

Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique

République du Mali

Un Peuple – Un But – Une Foi



**UNIVERSITE DE BAMAKO**

**Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie**

**Année universitaire: 2011 - 2012**

**N°...../**

## Titre

**Mesure du Métabolisme d'*An. gambiae* sl. sur la base du CO<sub>2</sub> dégagé par le moustique en conditions expérimentales**

## Thèse

**Présentée et soutenue publiquement le : 04 / 01 / 2012** devant la Faculté de  
Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie

**Par M. TRAORE Adama Issaka**

**Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine**

**(Diplôme d'Etat)**

## Jury

**Président : Pr Adama DIARRA**

**Membres : Dr Abdoulaye ADAMOU**

**Codirecteur : M. Alpha Seydou YARO**

**Directeur de thèse : Pr Sékou Fantamady TRAORE**

## FACULTE DE MEDECINE, DE PHARMACIE ET D'ODONTO-STOMATOLOGIE

ANNEE UNIVERSITAIRE 2010-2011

### ADMINISTRATION

DOYEN: **Anatole TOUNKARA** - Professeur

1<sup>er</sup> ASSESSEUR: **BOUBACAR TRAORE** - MAITRE DE CONFERENCES

2<sup>ème</sup> ASSESSEUR: **IBRAHIMA I MAIGA** - Professeur

SECRETAIRE PRINCIPAL: **IDRISSA AHMADOU CISSE** - MAITRE DE CONFERENCES

AGENT COMPTABLE: **Mme COULIBALY Fatoumata TALL** - CONTROLEUR DES FINANCES

### PROFESSEURS HONORAIRES

Mr Alou BA	Ophtalmologie
Mr Bocar SALL	Orthopédie - Traumatologie - Secourisme
Mr Yaya FOFANA	Hématologie
Mr Mamadou L. TRAORE	Chirurgie Générale
Mr Balla COULIBALY	Pédiatrie
Mr Mamadou DEMBELE	Chirurgie Générale
Mr Mamadou KOUMARE	Pharmacognosie
Mr Ali Nouhoum DIALLO	Médecine interne
Mr Aly GUINDO	Gastro-entérologie
Mr Mamadou M. Keita	Pédiatrie
Mr Siné Bayo	Anatomie-Pathologie-Histoembryologie
Mr Sidi Yaya Simaga	Santé Publique
Mr Abdoulaye Ag RHALY	Médecine interne
Mr Boukassoum Haidara	Législation
Mr Boubacar Sidiki CISSE	Toxicologie
Mr Massa SANOGO	Chimie Analytique
Mr Sambou SOUMARE	Chirurgie Générale
Mr Sanoussi KONATE	Santé Publique
Mr Abdou Alassane TOURE	Orthopédie - Traumatologie
Mr Daouda DIALLO	Chimie Générale & Minérale
Mr Issa TRAORE	Radiologie
Mr Mamadou K. TOURE	Cardiologie
Mme SY Assitan SOW	Gynéco-Obstétrique
Mr Salif DIAKITE	Gynéco-Obstétrique

### **LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT PAR D.E.R. & PAR GRADE**

#### D.E.R. CHIRURGIE ET SPECIALITES CHIRURGICALES

##### **1. PROFESSEURS**

Mr Abdel Karim KOUMARE	Chirurgie Générale
Mr Kalilou OUATTARA	Urologie
Mr Amadou DOLO	Gynéco Obstétrique
Mr Alhousseini Ag MOHAMED	ORL
Mr Djibril SANGARE	Chirurgie Générale
Mr Abdel Kader TRAORE Dit DIOP	Chirurgie Générale, <b>Chef de D.E.R</b>
Mr Gangaly DIALLO	Chirurgie Viscérale
Mme TRAORE J. THOMAS	Ophtalmologie

## 2. MAITRES DE CONFERENCES

Mr Abdoulaye DIALLO	Ophtalmologie
Mr Mamadou TRAORE	Gynéco-Obstétrique
Mr Filifing SISSOKO	Chirurgie Générale
Mr Sekou SIDIBE	Orthopédie-Traumatologie
Mr Abdoulaye DIALLO	Anesthésie-Réanimation
Mr Tieman COULIBALY	Orthopédie-Traumatologie
Mr Mamadou L. DIOMBANA	Stomatologie
Mme DIALLO Fatimata S. DIABATE	Gynéco-Obstétrique
Mr Nouhoum ONGOÏBA	Anatomie & Chirurgie Générale
Mr Sadio YENA	Chirurgie Générale
Mr Youssouf COULIBALY	Anesthésie-Réanimation
Mr Zimogo Zié SANOGO	Chirurgie Générale
Mr Mohamed KEITA	ORL
Mr Mady MAKALOU	Orthopédie/ Traumatologie
Mr Ibrahim ALWATA	Orthopédie – Traumatologie
Mr Sanoussi BAMANI	Ophtalmologie
MrTiémoko D. COULIBALY	Odontologie
Mme Djenèba Doumbia	Anesthésie / Réanimation
Mr Bouraïma MAIGA	Gynéco- Obstétrique
Mr Niani MOUNKORO	Gynécologie/ Obstétrique
Mr Zanafon OUATTARA	Urologie
Mr Adama SANGARE	Orthopédie- Traumatologie
Mr Aly TEMBELY	Urologie
Samba Karim TIMBO	ORL
Mr Souleymane TOGORA	Odontologie
Mr Lamine TRAORE	Ophtalmologie
Mr Issa DIARRA	Gynéco-Obstétrique

## 3. MAÎTRES ASSISTANTS

Mr yousouf SOW	Chirurgie Générale
Mr Djibo Mahamane DIANGO	Anesthésie - Réanimation
Mr Moustapha TOURE	Gynécologie
Mr Mamadou DIARRA	Ophtalmologie
Mr Boubacary GUINDO	ORL
Mr Moussa Abdoulaye OUATTARA	Chirurgie Générale
Mr Birama TOGOLA	Chirurgie Générale
Mr Adama Konoba KOITA	Chirurgie Générale
Mr Adégné TOGO	Chirurgie Générale
Mr Lassana KANTE	Chirurgie Générale
Mr Mamby KEITA	Chirurgie Pédiatrique
Mr Hamady TRAORE	Odonto-Stomatologie
Mme Fatoumata SYLLA	Ophtalmologie
Mr Drissa KANAKOMO	Neuro-Chirurgie
Mme Kadiatou SANGARE	ORL
Mr Nouhoum DIANI	Anesthésie-Réanimation
Mr Aladji Seïdou DEMBELE	Anesthésie-Réanimation
Mr Ibrahima TEGUETE	Gynéco-Obstétrique
Mr Youssouf TRAORE	Gynéco-Obstétrique
Mr Lamine Mamadou Diakité	Urologie
Mme Fadima Kouréïssy TALL	Anesthésie-Réanimation
Mr Mohamed KEITA	Anesthésie-Réanimation
Mr Broulaye Massoulé SAMAKE	Anesthésie-Réanimation

Mr Yacaria COULIBALY	Chirurgie Pédiatrique
Mr Seydou TOGO	Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire
Mr Tioukany THERA	Gynécologie
Mr Oumar DIALLO	Neuro-Chirurgie
Mr Boubacar BA	Odonto-Stomatologie
Mme Aïssatou SIMAGA	Ophtalmologie
Mr Seydou BAKAYOKO	Ophtalmologie
Mr Sidi Mohamed COULIBALY	Ophtalmologie
Mr Adama GUINDO	Ophtalmologie
Mme Fatimata KONANDJI	Ophtalmologie
Mr Hamidou Baba SACKO	ORL
Mr Siaka SOUMAORO	ORL
Mr Honoré Jean Gabriel BERTHE	Urologie
Mr Drissa TRAORE	Chirurgie Générale
Mr Bakary Tientigui DEMBELE	Chirurgie Générale
Mr Koniba KEITA	Chirurgie Générale
Mr Sidiki KEITA	Chirurgie Générale
Mr Soumaïla KEITA	Chirurgie Générale
Mr Alassane TRAORE	Chirurgie Générale

#### 4. Assistant

Mr Drissa TRAORE	Anatomie
------------------	----------

### D.E.R. DE SCIENCES FONDAMENTALES

#### 1. PROFESSEURS

Mr Amadou DIALLO	Biologie
Mr Moussa HARAMA	Chimie Organique
Mr Ogobara DOUMBO	Parasitologie- Mycologie
Mr Yénimégué Albert DEMBELE	Chimie Organique
Mr Anatole TOUNKARA	Immunologie
Mr Bakary M. CISSE	Biochimie
Mr Abdourahmane S. MAÏGA	Parasitologie
Mr Adama DIARRA	Physiologie
Mr Mamadou Koné	Physiologie
Mr Sékou F. TRAORE	Entomologie médicale
Mr Ibrahim I. MAÏGA	Bactériologie - Virologie

#### 2. MAÎTRES DE CONFERENCES

Mr Amadou TOURE	Histoembryologie
Mr Flabou BOUGODOGO	Bactériologie- Virologie
Mr Amagana DOLO	Parasitologie <b>Chef de D.E.R</b>
Mr Mahamadou CISSE	Biologie
Mr Abdoulaye DABO	Malacologie, Biologie Animale
Mr Mahamadou A THERA	Parasitologie - Mycologie
Mr Moussa Issa DIARRA	Biophysique
Mr Mouctar DIALLO	Biologie/ Parasitologie
Mr Djibril SANGARE	Entomologie Moléculaire Médicale
Mr Boubacar TRAORE	Parasitologie- Mycologie
Mr Mounirou Baby	Hématologie
Mr Guimogo DOLO	Entomologie Moléculaire Médicale
Mr Kaourou DOUCOURE	Biologie

Mr Lassana DOUMBIA  
Mr Abdoulaye TOURE  
Mr Cheick Bougadari TRAORE  
Mr Souleymane DIALLO  
Mr Bouréma KOURIBA

Chimie Organique  
Entomologie Moléculaire Médicale  
Anatomie-Pathologie  
Bactériologie- Virologie  
Immunologie

### 3. MAÎTRES ASSISTANTS

Mr Mamadou DIAKITE  
Mr Bakarou KAMATE  
Mr Bakary Maïga  
Mr Bokary Y SAMAKE

Immunologie-Génétique  
Anatomie- Pathologie  
Immunologie  
Biochimie

### 4. ASSISTANTS

Mr Mamadou Ba  
Mr Moussa FANE  
Mr Blaise DACKOUCO  
Mr Aldjouma GUINDO  
Mr Boubacar Ali TOURE  
Mr Issa KONATE  
Mr Moussa KONE  
Mr Hama Abdoulaye DIALLO  
Mr Seydina Aboubacar Samba DIAKITE  
Mr Mamadou MAIGA  
Mr Samba Adama SANGARE  
Mr Oumar GUINDO  
Mr Seydou Sassou COULIBALY  
Mr Harouna BAMBA  
Mr Sidi Boula SISSOKO  
Mr Bréhima DIAKITE  
Mr Yaya KASSOGUE  
Mme Safiatou NIARE  
Mr Abdoulaye KONE  
Mr Bamodi SIMAGA  
Mr Klétigui Camsir DEMBELE  
Mr Yaya GOITA

Biologie, Parasitologie Entomologie médicale  
Parasitologie Entomologie  
Chimie Analytique  
Hématologie  
Hématologie  
Chimie-Organique  
Chimie-Organique  
Immunologie  
Immunologie  
Bactériologie  
Bactériologie  
Biochimie  
Biochimie  
Anatomie-Pathologie  
Hysto-Embryologie  
Génétique  
Génétique  
Parasitologie  
Parasitologie  
Physiologie  
Biochimie Clinique  
Biochimie Clinique

## D.E.R. DE MEDECINE ET SPECIALITES MEDICALES

### 1. PROFESSEURS

Mr Mahamane MAÏGA  
Mr Baba KOUMARE  
Mr Moussa TRAORE  
Mr Hamar A. TRAORE  
Mr Dapa Aly DIALLO  
Mr Moussa Y. MAIGA  
Mr Somita KEITA  
Mr Boubakar DIALLO  
Mr Toumani SiDIBE  
Mr Mamady KANE  
Mr Adama D. KEITA

Néphrologie  
Psychiatrie  
Neurologie  
Médecine Interne  
Hématologie  
Gastro-entérologie-Hépatologie  
Dermato-Léprologie  
Cardiologie  
Pédiatrie  
Radiologie  
Radiologie, **Chef de D.E.R.**

### 2. MAÎTRES DE CONFERENCES

Mr Abdel Kader TRAORE	Médecine Interne
Mr Siaka SIDIBE	Radiologie
Mr Mamadou DEMBELE	Médecine Interne
Mr Saharé FONGORO	Néphrologie
Mr Bakoroba COULIBALY	Psychiatrie
Mr Bou DIAKITE	Psychiatrie
Mr Bougouzié SANOGO	Gastro-entérologie
Mme SIDIBE Assa TRAORE	Endocrinologie
Mr Sounkalo DAO	Maladies Infectieuses
Mme TRAORE Mariam SYLLA	Pédiatrie
Mr Daouda K Minta	Maladies Infectieuses
Mr Souleymane DIALLO	Pneumologie
Mr Seydou DIAKITE	Cardiologie
Mr Mahamadou TOURE	Radiologie
Mr Idrissa A. CISSE	Rhumatologie
Mr Mamadou B. DIARRA	Cardiologie
Mr Moussa T. DIARRA	Hépto-Gastro-Entérologie
Mme Habibatou DIAWARA	Dermatologie
Mr Cheick Oumar GUIINTO	Neurologie
Mr Anselme KONATE	Hépto-Gastro-Entérologie
Mr Kassoum SANOGO	Cardiologie
Mr Boubacar TOGO	Pédiatrie
Mr Arouna TOGORA	Psychiatrie
Mr Souleymane COULIBALY	Psychologie

### 3. MAITRES ASSISTANTS

Mme KAYA Assétou SOUCKO	Médecine interne
Mr Mahamadou GUINDO	Radiologie
Mr Ousmane FAYE	Dermatologie
Mr Yacouba TOLOBA	Pneumo-Phtisiologie
Mme Fatoumata DICKO	Pédiatrie
Mr Boubacar DIALLO	Médecine Interne
Mr Youssoufa Mamoudou MAIGA	Neurologie
Mr Modibo SISSOKO	Psychiatrie
Mr Ilo Bella DIALL	Cardiologie
Mr Mahamadou DIALLO	Radiologie
Mr Adama Aguisa DICKO	Dermatologie
Mr Abdoul Aziz DIAKITE	Pédiatrie
Mr Boubacar dit Fassara SISSOKO	Pneumologie
Mr Salia COULIBALY	Radiologie
Mr Ichaka MENTA	Cardiologie
Mr Souleymane COULIBALY	Cardiologie
Mr Japhet Pobanou THERA	Médecine Légale/Ophtalmologie

## D.E.R. DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

### 1. PROFESSEURS

Mr Gaoussou KANOUTE	Chimie Analytique
Mr Ousmane DOUMBIA	Pharmacie Chimique
Mr Elimane MARIKO	Pharmacologie, <b>Chef de D.E.R</b>

## 2. MAITRES DE CONFERENCES

Mr Drissa DIALLO	Matières médicales
Mr Alou KEITA	Galénique
Mr Benoît Yaranga KOUMARE	Chimie analytique
Mr Ababacar I. MAIGA	Toxicologie
Mme Rokia SANOGO	Pharmacognosie
Mr Saibou MAIGA	Législation
Mr Ousmane KOITA	Parasitologie Moléculaire

## 3. MAÎTRES ASSISTANTS

Mr Yaya KANE	Galénique
Mr Yaya COULIBALY	Législation
Mr Abdoulaye DJIMDE	Microbiologie-Immunologie
Mr Sékou BAH	Pharmacologie
Mr Loséni BENGALY	Pharmacie Hospitalière

## 4. ASSISTANTS

Mr Aboubacar Alassane Oumar	Pharmacologie Clinique
Mr Sanou Khô COULIBALY	Toxicologie
Mr Tidiane DIALLO	Toxicologie
Mr Bourama TRAORE	Législation
Mr Issa COULIBALY	Gestion
Mr Mahamadou TANDIA	Chimie Analytique
Mr Madani MARIKO	Chimie Analytique
Mr Mody CISSE	Chimie Thérapeutique
Mr Ousmane DEMBELE	Chimie Thérapeutique
Mr Hama Boubacar MAIGA	Galénique
Mr Bacary Moussa CISSE	Galénique
Mr Adama DENOU	Pharmacognosie
Mr Mahamane HAIDARA	Pharmacognosie
Mr Hamadoun Abba TOURE	Bromatologie
Mr Balla Fatoma COULIBALY	Pharmacie Hospitalière

- **D.E.R. SANTE PUBLIQUE**

## 2. MAÎTRE DE CONFERENCES

Mr Mamadou Souncalo TRAORE	Sante Publique, <b>Chef de D.E.R</b>
Mr Jean TESTA	Sante publique
Mr Massambou SACKO	Santé Publique
Mr Alassane A. DICKO	Santé Publique
Mr Seydou DOUMBIA	Epidémiologie
Mr Samba DIOP	Anthropologie Médicale
Mr Hamadoun SANGHO	Santé Publique
Mr Adama DIAWARA	Santé Publique

## 3. MAÎTRES ASSISTANTS

Mr Hammadoun Aly SANGO	Santé Publique
Mr Akory AG IKNANE	Santé Publique
Mr Ousmane LY	Santé Publique

Mr Cheick Oumar BAGAYOKO  
Mme Fanta SANGHO

Informatique Médicale  
Santé Communautaire

#### **4. ASSISTANTS**

Mr Oumar THIÉRO  
Mr Seydou DIARRA  
Mr Abdramane ANNE

Biostatistique  
Anthropologie Médicale  
Bibliothéconomie-Bibliographie

#### **CHARGES DE COURS & ENSEIGNANTS VACATAIRES**

Mr N'Golo DIARRA  
Mr Bouba DIARRA  
Mr Zoubéïrou MAIGA  
Mr Boubacar KANTE  
Mr Souleymane GUINDO  
Mme DEMBELE Sira DIARRA  
Mr Modibo DIARRA  
Mme MAÏGA Fatoumata SOKONA  
Mr Mahamadou TRAORE  
Mr Lassine SIDIBE  
Mr Cheick O DIAWARA  
Mr Ousmane MAGASSY

Botanique  
Bactériologie  
Physique  
Galénique  
Gestion  
Mathématiques  
Nutrition  
Hygiène du Milieu  
Génétique  
Chimie-Organique  
Bibliographie  
Biostatistique

#### **ENSEIGNANTS EN MISSION**

Pr Babacar FAYE  
Pr Amadou Papa DIOP  
Pr Lamine GAYE  
Pr Pascal BONNABRY

Pharmacodynamie  
Biochimie  
Physiologie  
Pharmacie Hospitalière

## Dédicaces

Je dédie cette thèse à :

**Mon grand père** : Feu Moussa Traoré

Cher grand père, je profite de cette occasion pour témoigner combien je t'estime. Puisse Allah le tout puissant t'accorder la paix et le repos éternel dans ta dernière demeure. Dors en paix mon cher compagnon, Amen.

