria recurrence after radical treatment with a chloroquine-primaquine standard regimen in Turbo, Colombia. *Antimicrob Agents Chemother.* 1 août 2016;60(8):4610-9.
17. Cowman AF, Berry D, Baum J. The cellular and molecular basis for malaria parasite invasion of the human red blood cell. *Journal of Cell Biology.* 2012;198(6):961-71.
18. Yan H, Wei S, Sui Y, Lu S, Zhang W, Feng X, et al. Analysis of the relapse of imported *Plasmodium vivax* and *Plasmodium ovale* in five provinces of China. *Malar J.* 1 déc 2023;22(1):11.
19. Nguiffo-Nguete D, Nongley Nkemngo F, Ndo C, Agbor JP, Boussougou-Sambe ST, Salako Djogbénu L, et al. *Plasmodium malariae* contributes to high levels of malaria transmission in a forest-savannah transition area in Cameroon. *Parasit Vectors.* 1 déc 2023;16(1):10.
20. Yek C, Lay S, Bohl JA, Man S, Chea S, Lon C, et al. Case Report: Cambodian National Malaria Surveillance Program Detection of *Plasmodium knowlesi*. *Am J Trop Med Hyg.* 1 juill 2022;107(1):151-3.
21. Carnevale P, Robert V, Nguiffo-Nguete D, Nongley Nkemngo F, Ndo C, Agbor JP, et al. Les anophèles. Vol. 16, Les anophèles. BioMed Central Ltd; 2009. 402 p.
22. Simon F, Lavarde V. Paludisme. *Revue du Praticien.* 1999;49(1):81-7.
23. Coetzee M, Hunt RH, Wilkerson R, Della A, Coulibaly MB, Besansky NJ. *Anopheles coluzzii* and *Anopheles amharicus*, new members of the *Anopheles gambiae* complex. 2013;(February):30-30.
24. Clements AN. *The Biology of Mosquitoes. Volume 1: Development, Nutrition and Reproduction.* 1st ed. Chapman & Hall, Cambridge, MA, USA : CABI, London, Wallingford, Oxfordshire U, éditeur. London; 1992.
25. Kamaszewski M, Skrobisz M, Wójcik M, Kawalski K, Szczepański A, Bujarski P, et al. The Role of Transcription Factors in Gonad Development and Sex Differentiation of a Teleost Model Fish-Guppy (*Poecilia reticulata*). *Animals (Basel).* 1 déc 2020;10(12):1-15.
26. Boumis RJ, Ferry LA, Pace CM, Gibb AC. Heads or tails: do stranded fish (mosquitofish, *Gambusia affinis*) know where they are on a slope and how to return to the water? *PLoS One.* 27 août 2014;9(8):11.
27. Yu S, Wang P, Qin J, Zheng H, Wang J, Liu T, et al. *Bacillus sphaericus* exposure reduced vector competence of *Anopheles dirus* to *Plasmodium yoelii* by upregulating the Imd signaling pathway. *Parasit Vectors.* 5 sept 2020;13(1):10.