**Mon père** : Issaka TRAORE

Cher père, je ne saurais terminer mes études sans t'exprimer ma profonde gratitude pour tout ce que tu as fait pour moi, depuis mon enfance jusqu'à ma maturité.

Tu as toujours été disponible; tu as été à la fois pour moi: un père exemplaire, un ami, un compagnon et un confident.

Aussi cher Père, je prie Dieu pour qu'il te donne longue vie et une santé meilleure, afin que tu puisses avoir la chance de jouir du fruit de tant d' années de labeur et de sacrifices, consenties pour le bien être de ta famille et la réussite de tes enfants, Amen.

**Ma mère** : Koundia Boré

Chère mère, je ne pourrais jamais t'être assez reconnaissant pour tout ce que tu as fait pour mon épanouissement. Tu as partagé mes joies et mes peines tout au long de mes rudes années d'études.

Mère exemplaire, et généreuse, tu as toujours veillé au confort moral et matériel de tes enfants; aussi, je demande au SEIGNEUR de veiller sur tes vieux jours, que je souhaite longs et heureux, Amen.

**Mes sœurs** : Hawa, Bintou, Ramata et Safiatou

Chères sœurs, je profite de cette occasion pour vous témoigner toute ma reconnaissance. Sans vos soutiens et encouragements, je n'aurais jamais pu atteindre ce niveau. Je Prie Dieu pour que notre famille reste unie en permanence, Amen.

Je vous remercie sincèrement pour votre esprit de fraternité sans réserve.

**Mon épouse** : Kadiatou TRAORE

C'est l'occasion pour moi de te dire que tu as tu as été une compagne précieuse, un rayon de lumière dans ma vie aussi bien que dans mon cœur.

Je te remercie infiniment pour ton acceptation bienveillante, des moments de solitude, liés aux longues absences qui m'étaient indispensables pour mener à bien mes travaux de recherche sur le terrain. Travaux dont je livre aujourd'hui les résultats par la grâce du DIEU TOUT PUISSANT, que j'implore aussi pour le bonheur de notre couple, Amen.

**Mon fils** : Issaka TRAORE (junior)

Cher fils, ta naissance m'a donné la force et la détermination pour achever cette thèse.

Je prie l'OMNIPOTENT pour qu'il t'accorde longévité et santé; qu'il te bénisse également et te guide sur le droit chemin tout au long de ta vie, Amen.

## Remerciements

Je remercie:

**Dieu**, le tout puissant, l'omnipotent, maître du Monde et des Cieux. Pour m'avoir donné la santé et la chance de poursuivre mes études.

**Mon pays**: le *MALI*, terre d'accueil, de souveraineté et d'intégrité.  
Pour m'avoir soigné, éduqué et protégé.

**L'encadrement technique**: L'ensemble des enseignants qui ont concouru à ma formation.

**Le MRTC/FMPOS/BKO**: Du directeur jusqu'aux vigiles, singulièrement mon unité: Entomologie, écologie moléculaire des vecteurs.

**Dr Adama DAO**: Cher Maître c'est le lieu pour moi de vous remercier pour la confiance que vous avez placée en moi, en me recrutant dans votre unité. Afin que je puisse réaliser les travaux de ma thèse. Votre convivialité, votre sens élevé des responsabilités et votre esprit critique, m'ont servi d'exemples tout au long de cette thèse.

**M. Alpha Seydou YARO**: Pour m'avoir choisi comme partenaire dans l'exécution de ce travail. Je vous remercie également pour tout l'effort que vous avez eu à consentir pour mon encadrement tout au long de cette thèse.

**Dr Abdoulaye ADAMOU**: Pour votre esprit d'équipe, votre accompagnement, et surtout vos critiques et suggestions. Qui m'ont été d'un grand apport pour mener à bien ce travail.

**Dr Yaya KASSOGUE**: Cher aîné académique, il est facile d'accumuler le savoir, mais il est difficile de le transmettre. Dieu vous a fait don de cette faculté, l'enseignement que j'ai reçu de vous, m'a été très bénéfique pour mener à bien ce travail. Soyez en remercié.

**M. Moussa Diallo**: Cher aîné, durant toute ma thèse, votre soutien ne m'a jamais fait défaut. Vos conseils et surtout votre esprit d'équipe ont constitué pour moi, un apport précieux entre autres. Je vous en suis sincèrement reconnaissant.

**M. Bourema CISSE**: Je profite de cet instant pour vous remercier, pour l'effort que vous avez consenti, afin d'élaborer la carte du site d'étude.

**Les collaborateurs**: Je remercie tout le personnel du laboratoire: LMVR, NIAID, NIH, Rockville, USA. Pour le financement et l'appuie technique idoine à la réalisation de ce travail. Je remercie particulièrement:

**Dr Tovi Lehmann**: Pour avoir piloté les travaux de notre équipe, votre esprit critique et votre conscience professionnelle ont fait de vous un scientifique de renommée internationale.

**Dr Diana L. Huestis:** Pour nous avoir formés dans la technique de mesure du métabolisme, et pour votre aide dans les analyses des échantillons au laboratoire.

**Les guides:** je remercie tous les habitants de Thiérola. Particulièrement les guides qui m'ont aidé non seulement pour mon intégration dans le village, mais également dans la capture des moustiques.

### **Les parents, amis, et connaissances:**

**M. Oumarou Boré:** Cher oncle, je ne puis achever cet ouvrage scientifique sans vous témoigner ma profonde reconnaissance, pour tout le soutien que vous et votre épouse m'avez apporté tout au long de mes études.

**M. Lassana WAGUE:** Cher oncle, merci pour tes encouragements. Depuis mon enfance jusqu'à ce jour, ton accompagnement ne m'a jamais fait défaut. Les photos qui sont dans cette thèse ont été prises avec l'appareil numérique que tu m'as offert, une fois de plus merci.

**M. Djibril DIAKITE:** Cher oncle, je profite de cet instant, pour vous témoigner ma profonde reconnaissance pour votre soutien et accompagnement tout au long de mon cursus universitaire.

**M. Lassine TRAORE:** Cher oncle, vous êtes une incarnation vivante de l'amitié, durant cette thèse j'ai beaucoup regretté l'absence des critiques de mon père. Mais en bon ami, tu les supplées valablement. Que Dieu te récompense, Amen.

**Aux familles :** TRAORE, BORE, KATILE, SANGHO, OUATTARA, et NIARE; si je me mets à citer des noms ou des gestes, je ne pourrais pas être exhaustif. C'est pourquoi je vous adresse un remerciement commun. Que chacun des membres de ces différentes familles reçoive ici, toute ma gratitude et ma profonde reconnaissance.

**Mes voisins de classe:** Seydou TIMBINE et Mamadou DIARRA, chers amis nous avons traversé ensemble, sept années de souffrance et de courage. Je prie Dieu, pour qu'il nous accorde une bonne carrière professionnelle et une fin heureuse. Amen

**Mon groupe d'exercice,** je vous remercie tous, pour tout ce que l'on vécu et traversé ensemble tout au long de notre cursus universitaire.

**Mes amis,** du quartier, et d'école; cette thèse compile une grande partie de ce que j'ai appris de vous au cours de nos débats et discussions. Je prie Dieu pour qu'il nous rende plus solidaires.

Mes remerciements vont également à tout le personnel des sociétés suivantes: **Anglo-Gold Ashanti(Sadiola), NYESSIGISO, UTM-MALI, BDM sa, et HYDRO-PACTE.**

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette thèse.

## Hommage aux membres du jury

### **A notre Maître et Président du Jury**

#### **Professeur Adama DIARRA**

- Physiologiste à la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie(FMPOS);
- Conseiller auprès du Programme décennal pour le Développement Socio-Sanitaire (PRODESS) ;
- Vice Président de l'ASACO Baco-djicoroni.

Cher Maître

Permettez nous de vous remercier pour l'honneur que vous nous faites en acceptant de présider ce jury, malgré vos multiples occupations.

Nous avons bénéficié dès le début de notre cursus universitaire, de votre enseignement de qualité, ce qui a engendré notre estime pour vous.

Votre humilité, votre sagesse et l'étendue de vos connaissances font de vous un homme admirable.

Veillez trouvez dans ce travail cher Maître, l'expression de notre profonde gratitude.

### **A notre Maître et juge de thèse**

#### **Dr Abdoulaye Adamou,**

- Pharmacien-chercheur en Entomologie médicale au laboratoire de recherche sur le paludisme: MRTC/FMPOS/BKO-MALI

Cher Maître, nous avons été très honorés d'avoir fait votre connaissance.

Vos qualités intellectuelles, humaines, et votre ouverture d'esprit font de vous un être apprécié de tous.

Recevez ici cher Maître nos humbles remerciements et notre profonde admiration.

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

**M. Alpha Seydou Yaro,**

- Titulaire d'un Master en Entomologie médicale et vétérinaire;
- Et d'un DEA en Biologie appliquée option: Entomologie-Parasitologie;
- Maître Assistant au DER de Biologie de la FAST, en Entomologie;
- Chercheur Assistant à la section Entomologie au MRTC
- Assistant-chef d'Unité: Ecologie Moléculaire des Vecteurs au MRTC/FMPOS

Cher Maître, nous avons apprécié vos qualités scientifiques et pédagogiques tout au long de cette thèse.

Votre simplicité, votre amour pour le travail bien fait, ainsi que votre esprit critique ont fait de vous un homme apprécié de tous.

Soyez rassuré de notre profonde reconnaissance et de notre entière confiance.

**A notre Maître et directeur de thèse**

**Professeur Sékou Fantamady Traoré,**

- PhD en entomologie médicale,
- Responsable de l'enseignement de la biologie cellulaire à la FMPOS,
- Chef de la section entomologie du MRTC,
- Co-directeur du MRTC.

Cher Maître, nous vous remercions de la confiance que vous nous avez accordée en nous proposant ce travail.

Vos qualités humaines, scientifiques et surtout votre sens élevé de la responsabilité et de la rigueur dans le travail font de vous un Maître respectable et admiré.

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

## Liste du tableau et figures

<b>Tableau I</b> : Répartition des anophèles par sexes et état de réplétion en fonction des espèces et formes moléculaires ;.....	36
<b>Fig.1</b> : Distribution géographique, carte de répartition des espèces du complexe <i>An gambiae</i> en Afrique d'après Danis et Mouchet (1991), actualisé (Simard., 1999).....	6
<b>Fig.2</b> : Photos montrant la morphologie des œufs (a), des larves (b), des nymphes(c) et des adultes (d et e) d'anophèles .....	13
<b>Fig. 3</b> : Cycle biologique des moustiques.....	14
<b>Fig. 4</b> : Cycle trophogonique d'une femelle de moustique (3 phases).....	15
<b>Fig. 5</b> : Cycle sporogonique du parasite au sein du moustique (Louis Gouagna, 2002).....	16
<b>Fig. 6</b> : Carte montrant le cercle de Banamba, la commune de Kiban, le site d'étude et les villages limitrophes.....	25
<b>Fig. 7</b> : Proportions des différents sexes et états de réplétions au sein de la population d'étude.....	35
<b>Fig.8</b> : Variations mensuelles du métabolisme d' <i>An. gambiae</i> sl en conditions expérimentales sur terrain de janvier 2009 à décembre 2010.....	37
<b>Fig. 9</b> : Variations Saisonnières des moyennes du métabolisme chez <i>An. gambiae</i> sl en fonction de la température et de l'humidité relative.....	38
<b>Fig. 10</b> : Variation mensuelle du Métabolisme par sexe chez <i>An. gambiae</i> sl.....	39
<b>Fig. 11</b> : Variations du métabolisme d' <i>An. gambiae</i> sl en fonction du sexe et de l'état de réplétion du moustique.....	40
<b>Fig. 12</b> : Variation du métabolisme entre <i>An. arabiensis</i> et les formes moléculaires M et S d' <i>An. gambiae</i> ss.....	41
<b>Fig.13</b> : Variation du métabolisme en fonction des catégories de taille des anophèles.....	42
<b>Fig.14</b> : Corrélation entre la taille des Anophèles et le métabolisme.....	43

## LISTE ET SENS DES ABREVIATIONS

**ADN** : Acide désoxyribonucléique

**ATP** : Adénosine Tri Phosphate

**ADP** : Adénosine Di Phosphate

**An.** : *Anopheles*

**AR** : *arabiensis*

**Bp** : Base paire

**Bti** : *Bacillus thurigiensis israelensis*

**Col.** : Collaborateurs

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de Carbone (gaz carbonique)

**DNTP**: Dinotrotriphosphate

**F1**: première génération de moustique

**Fig.**: figure

**GIS=SIG**: Geographical information system=Systeme d'Information Géographique

**GA**: *gambiae*

**g/ha**: gramme par hectare

**h**: heure

**J**: jour

**Km** : kilomètre

**L** : longueur ; **l** : largeur ;

**L1, L2, L3, L3, L4** : stades de développement larvaire (larve de stade 1, 2, 3, et 4)

**Moy**: moyenne

**MRTC**: Malaria Research and Training Center

**MII** : Moustiquaire imprégnée d'insecticide

**Min** : minimum

**Max** : maximum

**Tab.** : tableau

**MgCl<sub>2</sub>** : chlorure de magnésium

**M** : forme moléculaire M

**S** : forme moléculaire S

**S.** : saison

**μl**: microlitre

**μm** : micromètre

**mM** : millimole

**mm**: millimètre

**cm**: centimètre

**N** : Nombre

**mn** : minute

**ng/ml** : nano gramme par millilitre

**OMS**: Organisation Mondiale de la Santé

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

**PCR** : Polymérase chaîne réaction

**%** : Pourcentage

**‰** : Pour mille

**SLIS** : **Système Local d'Informations Sanitaires**

**sl.** : sens large

**ss.** : sens strict

**Taq** : *Tacus aquaticus*

**t**: temps

**T** : taille

**UN** : Universel

**UV** : Ultraviolet

## SOMMAIRE

<b>1. Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Objectifs.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Objectif général.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Objectifs spécifiques.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Généralités.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1. Rappel sur les anophèles vecteurs du paludisme.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1.1. Bio-Ecologie des anophèles.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.2. L'œuf.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1.3. La larve.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1.4. La nymphe.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1.5. L'adulte.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1.6. Cycles.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.6.1. Cycle biologique.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.6.2. Cycle trophogonique.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.6.3. Cycle Sporogonique.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2. Aperçu sur le parasite.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3. Lutte contre le paludisme.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.1. Lutte contre le parasite.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.2. Lutte contre les vecteurs.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.2.1. Lutte anti-larvaire.....</b>	<b>18</b>
<b>3.3.2.1.1. La lutte biologique.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.2.1.2. La lutte Physique.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.2.1.3. La lutte chimique.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.2.2. Lutte contre les adultes (ou imagos).....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.2.3. Lutte génétique.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4. Rappel sur le métabolisme.....</b>	<b>23</b>

<b>4. Matériels et Méthodes.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1. Description du site de l'étude.....</b>	<b>24</b>
4.1.1. Lieu d'étude.....	24
4.1.2. Situation géographique.....	24
4.1.3. Historique.....	26
4.1.4. Relief et Hydrographie.....	26
4.1.5. Climat et végétation.....	26
4.1.6. Population.....	27
4.1.7. Activités économiques.....	28
4.1.8. Faune.....	28
4.1.9. Infrastructures socio-sanitaires.....	29
<b>4.2. Expérience de mesure du métabolisme.....</b>	<b>29</b>
4.2.1. Collecte des anophèles.....	29
4.2.2. Description du matériel utilisé pour la mesure du volume de CO <sub>2</sub> émis par le moustique en conditions expérimentales.....	29
4.2.2.1. Le FoxBox.....	29
4.2.2.2. La pompe d'air.....	30
4.2.2.3. La colonne.....	30
4.2.2.4. Le tube filtreur ou petite colonne.....	31
4.2.2.5. La tubulure et les seringues 5ml.....	31
4.2.2.6. Les bouchons de fermetures ou capsules jaunes.....	31
4.2.2.7. L'ordinateur portable.....	31
4.2.2.8. Autres matériels.....	32
<b>4.3. Mode de fonctionnement du dispositif expérimental.....</b>	<b>32</b>
<b>4.5. Traitement des échantillons.....</b>	<b>33</b>
<b>4.6. Saisie et analyse des données.....</b>	<b>33</b>
<b>5. Résultats.....</b>	<b>35</b>
<b>5.1 Composition de la population d'étude.....</b>	<b>35</b>

<b>5.1.1. Fréquences des anophèles par sexes et par états de réplétions dans la population d'étude.....</b>	<b>35</b>
<b>5.1.2. Fréquences des anophèles par sexes, états de réplétions, espèces et formes moléculaires dans la population d'étude.....</b>	<b>36</b>
<b>5.2. Détermination des variations mensuelles et saisonnières du métabolisme d'<i>An.gambiae</i> sl.....</b>	<b>37</b>
<b>5.2.1. Variations mensuelles du métabolisme d'<i>An. gambiae</i> sl.....</b>	<b>37</b>
<b>5.2.2. Variations saisonnière du métabolisme d'<i>An. gambiae</i> sl.....</b>	<b>38</b>
<b>5.3. Comparaison du métabolisme d'<i>An. gambiae</i> sl en fonction du sexe et de l'état de réplétion du moustique.....</b>	<b>39</b>
<b>5.3.1. Comparaison du métabolisme d'<i>An. gambiae</i> sl. en fonction du sexe.....</b>	<b>39</b>
<b>5.3.2. Comparaison du métabolisme d'<i>An. gambiae</i> sl. en fonction du sexe et de l'état de réplétion du moustique.....</b>	<b>40</b>
<b>5.4. Comparaison du métabolisme en fonction des espèces et formes moléculaires d'<i>An. gambiae</i> s.l.....</b>	<b>41</b>
<b>5.5. Relation entre la taille des moustiques et le niveau du métabolisme chez <i>An. gambiae</i> s.l.....</b>	<b>42</b>
<b>6. Commentaires et discussions.....</b>	<b>44</b>
<b>6.1. Détermination des variations mensuelles et saisonnières du métabolisme d'<i>An. gambia</i> sl.....</b>	<b>44</b>
<b>6.2. Comparaison du métabolisme d'<i>An. gambiae</i> sl en fonction du sexe et de l'état de réplétion.....</b>	<b>45</b>
<b>6.3. Comparaison du métabolisme en fonction des espèces et formes moléculaires d'<i>An. gambiae</i> sl.....</b>	<b>45</b>
<b>6.4. Relation entre la taille des moustiques et le niveau du métabolisme chez <i>An. gambiae</i> sl.....</b>	<b>46</b>
<b>7. Conclusion et Recommandations.....</b>	<b>47</b>
<b>8. Bibliographie.....</b>	<b>48</b>

## 1. INTRODUCTION

Le paludisme est une infection parasitaire due à un protozoaire du genre *Plasmodium*, transmis à l'homme par la piqûre d'un moustique (anophèle). La transmission est également possible par transfusion de sang infecté, et chez le fœtus, par voie transplacentaire (I. Broeck et al, 2010).

Dans le monde le paludisme touche aujourd'hui plus de 100 pays, couvrant environ 40% de la population mondiale. Chaque année, 300 à 500 millions de cas cliniques sont enregistrés dont 90% se produisent en Afrique sub-saharienne (OMS, 2005).

Au Mali, selon le rapport du Système Local d'Information Sanitaire (SLIS 2010), le taux d'incidence du paludisme grave représente 35,41‰ contre 109‰ pour le paludisme simple. Le Paludisme représente la première cause de consultation avec 37,52% de l'ensemble des cas (SLIS, 2007). Il représente également la première cause de décès chez les enfants de moins de cinq(5) ans, et d'anémies chez les femmes enceintes.

Il existe quatre espèces plasmodiales pathogènes pour l'Homme : *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium ovale*, *Plasmodium malariae*, *Plasmodium vivax*. Une cinquième espèce, *Plasmodium knowlesi*, a été décrite comme infectant l'Homme (Singh B et al, 2004)

Les principaux au Mali vecteurs sont : *An. gambiae s.l* et *An. funestus* (Touré, 1979). *An. gambiae sl* se compose d'*An. arabiensis* et de trois formes chromosomiques d'*An. gambiae s.s* dénommées: Mopti, Bamako et Savane (Touré et al. , 1989). Favia et al. en 2001, Fanello et al. en 2002 ont reparti ces trois formes chromosomiques en deux formes moléculaires M et S par l'amplification de l'ADN ribosomal.

Depuis plus d'un demi-siècle, les chercheurs ont remarqué que la densité de ces vecteurs baisse progressivement en saison sèche dans les zones où il n'y a pas de source d'eau permanente ; à tel enseigne que ces moustiques deviennent pratiquement introuvables en pleine saison sèche. Et pourtant, il suffit seulement que les premières pluies de la prochaine saison hivernale tombent pour que les vecteurs envahissent de nouveau les habitations humaines et les gîtes larvaires. Pour expliquer ce phénomène de disparition et de réapparition saisonnière des anophèles, les spécialistes ont émis deux hypothèses fondamentales :

**a) La migration**, qui est une ré-invasion des zones où les anophèles sont devenus rares par d'autres populations d'anophèles migrants à partir des régions où l'activité de reproduction des anophèles continue grâce à la disponibilité des gîtes larvaires.

**b) L'estivation**, phénomène par lequel les moustiques parviennent à se maintenir en vie pendant toute la durée de la saison sèche grâce à un changement de comportement, puis reprennent leurs activités de vie normale après l'installation de la prochaine saison des pluies.

Bien que ces hypothèses soient émises depuis longtemps, aucune d'entre elles n'avait été véritablement prouvée par les précédentes études scientifiques.

C'est en 2010 que Lehmann et col. ont démontré dans un petit village du Sahel par la méthode de Marquage Lâcher Recapture, que la forme moléculaire M d'*An. gambiae* ss. est capable de survivre environ 7 mois après le tarissement des eaux de surface.

Le phénomène d'estivation étant maintenant prouvé, il devient alors logique d'entreprendre des études qui caractérisent ce phénomène. Il est connu dans la littérature que les animaux qui entrent en estivation modifient leur métabolisme pendant toute la durée de l'estivation pour ensuite reprendre leur fonctionnement biologique normal après la levée de cette estivation qui correspond à la réinstallation de bonnes conditions de vie. Pour caractériser le niveau de métabolisme d'un moustique qui estive par rapport à celui qui n'estive pas, il faut d'abord prouver la faisabilité des possibilités de mesure de ce paramètre en conditions expérimentales sur le terrain. C'est ainsi que pour la première fois au MRTC, nous avons entrepris une des études pilotes sur la mesure du taux de métabolisme appliquée aux anophèles. Dès que nous pourrions démontrer la faisabilité de cette mesure en conditions de terrain, alors nous pourrions espérer caractériser le phénomène par de futures études comparatives entre les moustiques qui persistent pendant la saison sèche et ceux capturés en pleine saison des pluies. C'est ainsi que nous avons envisagé de mesurer le métabolisme qui est l'un des éléments clés de ce changement de comportement d'*An. gambiae* s.l pendant les différentes saisons.

## 2. OBJECTIFS

### 2.1. Objectif général

Mesurer le métabolisme d'*An gambiae* sl. sur la base du CO<sub>2</sub> émis par le moustique en conditions expérimentales de terrain.

### 2.2. Objectifs spécifiques

- ✓ Déterminer les variations mensuelles et saisonnières du métabolisme d'*An gambiae* sl.
- ✓ Comparer le métabolisme d'*An gambiae* sl. en fonction du sexe et de l'état de réplétion du moustique.
- ✓ Comparer le métabolisme d'*An gambiae* sl. en fonction des espèces et des formes moléculaires.
- ✓ Etablir la relation entre la taille des anophèles et le niveau du métabolisme.

### 3. GENERALITES:

#### 3.1. Rappel sur les anophèles vecteurs du paludisme

Le vecteur du paludisme est un moustique du genre *Anopheles*. Environ une soixantaine d'espèces différentes véhiculent les parasites (*Plasmodium*) responsables de la maladie. Parmi les anophèles fréquemment rencontrés en Afrique il y'a:

- **An. funestus**: répandu dans toute l'Afrique subsaharienne. Elle est abondante dans les savanes ouvertes.
- **An. gambiae**: présent dans la quasi totalité de l'Afrique subsaharienne non méridionale.
- **An. nili**: très largement répandu dans toute l'Afrique et est localisé aux environs des cours d'eau permanents ou semi-permanents dans lesquels se développent ses larves.
- **An. moucheti** : est limité au bloc forestier d'Afrique Centrale et aux galeries forestières qui le prolongent au nord et surtout au sud. Il est connu au sud Cameroun, au Gabon, au sud de la République Centrafricaine et au Congo.
- **An. pharoensis** : c'est un anophèle relativement grand, qui est très abondant dans le delta du Nil. Il est présent en Afrique tropicale. Il est vecteur en Egypte.
- **An. sergentii** : il est vecteur dans les zones irriguées de Libye et d'Egypte.

#### \* Systématique

Les anophèles appartiennent au règne animal, à l'embranchement des Arthropodes ; au Sous-embranchement des Mandibulates ; à la classe des Insectes ; à la sous-classe des Ptérygotes (Holométaboles) ; à l'ordre des Diptères ; au sous-ordre des Nématocères ; à la famille des Culicidae ; à la Sous-famille des Anophelinae, et au genre *Anophèles*.

Au Mali, *An. funestus* (Fig. 2: d) et *An. gambiae* s.l. (Fig.2: e) sont les principaux vecteurs du paludisme (Touré et al. 1979).

*Espèces du complexe Anopheles gambiae*:

*Anopheles gambiae* s.s. (Giles, 1902),

*Anopheles arabiensis* (Patton, 1905),

*Anopheles quadriannulatus* A (Théobald, 1911),

*Anopheles quadriannulatus* B (Hunt et al. 1998),

*Anopheles bwambae* (White en 1985),

*Anopheles melas* (Théobald, 1903),

*Anopheles merus* (Donitz, 1902).

Les deux premières espèces colonisent préférentiellement les eaux douces des zones humides (*An. gambiae* s.s.) ou sèches (*An. Arabiensis*). Ces deux espèces vivent en sympatrie dans les zones de savane. *An. quadriannulatus* se rencontre dans les régions orientales africaines. *An. bwambae* se développe dans les eaux minéralisées et relativement chaudes (33-36,5°C). Les deux dernières espèces vivent au niveau des estuaires, des lagunes et mangroves des régions côtières où les eaux sont saumâtres.

*An. melas* se rencontre sur le littoral occidental du continent africain, alors que *An. merus* se trouve sur le littoral oriental (Fig. 1).

*An. gambiae* s.l (Fig. 2: e) est un moustique de taille moyenne caractérisé par :

- des pattes tachetées,
- la présence de deux taches blanches par segment abdominal en position ventrale,
- l'existence d'une bande pâle dans la 3<sup>e</sup> zone sombre de la Costa, des palpes à trois bandes pâles.

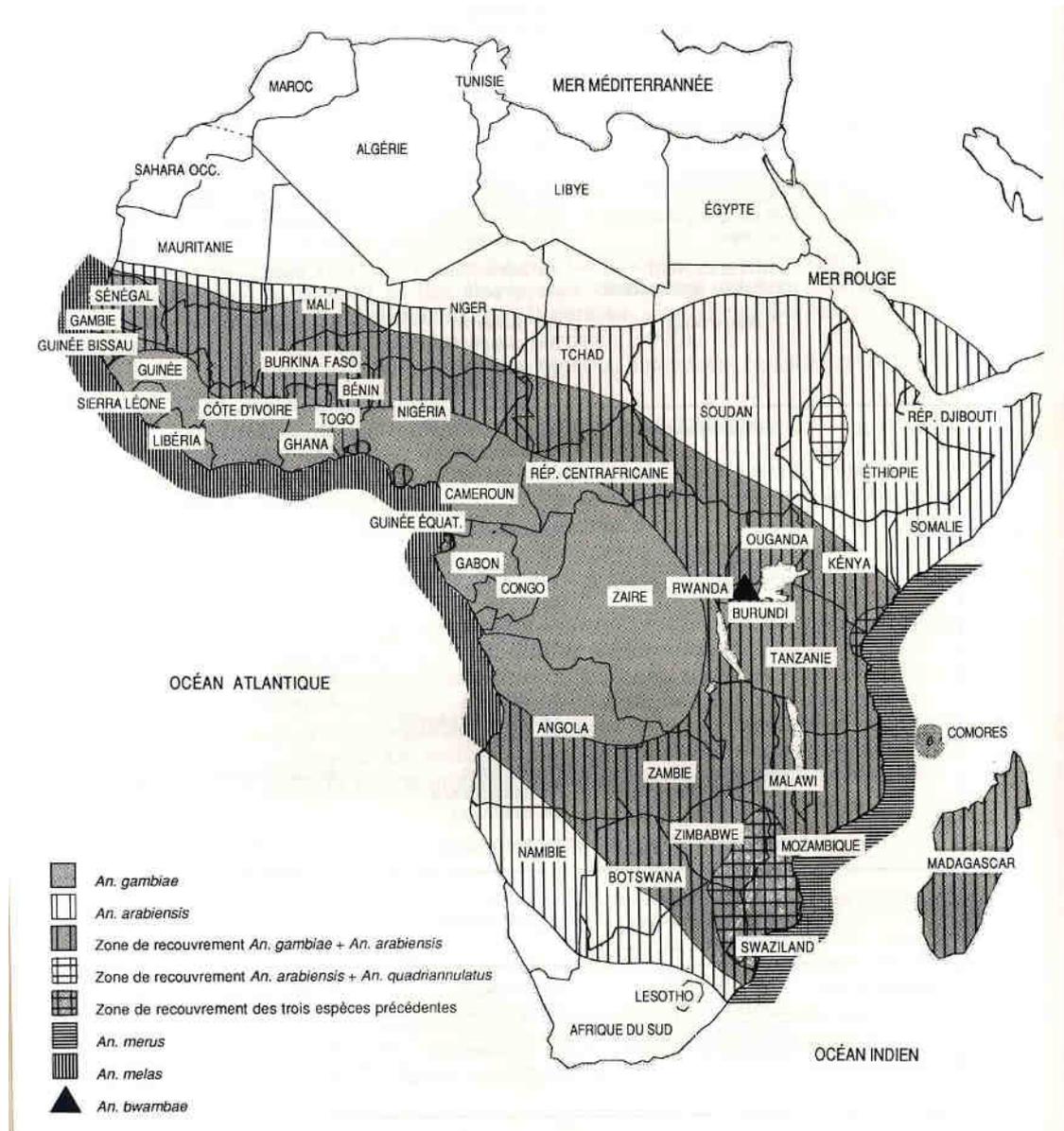
Les études chromosomiques réalisées par Coluzzi et al. (1967, 1979 et 1985) ; Hunt, (1973) ont apporté suffisamment de caractères taxonomiques pour chacune des espèces. De nos jours, l'avènement de la biologie moléculaire a facilité d'avantage cette identification.

\* *Espèces du groupe Anopheles funestus*:

ce sont : *An. funestus*, *An. brucei*, *An. parensis*, *An. rivulorum*, *An. lesoni*, *An. confusus*, *An. aruni*, *An. vaneedeni* et *An. fluviatulis*. *Anopheles funestus* est le plus anthropophile et endophile du groupe (Gillies et De Meillon., 1968).

Bien que ce groupe ne soit pas aussi bien étudié qu' *An. gambiae*, l'espèce *An. funestus* (Fig. 2: d), est impliquée aussi dans la transmission du paludisme au Mali. Elle se caractérise par :

- présence de trois (parfois quatre) bandes pâles très étroites sur les palpes des femelles ;
- quatre taches pâles dont le quart basal entièrement noir sur le Costa ;
- fémurs et tibias antérieurs noirs ;
- tarse postérieur entièrement noir ;



**Fig.1** : Distribution géographique, carte de répartition des espèces du complexe *An. gambiae* en Afrique d'après Danis et Mouchet (1991), actualisé (Simard., 1999).

### 3.1.1. Bio-Ecologie des anophèles

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

Les mâles et les femelles se nourrissent de jus sucré, nectars et d'autres exsudats végétaux. Seule la femelle est hématophage. Les mâles fécondent les femelles qui prennent un ou plusieurs repas de sang (selon les espèces) et vont pondre dans les gîtes les plus proches. Les larves nouvellement émergées deviennent des adultes au bout de 9 à 20 jours pour *An. gambiae* (Holstein, 1949 ; Yaro, 2007) et 3 semaines pour *An. funestus*, à la température de 27°C.