28. Tetreau G, Grizard S, Patil CD, Tran FH, Tran Van V, Stalinski R, et al. Bacterial microbiota of *Aedes aegypti* mosquito larvae is altered by intoxication with *Bacillus thuringiensis israelensis*. *Parasit Vectors*. 2 mars 2018;11(1):12.
29. Darriet F. Des moustiques et des hommes. Des moustiques et des hommes. IRD Éditions; 2014.
30. Helinski MEH, Hassan MM, El-Motasim WM, Malcolm CA, Knols BGJ, El-Sayed B. Towards a sterile insect technique field release of *Anopheles arabiensis* mosquitoes in Sudan: irradiation, transportation, and field cage experimentation. *Malar J*. 2008;7:10.
31. Kevin Baird J. Malaria control by commodities without practical malariology. *BMC Public Health*. 21 juin 2017;17(1):10.
32. Mabaso MLH, Sharp B, Lengeler C. Historical review of malarial control in southern African with emphasis on the use of indoor residual house-spraying. *Trop Med Int Health*. août 2004;9(8):846-56.
33. Moiroux N, Gomez MB, Pennetier C, Elanga E, Djènontin A, Chandre F, et al. Changes in *Anopheles funestus* biting behavior following universal coverage of long-lasting insecticidal nets in Benin. *J Infect Dis*. 15 nov 2012;206(10):1622-9.
34. Fiorenzano JM, Koehler PG, Xue R De. Attractive toxic sugar bait (ATSB) for control of mosquitoes and its impact on non-target organisms: A review. *Int J Environ Res Public Health*. 10 avr 2017;14(4):13.
35. Beier JC, Müller GC, Gu W, Arheart KL, Schlein Y. Attractive toxic sugar bait (ATSB) methods decimate populations of *Anopheles malaria* vectors in arid environments regardless of the local availability of favoured sugar-source blossoms. *Malar J*. 2012;11:7.
36. Müller GC, Beier JC, Traore SF, Toure MB, Traore MM, Bah S, et al. Field experiments of *Anopheles gambiae* attraction to local fruits/seedpods and flowering plants in Mali to optimize strategies for malaria vector control in Africa using attractive toxic sugar bait methods. *Malar J*. 2010;9(1).
37. Khallaayoune K, Qualls WA, Revay EE, Allan SA, Arheart KL, Kravchenko VD, et al. Attractive Toxic Sugar Baits: Control of Mosquitoes With the Low-Risk Active Ingredient Dinotefuran and Potential Impacts on Nontarget Organisms in Morocco. *Environ Entomol*. oct 2013;42(5):1040.
38. Kyomuhangi I, Yukich J, Saili K, Orange E, Masuzyo MH, Mwenya M, et al. Evaluating trends in damage to attractive targeted sugar baits (ATSBs) deployed during the second year of a two-year Phase III trial in Western Zambia. *Malar J*. 2024;23(1):263.
39. Orange E, Kyomuhangi I, Masuzyo M, Mwenya M, Mambo P, Saili K, et al. Deployment of attractive targeted sugar baits in western Zambia: installation, monitoring, removal, and disposal procedures during a Phase III cluster randomized controlled trial. *Malar J*. 1 déc 2024;23(1).

40. Mwaanga G, Ford J, Yukich J, Chanda B, Ashton RA, Chanda J, et al. Residual bioefficacy of attractive targeted sugar bait stations targeting malaria vectors during seasonal deployment in Western Province of Zambia. *Malar J.* 1 déc 2024;23(1).
41. Dadzie S, Boakye D, Asoala V, Koram K, Kiszewski A, Appawu M. A Community-Wide Study of Malaria Reduction: Evaluating Efficacy and User-Acceptance of a Low-Cost Repellent in Northern Ghana. *Am J Trop Med Hyg.* févr 2013;88(2):309.
42. Maia MF, Tenywa FC, Nelson H, Kambagha A, Ashura A, Bakari I, et al. Attractive toxic sugar baits for controlling mosquitoes: a qualitative study in Bagamoyo, Tanzania. *Malar J.* 10 janv 2018;17(1).
43. García GA, Galick DS, Smith JM, Iyanga MM, Rivas MR, Eyono JNM, et al. The challenge of improving long-lasting insecticidal nets coverage on Bioko Island: using data to adapt distribution strategies. *Malar J.* 1 déc 2024;23(1):324.
44. Naranjo DP, Qualls WA, Müller GC, Samson DM, Roque D, Alimi T, et al. Evaluation of boric acid sugar baits against *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in tropical environments. *Parasitol Res [Internet].* avr 2013 [cité 2 févr 2025];112(4):1583-7. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23388730/>
45. Khallaayoune K, Qualls WA, Revay EE, Allan SA, Arheart KL, Kravchenko VD, et al. Attractive Toxic Sugar Baits: Control of Mosquitoes With the Low-Risk Active Ingredient Dinotefuran and Potential Impacts on Nontarget Organisms in Morocco. *Environ Entomol [Internet].* oct 2013 [cité 2 févr 2025];42(5):1040. Disponible sur: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3918905/>
46. Wang F, Shen Y, Dixon D, Xue R De. Control of male *Aedes albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae) using boric acid sugar bait and its impact on female fecundity and fertility. *J Vector Ecol [Internet].* 1 juin 2017 [cité 2 févr 2025];42(1):203-6. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28504432/>
47. Qualls WA, Müller GC, Traore SF, Traore MM, Arheart KL, Doumbia S, et al. Indoor use of attractive toxic sugar bait (ATSB) to effectively control malaria vectors in Mali, West Africa. *Malar J.* 5 août 2015;14(1):2-8.
48. Traore FDIInna. Évaluation de l'efficacité et de la durabilité de deux versions de membranes des stations d'Appât de Sucre Toxique Attrayant (ATSB). USTTB; 2022.
49. Foster WA. Mosquito sugar feeding and reproductive energetics. *Annu Rev Entomol [Internet].* janv 1995 [cité 11 déc 2024];40(1):443-74. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7810991/>