### 3.1.2. L'œuf (Fig. 2: a)

Un moustique femelle ne copule qu'une fois dans sa vie en général. Habituellement, après la copulation, elle a besoin d'un repas de sang pour la maturation de ses œufs. Ce repas sanguin est généralement renouvelé tous les deux à trois jours. A chaque ponte, 80 à 300 œufs sont déposés un à un à la surface de l'eau par la femelle (Bates, 1949 ; Clements, 1963 ; Yaro et al, 2006b) qui peut pondre entre 800 et 1000 œufs au cours de sa vie (Goma, 1966 ; Rodhain & Perez., 1985). Un œuf d'anophèle mesure environ 0,5 mm de long et est muni de deux flotteurs latéraux remplis d'air. L'œuf est protégé par plusieurs enveloppes particulières ne lui permettant pas de résister à la dessiccation, à la chaleur ou au froid (Bates, 1949 ; Rodhain & Perez., 1985).

#### \* Gîtes larvaires

Les gîtes ou sites d'ovipositions sont des collections d'eau qui permettent le développement des stades aquatiques des vecteurs. Ces sites sont très variables et c'est à la femelle que revient le choix du gîte. Mais les facteurs environnementaux qui déterminent les gîtes favorables sont d'ordre biologique, chimique et physique (Bates, 1949). Les anophèles préfèrent des collections d'eau calme : les différents types de gîtes sont :

- gîtes permanents en eau toute l'année et gîtes temporaires (asséchés par exemple en saison sèche) ;

- gîtes naturels avec ou sans végétations (mares, rivières, creux d'arbre, etc.) et des gîtes artificiels (récipients de stockage d'eau, boîtes de conserves abandonnées, empreintes de pas). Une catégorie intermédiaire étant les gîtes naturels créés par l'homme (canaux, rizières).

### 3.1.3. La larve (Fig. 2: b)

Une larve émerge de chaque œuf au bout de deux jours en général (Holstein, 1949 ; Yaro et al, 2006a) et flotte parallèlement à la surface de l'eau pour respirer. Elle se nourrit de particules présentes dans l'eau. Mesurant à peine 1mm, les larves jeunes sont noires et présentent une collerette claire très nette qui persiste jusqu'au 3<sup>ème</sup> stade (Holstein, 1949). Les larves subissent trois mues consécutives qui, par des modifications morphologiques qu'elles engendrent, les conduisent au 4<sup>ème</sup> stade ou stade de larve adulte. Les larves d'anophèles sont sans siphon et se noient facilement dans les eaux agitées (raison du choix des eaux calmes par la femelle pondreuse). Le corps de la larve est divisé en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen. Chez *Anophèles gambiae*, la larve mesure 1 mm de long au premier stade et 5 mm au quatrième stade.

- La tête comprend les yeux, les antennes et les pièces buccales. Un cou membraneux sépare la tête du thorax. Selon Surtees (1959), les larves de moustiques peuvent être réparties en trois groupes en fonction du mode de nutrition : filtreur-suceur ; broyeur ; prédateur. Mais il y a aussi des larves qui utilisent plus d'un mode de nutrition comme chez les anophèles dont la larve, pour se nourrir, effectue une rotation de la tête de 180°, si bien que la bouche se retrouve juste sous la surface de l'eau. Elle filtre et ingère les particules alimentaires amenées vers la bouche par le courant de surface engendré par le battement des brosses buccales (Christopher & Puri., 1929 ; Bates, 1949 ; Cléments, 1963).

- Le thorax est formé de trois segments non individualisés, grossièrement sphérique et légèrement aplati dorso-ventralement.

- L'abdomen, cylindrique, se compose de neuf segments. Les sept premiers portent notamment des plaques dorsales sclérifiées et des soies palmées caractéristiques des anophèles. Ces soies contribuent au maintien de la larve juste sous la surface de l'eau, dans la position typique des anophèles, parallèle à la surface de l'eau, face dorsale vers le haut. Le huitième segment abdominal porte dorsalement deux orifices respiratoires, les stigmates,

s'ouvrant directement au niveau d'une plaque spiraculaire. L'absence de siphon respiratoire différencie les anophèles des autres moustiques. Les stigmates respiratoires sont ouverts en surface pour autoriser le renouvellement d'air du système trachéen et fermés par des valves lors de la plongée. La respiration est aérienne. Le dernier segment abdominal porte l'anus.

Les larves ont beaucoup d'ennemis naturels : des poissons (*Gambusia affinis*, *Poecilia reticulata*) ; des bactéries (*Bacillus thuringiensis israelensis*, *Bacillus sphaericus*) ; les larves prédatrices de certaines espèces de moustiques comme les *Toxorhynchites* (Goma, 1966); etc.

#### **3.1.4. La nymphe (Fig. 2: c)**

En fin de quatrième stade larvaire, la cuticule se fend dorsalement et libère une nymphe, bien différente de la larve. Elle est composée de deux parties: le céphalothorax, résultant de la coalescence d'une tête non individualisée et d'un thorax globuleux, et l'abdomen. La nymphe ne se nourrit pas.

- Le céphalothorax porte deux trompettes respiratoires, qui correspondent aux stigmates antérieurs du thorax de l'adulte. Ces trompettes à extrémités hydrophobes traversent la surface de l'eau et assurent la respiration aérienne de la nymphe.

- L'abdomen comprend huit segments bien visibles, dont le huitième porte une paire de palettes natatoires. Lorsque l'abdomen se contracte brutalement, la nymphe effectue des mouvements saccadés. Les nymphes de moustiques ont des prédateurs naturels : les scarabées, coléoptères (*Cicindela octoguttata*), les mouches sauvages du genre *Lispa* (Christopher., 1960) ; et aussi les poissons *Ctenogobius nebulosus*, *Lairdina hopletupus* (Laird., 1956).

#### **3.1.5. L'adulte (Fig. 2: d et e)**

Après la vie nymphale, la cuticule du céphalothorax de la nymphe âgée se fracture dorsalement selon un plan sagittal. Les plans hydrophobes de la fracture écartent la surface de l'eau et libèrent successivement les différentes parties de l'adulte : thorax, tête, antennes, ailes, trompe, pattes, abdomen. L'adulte se retrouve à l'air libre, posé sur son exuvie nymphale. Il reste immobile, le temps que ses ailes se déploient et que la cuticule

durcisse. Après une heure, il est capable de s'envoler. L'émergence dure quelques minutes et représente une phase délicate dans la vie de l'insecte en raison d'une forte mortalité par noyade. Le sex-ratio est généralement en faveur des mâles (45 femelles pour 55 mâles)

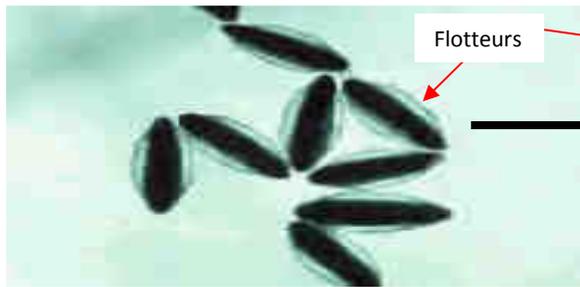
Dans la nature l'accouplement a généralement lieu dans les 24 à 48 heures après la mue imaginale. Les mâles forment un essaim qui se tient fréquemment à la verticale de points bien définis ou nettement contrastés, par exemple le sommet d'un arbre ou l'angle d'un bâtiment. La formation de l'essaim se produit en général à l'aube ou au crépuscule. Les femelles qui pénètrent à l'intérieur de l'essaim sont happées au passage et le couple ainsi constitué s'en isole en se laissant tomber. Après insémination, les spermatozoïdes sont emmagasinés dans un organe appelé spermathèque dont ils sont extraits progressivement pour féconder la totalité des œufs que la femelle produit (monogamie). Dans les meilleures conditions tropicales, la durée de vie des anophèles est de 3 à 4 semaines en fonction des facteurs climatiques de la nature. La dispersion moyenne des anophèles adultes en vol varie d'un à 10 Km par nuit (Kaufman et Briegel., 2004) et leur taille varie de 2,5 mm à 3,9 mm en générale pour *An. gambiae s.l.* (Yaro et al., 2006b). L'adulte comprend trois parties bien distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen.

- La tête : porte deux gros yeux composés, une paire d'antennes de quinze articles à soies nombreuses et longues chez le mâle, rares et courtes chez la femelle. La trompe, ou proboscis, est formée d'une pièce buccale particulière, le labium, formant une gouttière souple entourant les autres pièces buccales vulnérantes chez la femelle: l'hypopharynx, les deux mandibules et les deux maxilles. Certaines de ces pièces buccales forment deux canaux indépendants dans lesquels la circulation des fluides se fait dans des sens bien définis et inverses l'un par rapport à l'autre. Le plus gros est le canal alimentaire, délimité par le labre replié en gouttière. Le moustique y aspire le sang de l'hôte. Le plus fin est le canal salivaire, placé à l'intérieur de l'hypopharynx : la salive est injectée dans ce canal et circule depuis les glandes salivaires du moustique jusqu'à la partie distale de l'hypopharynx, à l'extrémité la plus avancée du point de piqûre dans l'hôte. Ces caractéristiques morphologiques permettent à l'anophèle femelle d'ingérer un volumineux repas sanguin et d'injecter avec sa salive le stade infectant (sporozoïte) du Plasmodium lors de la piqûre. Deux palpes maxillaires sont situés de part et d'autre de la trompe. Chez la femelle, ils sont

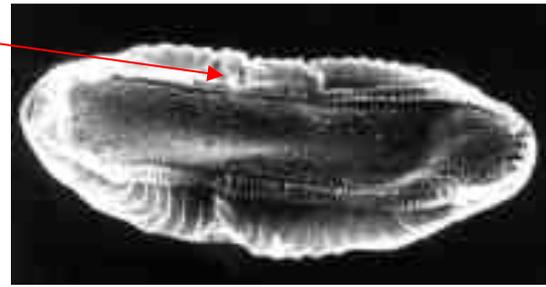
de la même taille que la trompe. Chez le mâle, ils sont plus longs et la partie distale est renflée en massue.

- Le thorax est formé de trois segments portant chacun une paire de pattes. Le premier est réduit. C'est sur le second, très développé et renfermant de puissants muscles alaires, que s'insère une paire d'ailes. Sur le troisième est placée une paire d'haltères, ou balanciers, qui est l'homologue d'une paire d'ailes postérieures atrophiées, et qui joue un rôle dans l'équilibration du vol. Les six pattes, longues et graciles, sont formées de neuf articles. Les ailes présentent de nombreuses écailles claires et sombres : leur arrangement sur le rebord costal est caractéristique des anophèles.

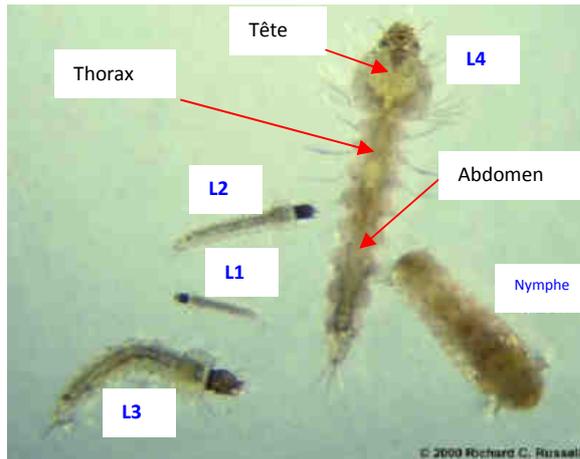
- L'abdomen est constitué de dix segments, dont sept sont bien visibles. Chaque segment est constitué d'une plaque chitineuse dorsale et d'une plaque ventrale reliées par une membrane qui autorise la dilatation de l'abdomen lors de la prise d'un repas de sang et lors de l'élaboration de la ponte dans les ovaires. Les trois derniers segments portent l'anus et les appendices génitaux, ou génitalias.



a. Œufs d'anophèles

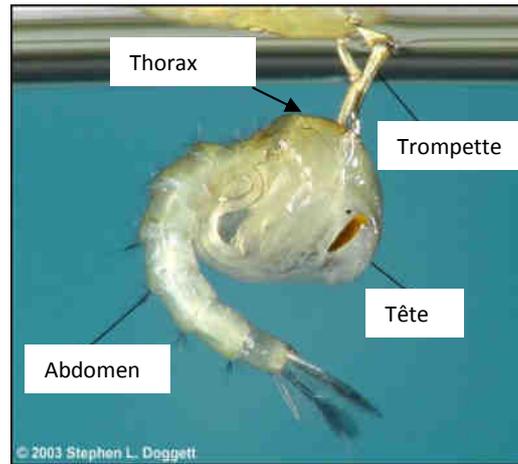


: <http://www.lmca.us/education/lifecycle/life12.htm>

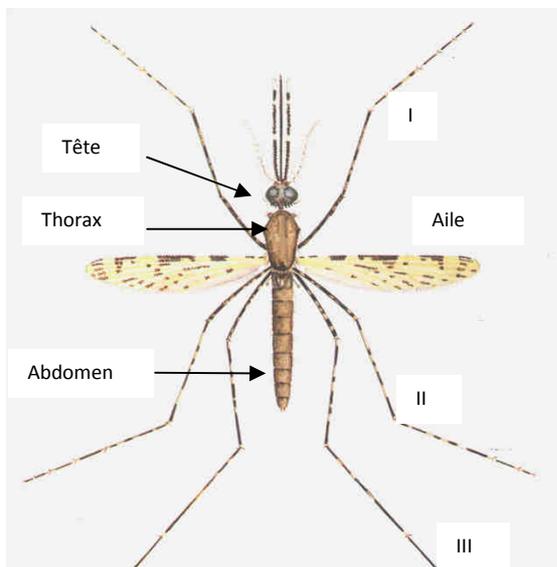


<http://www.cdc.gov/malaria/biology/mosquit>

b. Larves d'anophèles

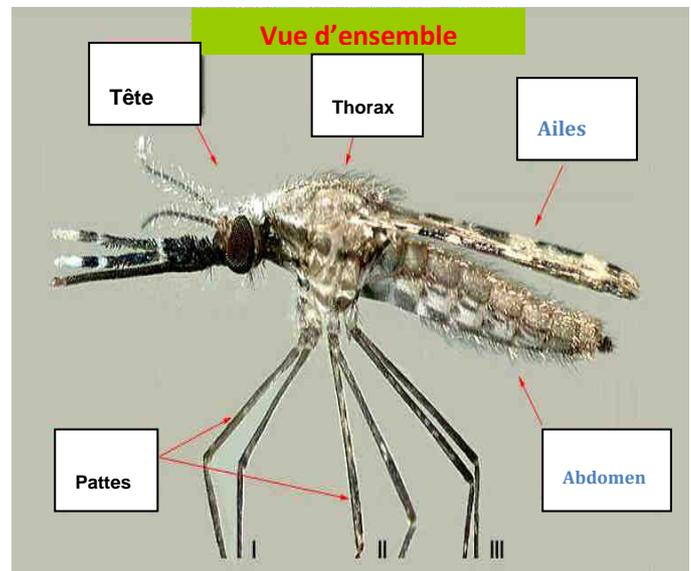


c. Nympe d'anophèles



*Gillies et DeMeillon, 1968*

d. Femelle adulte d'*Anopheles funestus* s.l



*Hervy et al. ORSTOM*

e. Femelle adulte d'*Anopheles gambiae*

**Fig.2** : Photos montrant la morphologie des œufs (a), des larves (b), des nymphes(c) et des adultes (d et e) d'anophèles.

### **3.1.6. Cycles :**

#### **3.1.6.1 Cycle biologique (voir Fig. 3)**

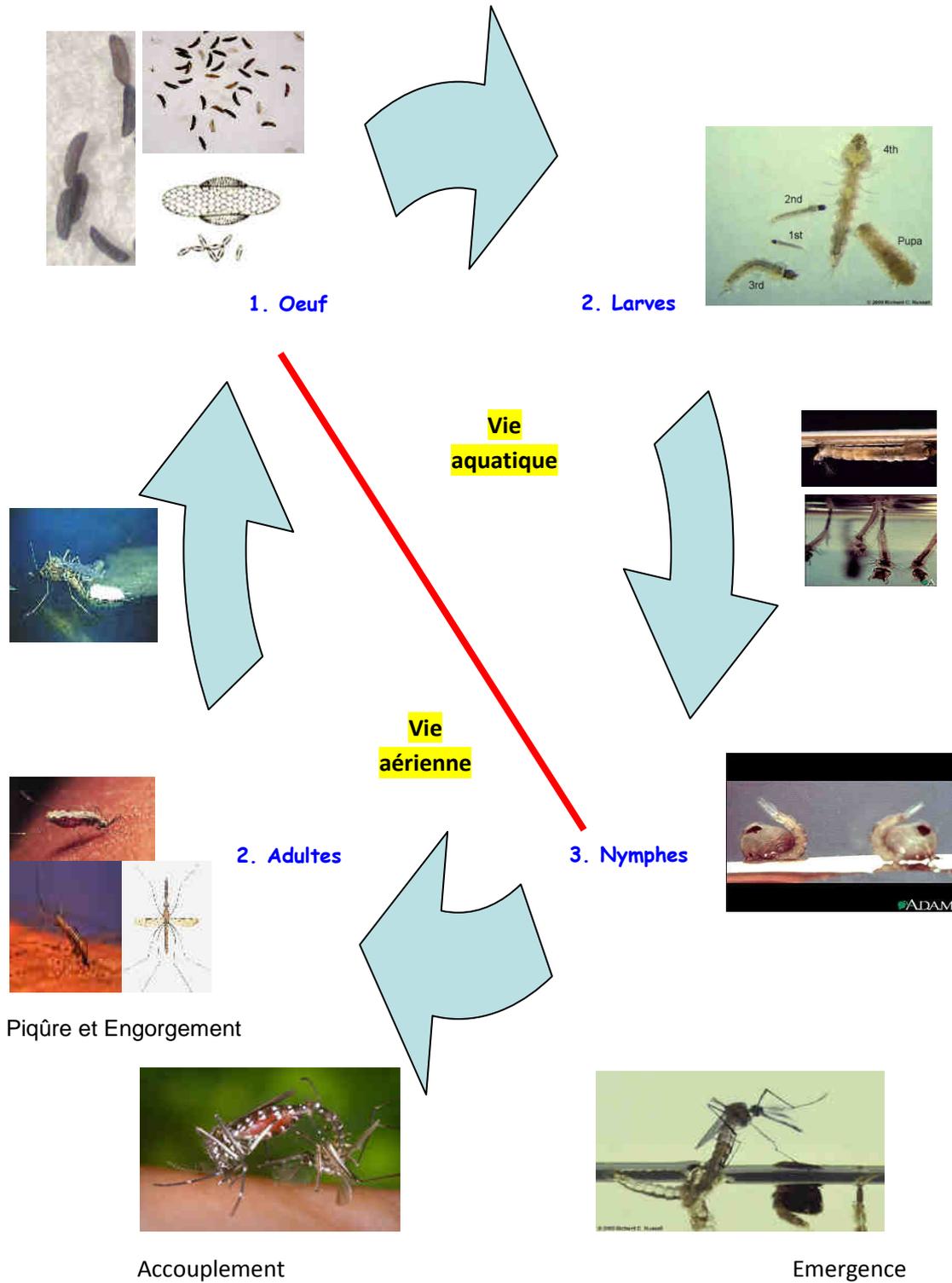
C'est un processus au cours duquel se déroulent les différentes étapes d'évolution des stades de développement du moustique. Il s'accomplit entre 9 et 20 jours pour *An. gambiae* s.l et 3 semaines pour *An. funestus*, à la température de 27°C.

#### **3.1.6.2 Cycle trophogonique (voir Fig. 4)**

Il commence par la piqûre d'un hôte vertébré, se poursuit par la digestion du sang, la maturation des ovocytes et se termine par la ponte dans un gîte larvaire. Il dure en moyenne deux à trois jours

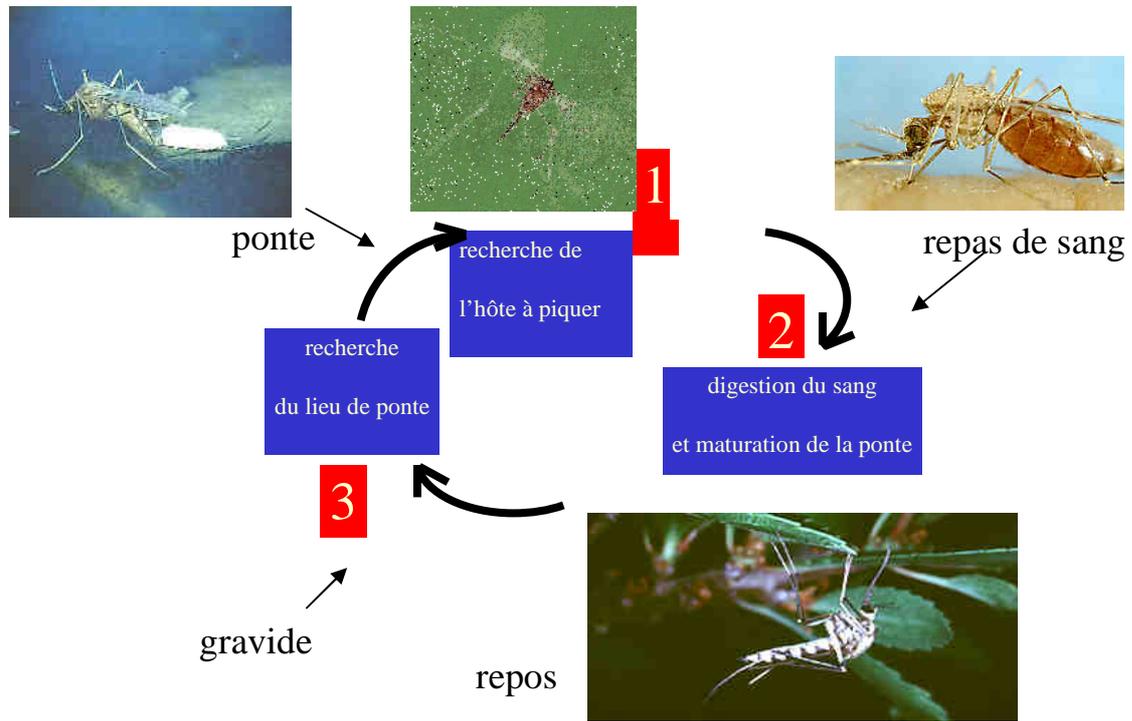
#### **3.1.6.3. Cycle Sporogonique (voir Fig. 5)**

Il ne commence que lorsque le moustique rentre en contact avec le parasite (Plasmodium) suite à l'ingestion du sang d'un porteur de gamétocyte. Après ex-flagellation, les gamètes mâles et femelles se fusionnent pour donner un ookinète qui évolue en oocyste à l'intérieur duquel se forment les sporozoites. Ceux-ci migrent vers les glandes salivaires après éclatement de l'oocyste. La durée moyenne de ce cycle est de 11 à 15 jours.



NB : Photos tirés de: ADAM ; <http://www.cdc.gov/malaria/biology/mosquito/> (Dernière mise à jour : 7 Septembre, 04 & <http://www.lmca.us/education/lifecycle/life12.htm>

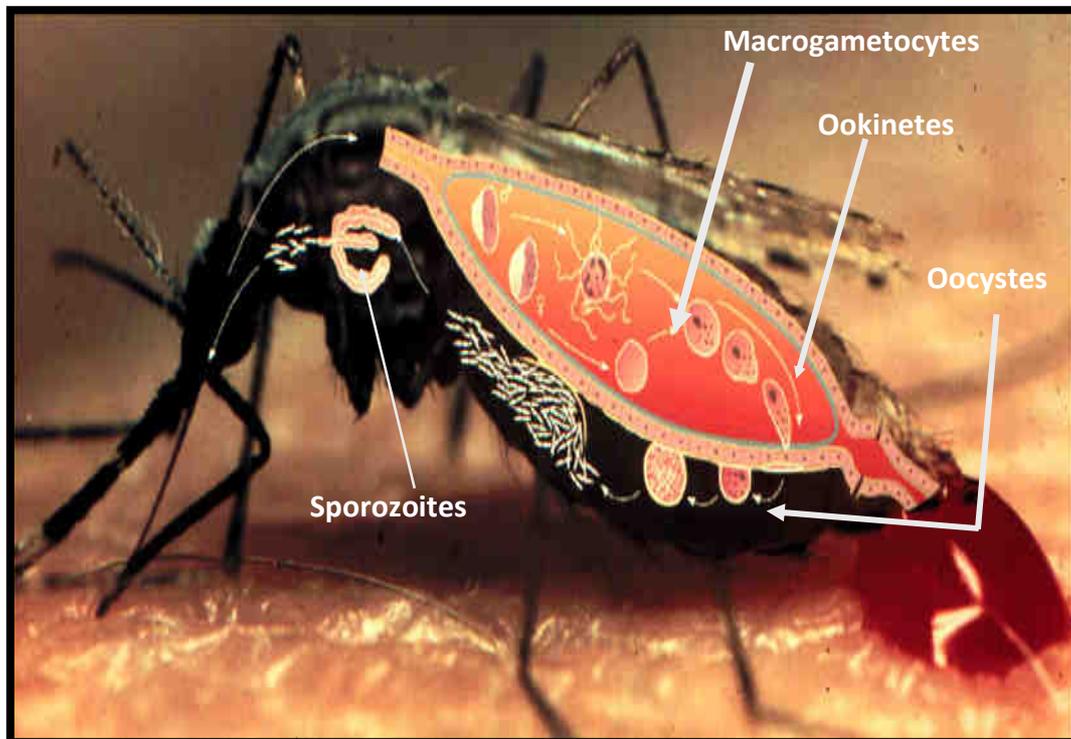
**Fig. 3 :** Cycle biologique des moustiques



Crédit Robert Vincent, Cours MIE 2006, IRSP Ouidah/ Bénin

**Fig. 4 :** Cycle trophogonique d'une femelle de moustique (3 phases)

### ***Cycle sporogonique***



**Fig. 5 :** Cycle sporogonique du parasite au sein du moustique (Louis Gouagna, 2002)

### 3.2. Aperçu sur le parasite

L'agent pathogène du paludisme est un hématozoaire (protozoaire qui se développe pendant une partie de sa vie dans les hématies) du genre *Plasmodium*, appartenant à l'embranchement des Sporozoa et à l'ordre des Haemosporidae. Le *Plasmodium*, aurait pour ancêtre d'origine *P. reichenowi*, un parasite de chimpanzé décrit entre 1917-1920 par Reichenow (Reichenow 1920). Cent vingt trois espèces du genre *Plasmodium* ont été répertoriées et possèdent des cycles biologiques similaires. Ce sont des parasites intracellulaires obligatoires des vertébrés transmis par des moustiques femelles.

Quatre espèces sont présentes en Afrique:

- *Plasmodium falciparum* : C'est le plus redoutable et il prédomine partout en Afrique Subsaharienne. Il est responsable des accès pernicieux, de la fièvre tierce maligne, de la fièvre bilieuse hémoglobinurique.
- *Plasmodium malariae* : Il est inégalement réparti en Afrique Orientale et Occidentale, surtout dans leur zone équatoriale. Il est responsable de la fièvre quarte et des néphrites quartanes.
- *Plasmodium ovale* : Il n'existe pratiquement qu'en Afrique de l'Ouest. On le trouve plus fréquemment en zone de forêt chaude et humide et infeste plus particulièrement les jeunes enfants. Il est responsable de la fièvre tierce bénigne.
- *Plasmodium vivax* : Il paraît absent actuellement d'Afrique de l'Ouest. Il domine par contre en Afrique du Nord et se rencontre en Afrique orientale et du Sud.

#### \* Systématique de *Plasmodium falciparum*

Il existe quatre espèces de plasmodies capables d'infecter l'homme ayant la classification suivante : Règne des protistes, Phylum des *Apicomplexa*, Classe des Haemosporidea, Sous – classe des *Coccidia*, Ordre des *Haemosporida*, Sous-ordre des *Haemosporina*, Famille des *Plasmodidae* et au Genre *Plasmodium*.

Le cycle biologique du *Plasmodium* humain se divise en trois phases :

- Une phase sexuée se déroulant chez le moustique qui est l'hôte définitif (cycle sporogonique)

- Deux phases asexuées abritées par l'homme (hôte intermédiaire) ; il s'agit du cycle érythrocytaire (dans les cellules sanguines) et du cycle exo-érythrocytaire (dans les cellules hépatiques).

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

Deux méthodes de lutte peuvent être mises en œuvre pour lutter contre le paludisme, l'une visant à détruire l'agent pathogène, l'autre orientée contre le vecteur.

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

Elle repose sur l'utilisation des substances antipaludiques (schizonticides et gamétocides) qui sont actives contre les différents stades sanguins du parasite. Elle vise soit à éliminer les parasites déjà présents chez un hôte (chimiothérapie), ou bien à prévenir l'installation et le développement du parasite chez l'homme (chimio prophylaxie).

Les parasites résistent de plus en plus aux médicaments antipaludiques les plus usuels comme la chloroquine ou l'association sulfadoxine-pyriméthamine (Kouriba, 1993). Le PNLP a récemment privilégié des associations à base d'artémisinine.

L'association de deux médicaments est l'un des moyens pour limiter l'apparition des pharmaco-résistances, car le risque d'apparition simultanée d'une résistance à deux produits différents est très faible. De plus, les nouvelles combinaisons médicamenteuses parviennent à éliminer le parasite et permettent au paludéen de récupérer beaucoup plus rapidement.

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

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

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

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

- biologique, Chimique physique.

### 3.3.2.1.1.- La lutte biologique

#### . Poissons larvivores

L'exemple le plus connu est celui des poissons larvivores, qui se nourrissent de larves de moustiques. Parmi les principales espèces à avoir été introduites avec succès dans différents pays, il y a le « top minnow » ou poisson à moustiques (*Gambusia affinis*) et le « guppy » (*Poecilia reticulata*). *Gambusia* est plus efficace dans les eaux claires, tandis que *Poecilia* est utilisé avec succès dans les eaux polluées de matières organiques. *Poecilia* supporte des températures plus élevées que *Gambusia* et convient donc mieux dans les rizières des pays chauds. Cependant, à l'inverse de *Gambusia*, il ne peut survivre à des températures inférieures à 10°C (OMS, 2003).

#### . Bactéries Larvicides

Elles produisent des toxines qui tuent les larves après ingestion. Les bactéries *Bacillus thurigiensis israelensis* (Bti) et *Bacillus sphaericus* sont des bactéries qui produisent des toxines très actives contre les larves par ingestion. A dose normale, elles sont sans danger pour l'homme, les autres insectes, les poissons et animaux supérieurs. Elles peuvent être utilisées dans les eaux d'irrigation des cultures vivrières et dans les eaux de boisson. Le Bti a le désavantage de n'être actif que par ingestion, puis sa densité l'entraîne au fond alors que les larves d'anophèle se nourrissent en surface. Elle se détruit très rapidement dans le milieu naturel et doit donc être réappliquée périodiquement (OMS, 2003 ; Fillinger et al., 2003)

### 3.3.2.1.2- La lutte Physique

C'est une modification intentionnelle du biotope, qui vise à faire disparaître ou à réduire par des moyens physiques les nappes d'eau de surface dans lesquelles les moustiques se développent (PNEP Tunisie ; [www.malaria.tun](http://www.malaria.tun)) . On distingue :

. *Le drainage*, qui consiste à faire évacuer les eaux du gîte à l'aide d'un drain vers un milieu récepteur naturel (tel qu'un cours d'eau, un terrain perméable etc...). Il a l'avantage d'évacuer rapidement les eaux et d'entraîner œufs et larves vers des milieux défavorables à leur développement où leur destruction rapide est assurée. Un

récepteur naturel situé loin du gîte est souhaitable par contre, une petite distance entre récepteur naturel et gîte constitue un facteur qui limite l'efficacité de cette méthode.

. *La mise en boîte*, qui consiste à concentrer les eaux dans les tranchées, et par conséquent réduire la superficie du gîte à empoissonner.

Cette méthode est utilisée dans le cas de gîtes importants situés loin d'un milieu récepteur naturel. Cette mise en tranchée nécessite la connaissance du volume d'eau dans le gîte.

. *Le captage des résurgences*, ces résurgences proviennent de nappes artésiennes ou nappes captives.

Pour éliminer ces résurgences on peut utiliser soit :

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

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

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

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

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

*Le boisement*, il est bénéfique et rentable de prévoir la plantation d'arbres, comme l'eucalyptus ou autres végétations hydrophiles dans les sols humides regroupant plusieurs résurgences d'eau de faible débit mais d'écoulement continu (<http://lozere.org/perso/malaria/LUTTE-ANTILARVAIRE.htm>).

### 3.3.2.1.3.- La lutte chimique

Il s'agit de répartir, uniformément et périodiquement, une certaine quantité de pesticide sur la surface de l'eau qui abrite les gîtes larvaires et d'exposer ainsi les larves à des substances naturelles ou de synthèse qui provoquent la mort des arthropodes par empoisonnement.

-Les organophosphorés : sont les plus utilisés. Le Temephos qui a une très faible toxicité pour les mammifères a été le larvicide le plus utilisé dans le monde (OMS, 2003). Il peut être mis dans l'eau d'irrigation et a aussi été utilisé pour traiter les eaux de boisson. Il est cependant toxique pour les poissons, Le Fenthion : est aussi communément utilisé à condition de ne pas contaminer l'eau de boisson et les aliments.

### 3.3.2.2.- Lutte contre les adultes (ou imagos)

- Pulvérisations intradomiciliares

Les pulvérisations intradomiciliares d'insecticides restent une option valable pour le contrôle du paludisme. L'application continue d'insecticides à grandes échelles n'est pas pérennisable à cause du coût, de la résistance acquise par le vecteur et des risques pour l'environnement.