10. ANNEXES

FICHE D'ENQUETE

b) Le point d'appâtage présente-t-il des trous, des déchirures ou des perforations ?

- Oui
- No

a) Si oui quel est la cause de la ou des cellules déchirées ?

- Rongeur (le Rat)
- Humain
- Animal (bovin, caprin)
- Autres
- Inconnu

c) Le point d'appât fait-il ?

- Oui
- No

d) La station d'apparage présente-elle des moisissures ?

- Oui
- No

a) Si oui déterminer les nombres de cellules ?

- 1= < 4 cellules uniquement
- 2= > 5 cellules

b) Y a-il une tache de moisissure plus grande que le bout d'un crayon ?

- Oui • No

e) L'appât est-il épuisé dans l'une des cellules de la station d'appât ?

- Oui
- No

a) Si oui déterminer le nombre ?

- 1=< 7 cellules sont dépourvues d'appâts
- 2=> 8 cellules ou plus sont épuisées d'appât

f) Le point d'appât est-il sale ?

- Oui
- No

a) Si oui déterminer le nombre ?

- 1= \leq 7 cellules sont sales
- 2= $>$ 8 cellules sont sales

g) Cause d'endommagement du point d'appâtage ?

- Pas endommagé

1= vent

3= Mécanique

6= Autres raisons

2= pluie

4= Animaux

7= Inconnue

h) Quelle perception avez-vous des stations ?

- Attire et augmentes les moustiques
- Provoque le rhume et maux de tête
- Provoque la toux
- Je ne suis pas informée
- Absorbe le sang humain
- Je ne veux pas du produit
- Réduit les moustiques
- Réduit les mouches
- Pas des répondant

FICHE SIGNALETIQUE

Nom : MAIGA

Prénoms : Amadou Bagna

Tel : +223 76 15 44 26

E-mail : amadoubagnamaiga8@gmail.com

Titre de la thèse : Evaluation de l'intégrité physique, de l'efficacité et de la perception des communautés par rapport aux stations Attractives Target Sugar bait (ATSB) dans un essai clinique de phase 3 dans la région de Koulikoro au Mali. **Année universitaire :** 2023 – 2024

Ville de soutenance : Bamako

Lieu de dépôt : Bibliothèque de la Faculté de Médecine et d'Odontostomatologie.

Secteur d'intérêt : Santé publique, Paludisme, Lutte antivectorielle

Résumé : La promotion pour le développement de nouvelles stratégies et d'outils de lutte antivectorielle par l'OMS, face aux limites des outils existants contre les vecteurs du paludisme, a permis la conception des appâts attractifs à base sucre toxique (ATSB : Attractive Target Sugar Bait). Les ATSB, tuant les moustiques adultes en quête de repas sucré après ingestion de la solution sucrée contenant une toxine sont actuellement déployés dans un essai clinique de phase 3 dans la région de Koulikoro au Mali. Cette présente étude est une composante de cet essai qui avait pour objectif d'évaluer l'intégrité physique, l'efficacité et de la perception des communautés par rapport aux stations Attractives Target Sugar Bait (ATSB). Des enquêtes d'opinion auprès de populations, des inspections oculaires et des tests exposition des moustiques aux stations ASTB ont été réalisés mensuellement dans quatre zones d'étude de de la région de Koulikoro. Seulement 5% des stations déployés ont été endommagés. Un quart des stations présentait des fuites mais qui étaient minimales. La réponse « tue les moustiques » était la perception communautaire la plus élevée (14,5%), suivie de « attire et tue les moustiques ». La mortalité globale des moustiques aux tests d'exposition pour les répliquats variait entre 12% et 78% à 24h, avec une moyenne de 77,08% ; 36,80% et 3,47% des répliquats dépassant respectivement 30%, 50% et 75% de mortalité. La mortalité des femelles oscillait entre 0 et 65%, avec seulement 47,22% des répliquats dépassant respectivement 30% de mortalité. Chez les mâles par contre, elle variait entre 22% à 95%, avec une moyenne de 91.67%, 72,22% et 25% des répliquats dépassant respectivement 30%, 50% et 75% de mortalité. La mortalité moyenne des femelles variait entre $11 \pm 8,5\%$ et $43 \pm 11\%$ à 24h et était supérieure à 50% à 48h. Chez les mâles, cette mortalité moyenne variait entre forte $34 \pm 10,75\%$ et $80 \pm 9,25\%$ à 24h et était très élevée à 48h ($>75\%$). Les stations ATSB ont montré leur capacité à tuer les moustiques mâles après 48h d'exposition et dans une moindre mesure les femelles. Avec une mortalité réduite en saison sèche (froide). En définitive, nous recommandons l'optimisation des matériaux et des stratégies de déploiement afin de maximiser l'impact des stations ATSB dans la lutte contre le paludisme.

Mots clés : ATSB, *Anopheles gambiae s.l.* Paludisme, Santé publique

SPECIFICATION SHEET

Last name: MAIGA

First name: Amadou Bagna

Tel : +223 76 15 44 26

E-mail : amadoubagnamaiga8@gmail.com

Thesis title: Evaluation of the physical integrity, efficacy and perception of communities in relation to Attractive Target Sugar bait stations (ATSB) in a phase 3 clinical trial in the Koulikoro region of Mali.

Academic year: 2023 - 2024 City of thesis defense: Bamako

Place of deposit : Library of the Faculty of Medicine and Odontostomatology.

Sector of interest : Public health, Malaria, Vector control

Summary: The WHO's promotion of the development of new vector control strategies and tools, faced with the limitations of existing tools against malaria vectors, has led to the design of Attractive Target Sugar Bait (ATSB). ATSBs, which kill adult mosquitoes in search of a sugar meal after ingesting a sugar solution containing a toxin, are currently being deployed in a Phase 3 clinical trial in the Koulikoro region of Mali. The present study is a component of this trial, which was designed to assess the physical integrity, efficacy and community perception of Attractive Target Sugar Bait (ATSB) stations. Population opinion surveys, eye inspections and mosquito exposure tests at ASTB stations were carried out monthly in four study areas in the Koulikoro region. Only 5% of deployed stations were damaged. A quarter of the stations had leaks, but these were minimal. The response “kills mosquitoes” was the highest community perception (14.5%), followed by “attracts and kills mosquitoes”. Overall mosquito mortality in exposure tests for replicates ranged from 12% to 78% at 24 h, with an average of 77.08%; 36.80% and 3.47% of replicates exceeding 30%, 50% and 75% mortality respectively. Female mortality ranged from 0 to 65%, with only 47.22% of replicates exceeding 30% mortality. Male mortality ranged from 22% to 95%, with an average of 91.67%, 72.22% and 25% of replicates exceeding 30%, 50% and 75% mortality respectively. Average female mortality ranged from $11 \pm 8.5\%$ to $43 \pm 11\%$ at 24 h, and was over 50% at 48 h. For males, average mortality ranged from a high of $34 \pm 10.75\%$ to $80 \pm 9.25\%$ at 24 h, and was very high at 48 h (>75%). The ATSB stations demonstrated their ability to kill male mosquitoes after 48h of exposure, and to a lesser extent female. With reduced mortality in the dry (cold) season. In conclusion, we recommend optimizing materials and deployment strategies to maximize the impact of ATSB stations in the fight against malaria.

Key words: ATSB, *Anopheles gambiae s.l.* Malaria, Public health

SERMENT D'HIPPOCRATE

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

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

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

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de race, de parti ou de classe viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient. Je garderai le respect absolu de la vie humaine dès la conception.

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

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

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

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes condisciples si j'y manque.

Je le jure !