Ces pulvérisations ne peuvent être employées avec succès que lorsque :

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

- Moustiquaires et autres supports traités par insecticides

Dans de nombreux pays la mise en œuvre des programmes de distribution de moustiquaires imprégnées (MII), fait partie d'une approche intégrée de contrôle du paludisme. Toutefois, leur mise en place nécessite une adaptation aux conditions locales.

En tant que matériel de prévention et de contrôle du paludisme, le programme des (MII) se fixe sur certains principes de base :

- protection personnelle dans les groupes à haut risque

➤ réduction de la transmission avec pour cible une couverture élevée

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

- Amélioration de l'habitat humain

Elle permet d'empêcher l'entrée des moustiques et leur repos à l'intérieur. La protection par des moustiquaires aux fenêtres, aux avancées des toits, aux portes est une méthode efficace si elle est bien faite et entretenue. Les implantations de nouvelles habitations doivent être planifiées (plan, matériaux de construction, localisation par rapport aux gîtes) pour prévenir le paludisme (OMS, 2003).

- Répulsifs

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

- Spirales anti-moustiques

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

- Vêtements protecteurs

L'utilisation de certains vêtements couvrant la plus grande partie du corps fournit un certain niveau de protection personnelle contre les piqûres de moustiques (OMS, 2003).

### **3.3.2.3.- Lutte génétique**

Elle est basée sur la manipulation du patrimoine génétique des moustiques afin d'obtenir des individus transgéniques qui peuvent être soit stériles, soit réfractaires aux parasites qu'ils transmettent habituellement (Tabachnick, 2003).

Les manipulations intéressent également les plantes telles les algues qui se reproduisent dans

les gîtes larvaires. Ces algues génétiquement modifiées par intégration de gènes de toxines bactériennes agissent sur les larves de moustiques.

### 3.4. Rappel sur le métabolisme :

Le **métabolisme** est l'ensemble des transformations moléculaires et énergétiques qui se déroulent de manière ininterrompue dans la [cellule](#) ou l'organisme vivant. C'est un processus ordonné, qui fait intervenir des processus de dégradation ([catabolisme](#)) et de synthèse organique ([anabolisme](#)). Couramment, le métabolisme est l'ensemble des dépenses énergétiques d'une personne.

L'*anabolisme* est le métabolisme qui permet à la cellule de synthétiser les substances indispensables à sa vie et à sa fonction. Cette synthèse s'effectue à partir des matériaux que la cellule a absorbés du milieu extérieur et de l'énergie dégagée par le catabolisme ou provenant de l'extérieur (cas de la [photosynthèse](#)).

Le métabolisme de dégradation de grosses [molécules](#) en petites molécules, qui permet la libération d'énergie, est appelé [catabolisme](#). L'énergie est mise en réserve lors de la phosphorylation de l'[ADP](#) (adénosine diphosphate) en [ATP](#) (adénosine-triphosphate). Cette énergie servira à assurer les différentes fonctions de la cellule. L'ATP est formée à partir de glucoses, lipides, et protides combinés à l'oxygène.  
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Metabolisme> (visité le : 19 Septembre 2011)

## 4. Matériels et Méthodes

### 4.1. Description du site de l'étude :

#### Type et période d'étude :

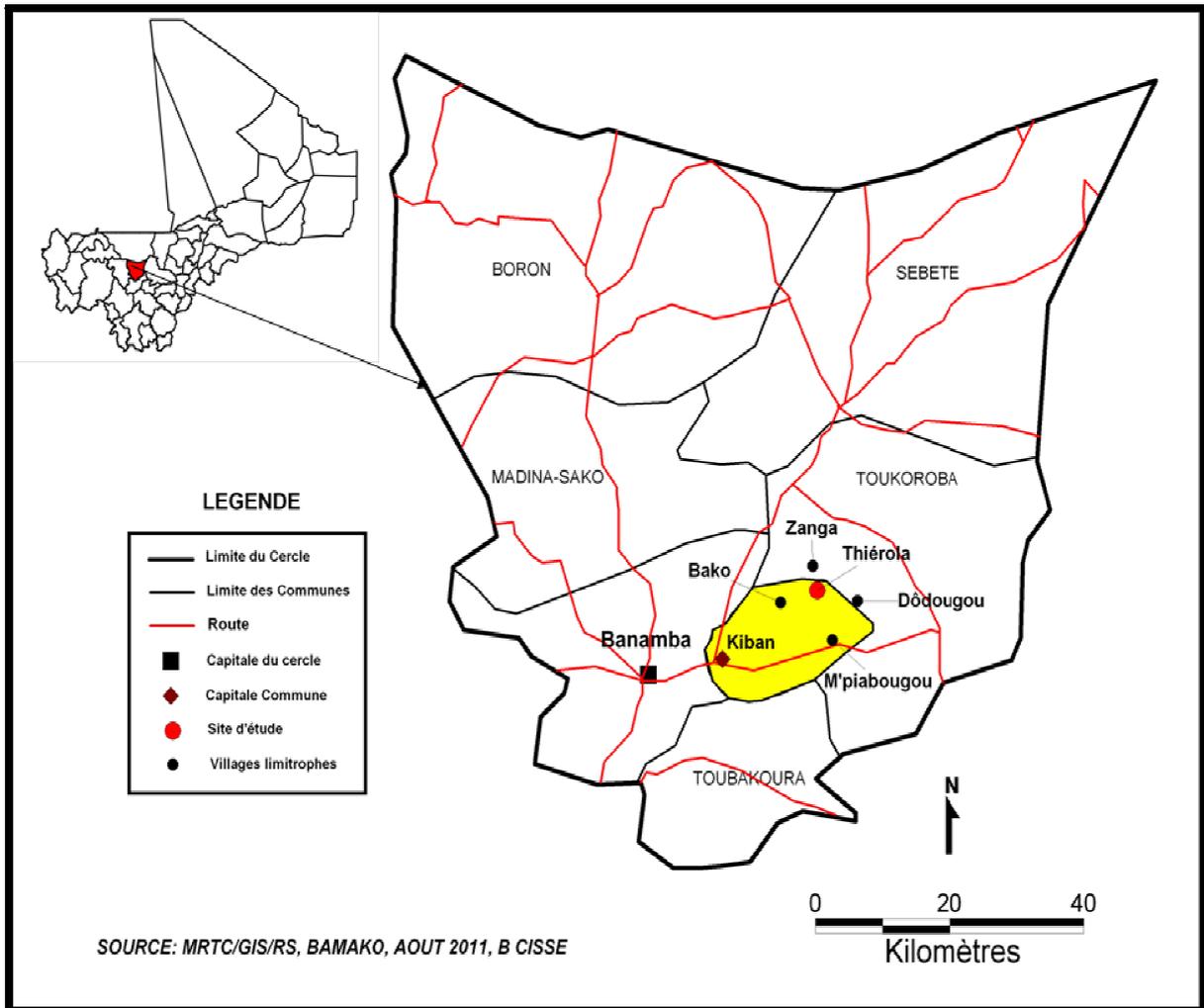
C'est une étude expérimentale longitudinale à suivi mensuel, exécutée en conditions de terrain. Elle s'est déroulée vers la fin de la saison des pluies (Octobre 2009), a duré toute la saison sèche et s'est poursuivie jusqu'en saison de pluies suivante (Août 2010).

#### 4.1.1. Lieu d'étude : Thiérola (Fig.6)

Le village de Thiérola a été choisi pour des raisons pratiques. En effet c'est un petit village isolé d'au moins 5km de tout autre village (sauf Zanga qui est à 3 km). Thiérola est distant d'au moins quarante cinq (45) kilomètres de toute source d'eau permanente (rivière, fleuve, marre). Cet isolement est un facteur qui limite les échanges de populations d'anophèles avec celles des villages limitrophes. Tous les gîtes larvaires connus du village tarissent pendant la saison sèche (de Décembre à fin Mai).

#### 4.1.2. Situation géographique

Thiérola est un petit village de la commune de Kiban, cercle de Banamba, région de Koulikoro. Ce village est situé environ à 100 km de Koulikoro deuxième capitale régionale du Mali. Il est limité au Nord par le village de Zanga (à 3 km), à l'Est par le village de Dôdougou (à 6 km), au Sud par le village de M'Piabougou (à 8 km), et à l'Ouest par le village de Bâko (à 6 km). De par sa position géographique, Thiérola est situé entre 13,65° latitude Nord et 7,20° longitude Ouest.



**Fig. 6 :** Carte du cercle de Banamba, montrant la commune de Kiban, le site d'étude et les villages limitrophes

#### 4.1.3. Historique

D'après l'actuel chef de village, Thiérola fut fondé en 1942 par Boucari Yattabary, originaire de *Djoni* (un village de la commune de Toubakoura, situé, à environ 26 km au Sud-ouest de Thiérola). Boucari quitta son village suite à un différend entre lui et la chefferie du village consécutif à une arnaque du berger du village. Se sentant offensé, il décida de quitter Djoni pour aller fonder son propre village. Sur conseils de son ami marabout *Sanoussi*, il arriva à Bako avec sa famille, ceux-ci vinrent leur montrer où se trouvait un grand *Acacia* avec une termitière rouge au pied.

Le village, considéré comme le Hameau des ressortissants de Djoni prit le nom «djonibougou» (hameau de Djoni), il acquit le nom *Thiérola* vers 1970, qui veut dire, village des thiéro. Ce nom fut attribué à leur ancêtre soninké : Mohamed Yattabary qui était un vaillant guerrier montant un cheval (appelé thiéro en soninké) on le surnommait: «thiérotigui» (cavalier du thiéro), qui à la longue fut écourté en thiéro.

De sa création à nos jours, le village entièrement musulman a vu la succession de huit chefs: Boucari Yattabary, Mâma Yattabary, Famory Yattabary, Djatourou Yattabary, Bâssoukô Yattabary, Soumanè Yattabary, Kalifa Yattabary et Kôkê Yattabary, l'actuel chef

#### 4.1.4. Relief et Hydrographie :

Il est composé essentiellement par des plaines et des dépressions.

Les principaux points d'eau sont le *MiniyaKô* situé à l'Est et le *Diallakô* situé au Sud-Ouest du village. Ces retenues d'eau temporaires sont occasionnées par les eaux de pluie. Ces mares présentent par endroit des trous qui sont de véritables gîtes larvaires pour les anophèles. Après tarissement de ces points d'eau, l'ensemble du besoin de la population humaine et du cheptel repose sur quatre puits dont un seul à grand diamètre est intarissable.

#### 4.1.5. Climat et végétation :

La température moyenne annuelle varie entre 28 et 30°C, l'humidité relative moyenne annuelle varie entre (50 et 58%) et les précipitations annuelles ne dépassent pas en général

500mm par an. Le climat est du type sahélien avec deux vents dominants : la mousson venant du Sud-Ouest et l'harmattan du Nord-Est divisant l'année en deux saisons :

- une saison des pluies de Juin à Octobre,
- une saison sèche comprenant une saison fraîche de Novembre à Janvier et une saison chaude de Mars à Mai

La végétation est une savane arborée et arbustive typique du climat sahélien très modifiée par l'action humaine. Les végétaux rencontrés généralement sont : le Karité *Vitellaria paradoxa* (nb Sii), *Parkia biglobosa* (nb Nèrè), *Kaya senegalensis* (nb Diala), *Tamarindus indica* (nb N'Tomi), le Baobab, *Bombax constatum* (nb Zira),<sup>2</sup>le capokier rouge, *Adansonia digitata*(nb Boumboun) et *Combretum micranthum* (nb N'Gôlôbè). En saison humide on y rencontre de hautes graminées estompant le relief. Ce sont essentiellement, *Pennisetum pedicellatum* , *Andropogon pseudapricus* , *Andropogon gayanus* , , *Hygrophila senegalensis*, etc...

#### 4.1.6. Population et habitat

Le village compte environ 276 habitants dont 22% sont des enfants de 0 à 5 ans. Cette population est composée de Bambara (90%) et de Peuhl (10%).

La population est entièrement musulmane (100%)

A Thiérola, on rencontre trois types d'habitations:

- des cases aux toits coniques en paille (rondes, 1,5m de rayon environ)
- des maisons au toit en tôle (quadrangulaires, reparties en une ou deux pièces de 3m x 3,5m environ)
- des maisons en terre battue aux toits en terrasse (rondes, quadrangulaires : reparties en une ou deux pièces de 3m x 3,5m environ)

Tous ces types de maison constituent des lieux de repos pour les anophèles.

A côté des habitations humaines existent des enclos de branchages servant de bergerie, de petits enclos ou cages pour la volaille.

Les coutumes locales sont : les pratiques religieuses et traditionnelles (fêtes annuelles, baptêmes, mariages, sacrifices, funérailles).

#### **4.1.7. Activités économiques :**

L'agriculture et l'élevage constituent les principales activités économiques du village. Les cultures sont variées ; on y rencontre :

- les cultures vivrières : mil, sorgho, maïs, arachide, haricot, patates, fonio et sésame.

Les produits de cueillette sont : les noix de Karité, les fruits du Tamarinier, du *Saba senegalensis* (nb Zaban).

L'élevage est axé surtout sur les bovins, les ovins, les caprins, et la volaille.

La coupe des arbres pour les besoins domestiques et surtout la vente comme bois de chauffe au grand détriment de la nature. Ainsi que la production et la vente de charbon de bois, y sont pratiquées.

#### **4.1.8. Faune :**

Parmi les insectes, on peut citer :

- les culicidae : *Anopheles*, *Culex*, *Aedes*.
- les muscidae : *Musca domestica*
- Les phlébotomes

Parmi les vertébrés on rencontre :

Les amphibiens : la grenouille *Rana occipitalis*, le crapeau *Bufo regularis*.

Les reptiles : les serpents comme, *Causus maculatus* (nb fonfôni), *Bitis lachesis* ou *Bitis arietans* (nb Dangala), *Psammophis sibilans* (nb Sadjè), *Naja nigricollis* ou *Naja "cracheur"* (nb Gorongo) sont fréquents. Le Margouillat *Agama-agama* (nb Bassa), le Scinque (nb Sakènè) etc.

Les oiseaux : la volaille, le hibou, la Perdrix, la tourterelle, le mange mil (*Quelea-quelea*).

Les petits mammifères : Lièvre, chat, rat, écureuil,...

#### **4.1.9. Infrastructures socio-sanitaires**

Depuis l'année (2008) une école de base communautaire a été créée par les villageois. Les premiers élèves de cette école sont aujourd'hui en classe de 4<sup>e</sup> Année.

La place publique traditionnelle et une mosquée, sont aussi du nombre des édifices publics.

#### **4.2. Expérience de mesure du métabolisme**

Les moustiques mâles et femelles étaient soumis à cette mesure du métabolisme à l'aide d'un appareil qui sera décrit ci-dessous.

##### **4.2.1. Collecte des anophèles**

Les captures étaient faites à l'aide d'aspirateurs à bouche dans les habitations humaines le matin entre huit heures (8 h) et onze heures (11 h). L'accès des cases était conditionné au consentement du chef de concession et du propriétaire de la case. Seuls, les anophèles vecteurs du paludisme étaient capturés sans distinction de sexe et d'état de réplétion. Les moustiques capturés sont gardés dans de petits pots en papier avec l'ouverture fermée par une tuile moustiquaire maintenue par un bracelet élastique. Le pot porte un orifice à la base que l'on ferme avec du coton après transfert du moustique. Avant l'expérience, les moustiques étaient maintenus au repos et ne disposaient que de l'eau simple donnée sous forme de coton humecté.

##### **4.2.2. Description du matériel utilisé pour la mesure du volume de CO<sub>2</sub> émis par le moustique en conditions expérimentales.**

La mesure du volume de CO<sub>2</sub> est un long processus au cours duquel plusieurs machines et autres équipements sont utilisés :

###### **4.2.2.1. Le FoxBox (Annexe 3-A)**

C'est la machine qui permet de mesurer les taux de CO<sub>2</sub> et d'O<sub>2</sub> contenus dans le flux d'air qui la traverse. Elle est encastrée dans une caisse plastique anti choc et imperméable à l'eau. Elle a une forme hexagonale avec, vingt huit centimètres (28 cm) de longueur, vingt cinq centimètres (25 cm) de largeur, et dix huit centimètres (18 cm) de hauteur. Quand on ouvre la caisse, on observe une surface plane avec de haut en bas : un ensemble de

tuyauteries permettant au flux d'air injecté de traverser la machine avec une entrée où l'on injecte l'air et une sortie libre ; puis un écran électronique avec des boutons de réglage à droite, à gauche, et en bas permettant le calibrage de la machine avant l'injection. Quand il est en marche, le FoxBox doit être relié à un ordinateur contenant un programme appelé « EXPEDATA » capable de lire les informations que produisent le FoxBox puis les traduire en base de données sauvegardées puis analysées par l'ordinateur. (Voir Fig.2-A en annexe)

#### **4.2.2.2. La pompe d'air (Annexe 3-B)**

Elle a une forme rectangulaire, mesurant 25 cm de longueur sur 15 cm de large et 10 cm de hauteur. Elle aspire de l'air ambiant par le bas puis la rejette latéralement avec une certaine vitesse réglable. Cette machine a pour fonction d'envoyer de l'air à travers le système de tuyauterie pour assurer le nettoyage des seringues dans lesquels sont mis les moustiques soumis à l'expérience de métabolisme.

#### **4.2.2.3. La colonne (Annexe 3-C)**

De forme cylindrique et transparente avec une double fermeture supérieure et inférieure. Elle fait vingt neuf centimètres (29 cm) de hauteur, et un diamètre de six virgule cinq centimètres (6,5 cm) et comporte successivement: trois couches de produits chimiques disposés de bas en haut dans l'ordre ci-après :

\*Le Drierite® : Absorbant d'humidité, c'est un produit chimique en cristaux de couleur bleu mais qui rougit progressivement au fur et mesure que la colonne est sollicitée. Il sert à absorber l'humidité qui se trouve dans l'air fourni par la pompe, afin de créer dans les seringues un environnement sec propice pour la mesure du CO<sub>2</sub>.

\*L'Ascarite® : Absorbant de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), c'est un produit chimique granulé de couleur brune. Il sert à absorber le CO<sub>2</sub> contenu dans le flux d'air entraîné par la pompe à air afin d'assurer l'intégrité de la mesure du volume de CO<sub>2</sub> dégagé par les moustiques en expérimentation.

\*Le Drierite® : Absorbant d'eau, une seconde couche du premier produit en vue de renforcer son rôle.

L'air en traversant la colonne est normalement épuré d'humidité et de CO<sub>2</sub>, donc c'est de l'oxygène pur qui y sort.

#### **4.2.2.4. Le tube filtreur ou petite colonne (Annexe 3-E)**

Elle a vingt centimètres (20 cm) de hauteur avec un diamètre de deux virgule cinq centimètres (2,5 cm), elle contient de l'Aldriete<sup>®</sup> qui est également un absorbeur d'humidité. Elle est utilisée juste par mesure de sécurité comme double rideau.

#### **4.2.2.5. La tubulure et les seringues 5 ml (Annexe 3-D)**

C'est un système de tuyauterie avec 0.5cm de diamètre et 40 cm de long. Elle porte 6 ramifications latérales. Elle permet de partager le flux d'O<sub>2</sub> issu de la colonne entre les différentes seringues qui lui sont rattachées grâce à des capsules jaunes dotées d'un robinet permettant l'ouverture ou la fermeture du passage du flux d'air.

Nous utilisons des seringues avec embouts à filetages, dont le cylindre porte à sa base trois petits trous latéraux perforés à l'aide d'une aiguille au-dessus de la marque de 5 ml pour permettre à l'air de circuler hors de la seringue lors du nettoyage gazeux. Elles servent de chambre d'incubation pour les moustiques ou (chambres métaboliques) et aussi du lieu de stockage du CO<sub>2</sub> dégagé par les moustiques jusqu'au moment de l'injection dans le FoxBox.

#### **4.2.2.6. Les Bouchons de fermetures ou capsules jaunes (Annexe 3-D)**

Elles sont vissées au niveau des embouts des seringues et portent chacune trois orifices. La première : pour l'embout de la seringue ; la seconde à l'opposé : pour le système de tubulures ; et la troisième pour : le microphone d'enregistrement.

#### **4.2.2.7. L'ordinateur portable (Annexe 3-E et D)**

Il est relié au Fox-Box et retrace sous forme de courbes les informations fournies par ce dernier. Le volume de CO<sub>2</sub> produit par le moustique sur la durée d'essai a été calculée automatiquement en prenant l'aire sous la courbe produite lors de l'injection de l'échantillon d'air, en utilisant le logiciel ExpeData, et le taux de CO<sub>2</sub> comme décrit par Lighton (2008).

#### **4.2.2.8. Autres matériels**

\* Le groupe électrogène avec transformateur: Source d'énergie permettant d'assurer le fonctionnement des appareils.

\*Le chronomètre : pour mesurer et respecter le temps imparti pour chaque phase. \*Le Hobo : Un appareil thermohygrometreur sensible permettant de mesurer : l'humidité relative, la température, et la luminosité du milieu,

\*les fiches de paillasse pour reporter les données complémentaires.

### **4.3. Mode de fonctionnement du dispositif expérimental**

Elle a lieu sur le terrain et commence vers 11H30mn par le branchement de sept(7) seringues disposées en série, fixées aux ramifications latérales de la tubulure. L'entrée de la tubulure est reliée à l'orifice de la sortie de l'air rejetée par la pompe en marche. Les moustiques sont soumis à l'expérience de la mesure du métabolisme par vague de six individus qui sont placés dans les six premières seringues, la septième seringue utilisée comme contrôle négatif ne contient pas de moustique.

Le choix des 6 moustiques est aléatoire par sexe et par état de réplétion (Exemple : gorgée, à jeun, gravide, mâle, semi-gravide). La pompe allumée restera en marche pendant cinq (5) minutes, durant lesquelles le courant d'air traversant la colonne sera épuré de CO<sub>2</sub> et d'humidité avant d'arriver au niveau des seringues. Les seringues ont l'entrée de leur cylindre fermée par le piston jusqu'à la mention 5 ml afin de laisser l'air ressortir par les perforations juste au dessus. L'air (le flux d'O<sub>2</sub>) entre donc par l'embout de la seringue et chasse l'air qui se trouve dans la seringue pour le faire sortir par les trous perforés vers la base du cylindre. Ainsi au bout de cinq (5) minutes, on est sûr que c'est l'oxygène uniquement qui circule dans la seringue. Juste après on commence à fermer les seringues une à une en poussant le piston dans le cylindre jusqu'à la graduation quatre (4) ml, puis on ferme ensuite hermétiquement le robinet. Ainsi pendant l'incubation, le moustique se trouve emprisonné dans un milieu contenant uniquement de l'oxygène.

Les seringues sont ensuite mises en incubation pendant 2 heures. Pendant ce temps le CO<sub>2</sub> que dégage le moustique restera stocké dans la seringue.

L'injection du gaz contenu dans chaque seringue commence après le temps d'incubation. Cette opération consiste à injecter trois(3) ml du contenu de la seringue dans la tubulure qui

la relie au FoxBox mis en marche et calibré d'avance pour l'option CO<sub>2</sub>=0% et taux d'O<sub>2</sub>=24.97%. On laisse un (1) ml d'air dans la seringue, cela pour ne pas écraser le moustique qui sera utilisé plus tard pour d'autres tests. Les seringues étaient attachées individuellement à un courant d'air dépourvu de CO<sub>2</sub>. Après avoir solidement fixé le FoxBox au conduit du gaz, le robinet est ouvert et 3 ml d'air de la seringue est injecté dans l'analyseur de gaz. Le taux de CO<sub>2</sub> et d'O<sub>2</sub>, le débit et la pression barométrique étaient enregistrées automatiquement par le logiciel ExpeData (Sable Systems International). Après l'injection, le moustique est récupéré avec soin pour d'autres analyses. Tout comme celle des moustiques, la seringue du contrôle négatif est aussi traitée et analysée.

Remarque : La petite colonne est intercalée entre la seringue et le Fox-Box avant le calibrage. Sa présence est juste une précaution supplémentaire pour absorber le reste d'humidité dans l'air injecté s'il y'en avait, avant sa pénétration dans le Fox-Box.

Le volume de CO<sub>2</sub> à été mesuré selon la technique de Lighton (2008). L'information fournie transmise à l'ordinateur à l'aide du câble de connexion, est traduite sous forme de courbes.

Un Hobo était permanemment placé à coté des moustiques pendant toute la durée de l'expérience.

#### **4.5. Traitement des échantillons**

Après les analyses, les moustiques ont été tués et conservés individuellement dans des tubes 1.5ml sur du silicagel. Une ou deux pattes sont utilisées pour la détermination des différentes espèces et formes moléculaires par la technique PCR (*voir Annexe 2*). Les ailes sont coupées étalées sur lame puis recouvertes par une lamelle avant de mesurer leur taille comme décrit par Yaro et col. , 2006 (*voir description et photo en Annexe 1*).

#### **4.6. Saisie et analyse des données**

Les données initialement reportées sur feuilles de paillasse, ont été saisies dans le logiciel Microsoft Excel puis importées dans SPSS 16.0 ou Epi 6 pour les analyses statistiques.

Le « t » test et ONAVA on été utilisés pour la comparaison des moyennes, sur la base du seuil de validité  $P \leq 0,05$ .

La comparaison saisonnière a été faite selon le découpage suivant :

- Saison des pluies : Juillet-Aout-Septembre-Octobre
- Saison sèche fraîche : Novembre-Décembre-Janvier-Février
- Saison sèche chaude : Mars-Avril-Mai-Juin

Pour la comparaison du métabolisme en fonction de la taille des anophèles, les moustiques ont été repartis en trois (3) catégories comme suite :

\*Moustiques de petite taille : Taille  $\leq$  2,5mm

\*Moustiques de taille moyenne : 2,5mm < Taille < 3,0mm

\*Moustiques de grande taille : Taille  $\geq$  3,0 mm

**Rappel :** Le volume moyen de CO<sub>2</sub> émis par le moustique est mesuré en microlitre de CO<sub>2</sub> par minute (moyenne en  $\mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ) et par individu testé. Les valeurs du CO<sub>2</sub> émis étant très petites, le résultat de chaque individu a été multiplié par 10<sup>3</sup> afin de faciliter les analyses statistiques. C'est pourquoi, les résultats, sont multipliés par: 10<sup>-3</sup>, pour être conforme à la réalité.

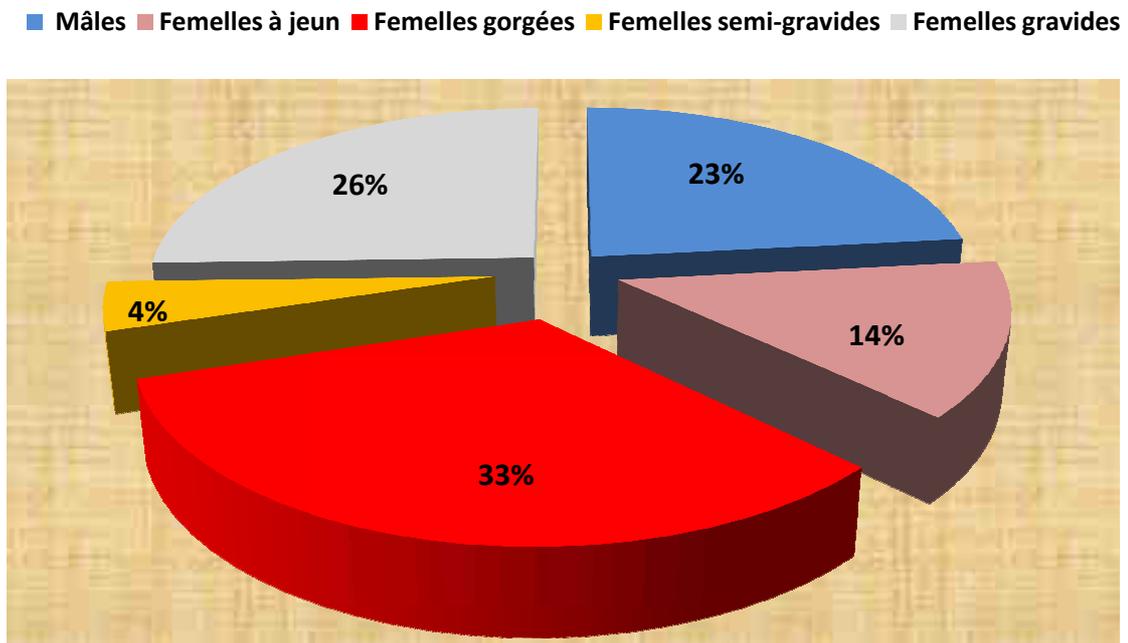
**NB :** *L'emploi du terme « métabolisme » pour désigner le volume de CO<sub>2</sub> dégagé par un organisme en conditions expérimentales est admis et reporté par plusieurs auteurs (Lighton 2008 ; Diana et al, 2011). Dans la même dynamique nous utiliserons dans le présent document l'expression « métabolisme » pour désigner le volume de CO<sub>2</sub> dégagé par les moustiques qui ont fait l'objet de nos expériences dont les résultats sont évoqués au point 5.*

## 5. RESULTATS

### 5.1. Composition de la population d'étude

#### 5.1.1. Fréquences des anophèles par sexe et par état de réplétion dans la population d'étude.

Les mesures du métabolisme ont été effectuées sur un total de 943 *An. gambiae* sl. entre le 25 octobre 2009 et le 23 Août 2010. Cette population fût classée selon le sexe et le statut gonotrophique des femelles.



**N = 943 moustiques**

**Fig. 7 :** Proportions des différents sexes et états de réplétions au sein de la population d'étude

Ce graphique montre que les deux sexes aussi bien que les différents états de réplétion des femelles étaient représentés dans l'étude. Parmi les femelles, les gorgés représentent l'état de réplétion le plus fréquent avec un taux de 33%. Tandis que les à jeun sont moins fréquents avec un taux de 4%.

### 5.1.2. Fréquences des anophèles par sexes, états de réplétions, espèces et formes moléculaires dans la population d'étude.

**Tableau 1:** Répartition des anophèles par sexes et état de réplétion en fonction des espèces et formes moléculaires.

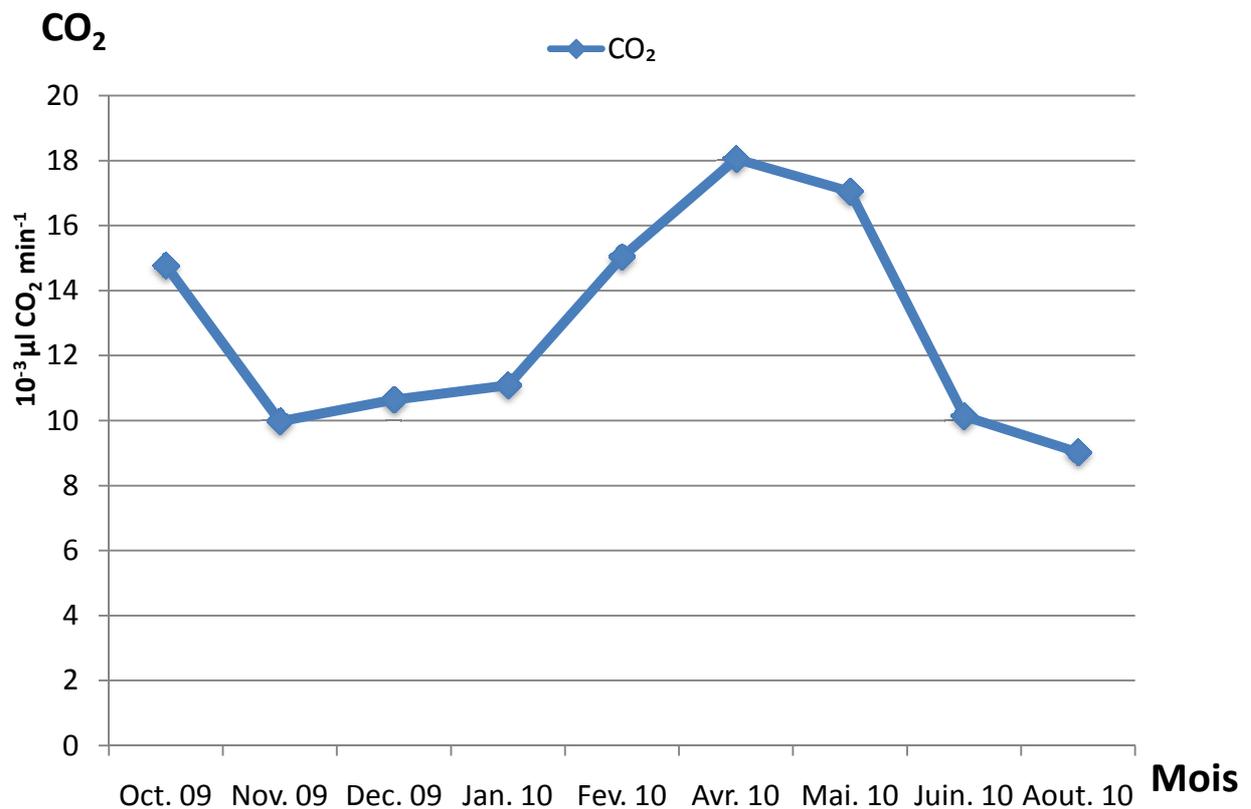
Sexes et états de réplétion	Espèces et Formes moléculaires		
	<i>An. arabiensis</i>	<i>An. gamb.</i> forme M	<i>An. gamb.</i> forme S
Mâles	75	122	4
F. à jeun	68	47	5
F. gorgées	64	165	11
F. semi-gravides	9	25	0
F. Gravides	70	122	13
<b>Total</b>	<b>286</b>	<b>481</b>	<b>33</b>

La forme moléculaire M était la plus fréquente (N=481), puis l'espèce *An. arabiensis* (N=286). La forme moléculaire S était la moins fréquente (N=33).

## 5.2. Détermination des variations mensuelles et saisonnières du métabolisme d'*Anopheles gambiae* sl.

Il est important de signaler que l'ensemble des contrôles négatifs ont effectivement donné la valeur attendue zéro « 0 » au cours des expériences. Leur rôle était de vérifier la validité des expériences.

### 5.2.1. Variations mensuelles du métabolisme d'*Anopheles gambiae* sl.



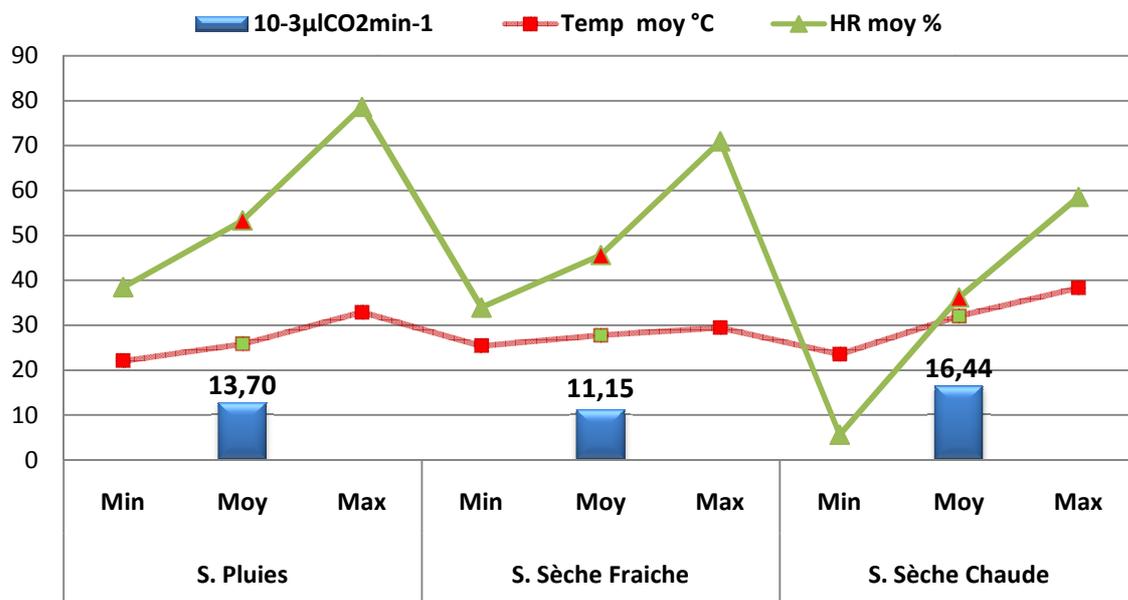
**Fig.8** : Variations mensuelles du métabolisme d'*Anopheles gambiae* sl. en conditions expérimentales sur terrain, d'Octobre 2009 à Août 2010.

Ce graphique montre une grande variabilité mensuelle du métabolisme de l'anophèle. Le métabolisme était plus élevé en Avril ( $18.10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ), et plus faible en Août ( $9.10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ). La comparaison des valeurs moyennes mensuelles du métabolisme a montré une différence significative ( $P < 0.0001$ ).

### 5.2.2. Variations saisonnière du métabolisme d'*Anopheles gambiae* sl.

Pendant toute la durée de l'étude, un Hobo était permanentement placé à coté des moustiques pour recueillir les données météorologiques comme : la température moyenne (T<sup>0</sup>C) et l'Humidité Relative (HR).

Ces résultats ont été couplés à ceux du métabolisme et présentés sur le graphique ci-dessous :



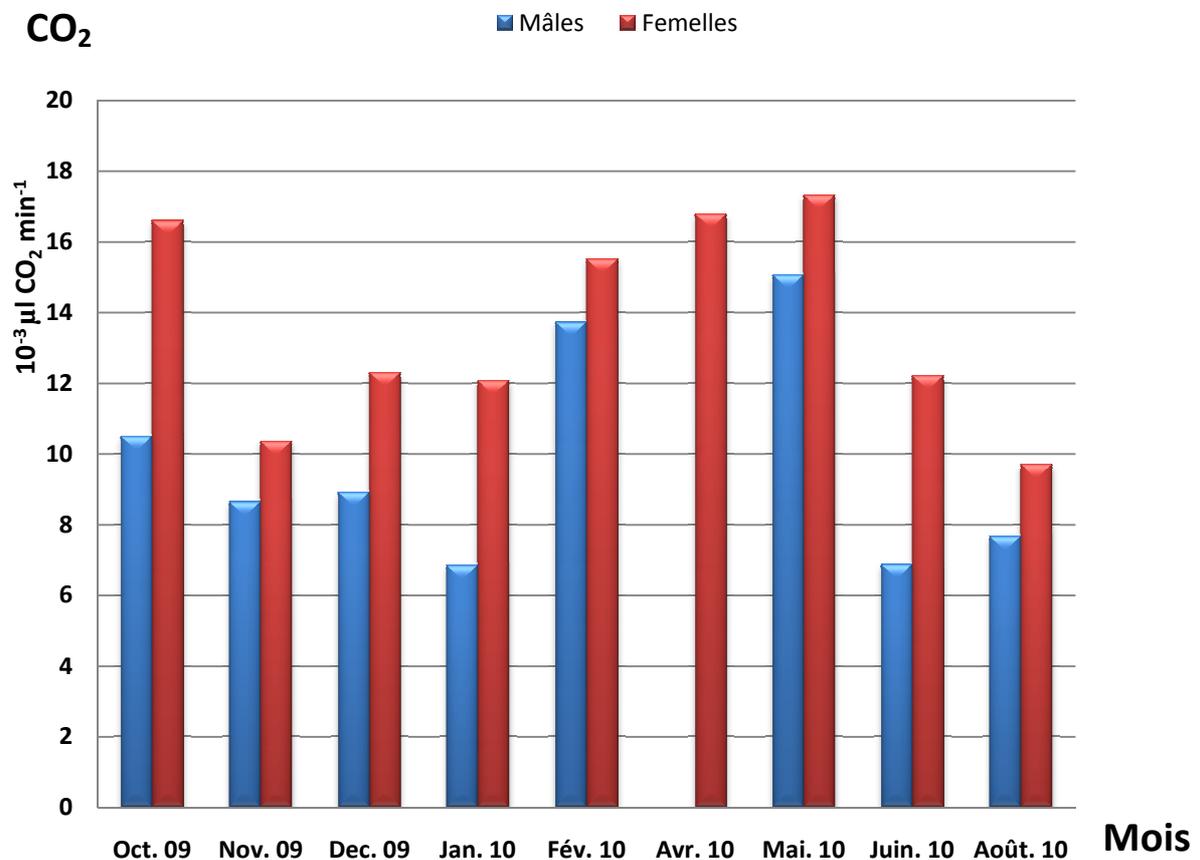
**Fig. 9 :** Variations Saisonnières des moyennes du métabolisme chez *Anopheles gambiae* sl. en fonction de la Température et l'humidité relative

Ce graphique montre qu'il y a une grande variabilité des moyennes de température et d'humidité relative en fonction des différentes saisons de l'année ( $P < 0.0001$ ). La température moyenne a varié de 25,86<sup>0</sup>c (Saison des pluies) à 32,05<sup>0</sup>c (Saison Sèche-chaude). Parallèlement, le taux moyen d'humidité relative a varié de 53,27% à 36,18% respectivement en saisons de pluies et sèche-chaude. C'est en saison sèche-fraiche que l'on a observé des valeurs moyennes de température et d'humidité relative, respectivement: 27,81<sup>0</sup>c et 45,65%.

Le niveau de métabolisme le plus élevé a été observé en saison sèche chaude ( $16.44.10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ), et le plus faible en saison sèche fraîche ( $11.15.10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ). Les valeurs maximales de l'humidité relative étaient de 80% en saison des pluies, 70% en saison sèche fraîche et 60% en saison sèche chaude.

### 5.3. Comparaison du métabolisme d'*Anopheles gambiae* sl. en fonction du sexe et de l'état de réplétion du moustique

#### 5.3.1. Comparaison du métabolisme d'*Anopheles gambiae* sl. en fonction du sexe

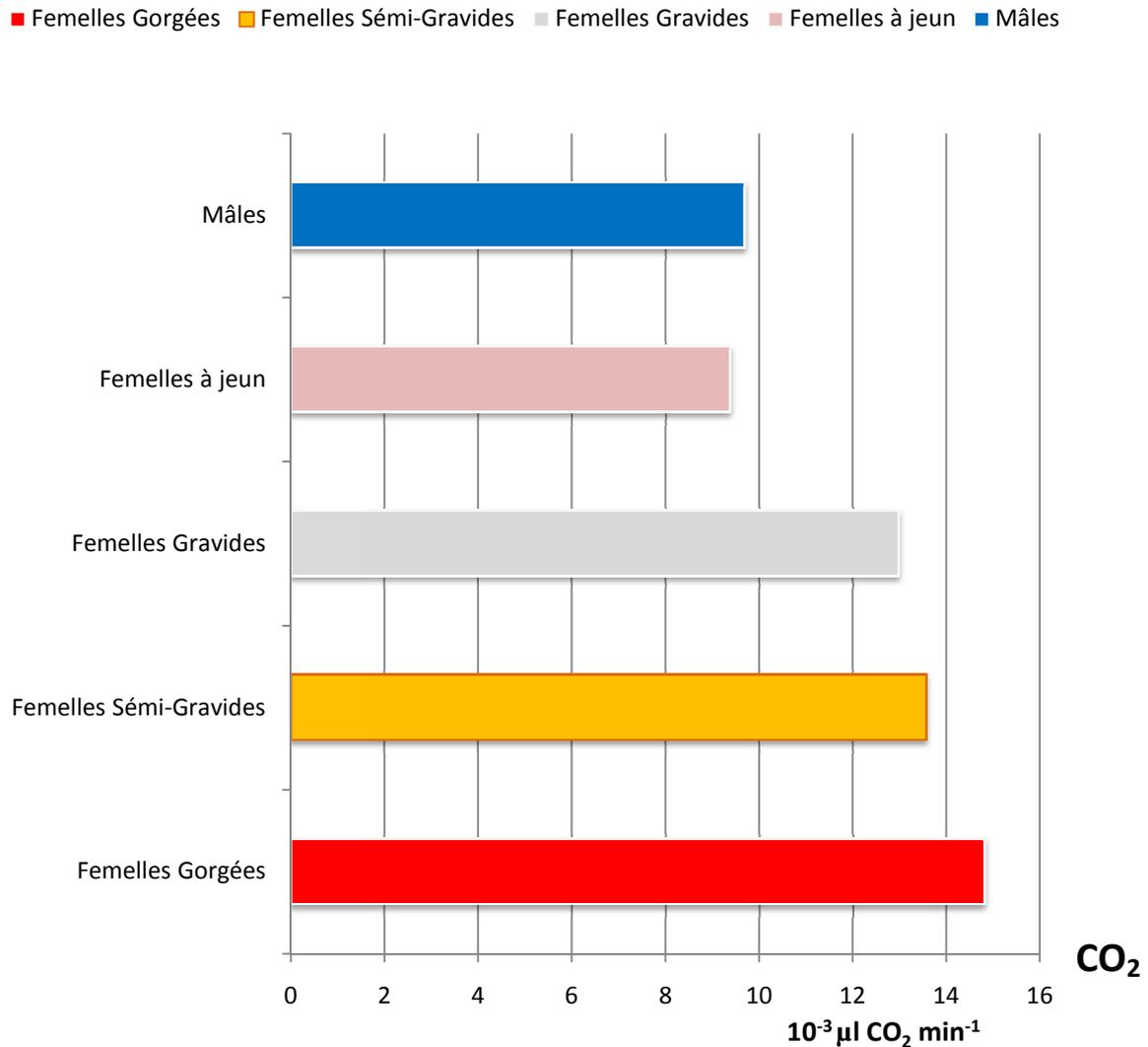


**Fig. 10:** Variation mensuelle du Métabolisme par sexe chez *Anopheles gambiae* sl.

Il apparait ici que le métabolisme de l'anophèle bien que variable mensuellement, est toujours plus élevé chez la femelle que chez le mâle.

Ces résultats montrent que le niveau de métabolisme des anophèles femelles est nettement plus élevé que celui des mâles pendant toute la durée de l'étude. Les tests « t » de comparaisons mensuelles ont tous donné une valeur de P<0.001.

### 5.3.2. Comparaison du métabolisme d'*Anopheles gambiae* sl. en fonction du sexe et de l'état de réplétion du moustique

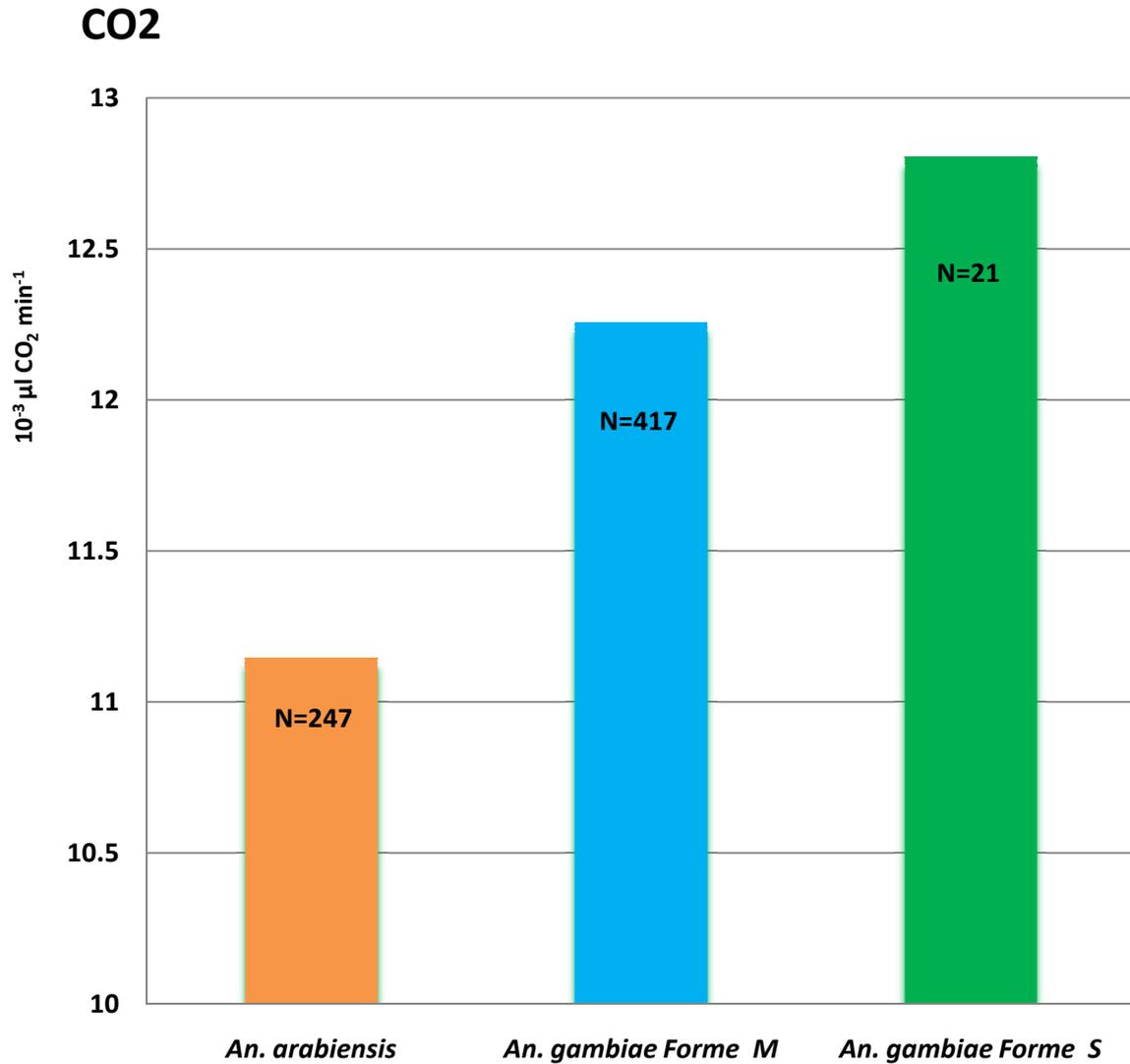


**Fig. 11:** Variations du métabolisme d'*Anopheles gambiae* sl. en fonction du sexe et de l'état de réplétion du moustique

Ce graphique montre une illustration de la différence du métabolisme entre les différents états de réplétion des anophèles. Le niveau le plus élevé s'observe avec les femelles gorgées

( $\approx 15 \cdot 10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ) suivies par les femelles semi gravides, puis les femelles gravides et enfin les femelles à jeun ( $\approx 9.75 \cdot 10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ). Le métabolisme des mâles ( $9,4 \cdot 10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ) est similaire à ceux des femelles à jeun.

#### 5.4. Comparaison du métabolisme en fonction des espèces et formes moléculaires d'*Anopheles gambiae* sl.



**Fig. 12:** Variation du métabolisme entre *An. arabiensis* et les formes moléculaires M et S d'*An. gambiae* ss.

Cette Figure, montre que le métabolisme de l'espèce *An. arabiensis* ( $11,2 \cdot 10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ) est nettement inférieur à celui d'*An. gambiae* ss. ( $12,5 \cdot 10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ). Par ailleurs au sein

des formes moléculaires, S a un métabolisme plus élevé ( $12,8.10^{-3} \mu\text{CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ) que celui de la forme M ( $12,3.10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ). Le test « t » à montré une différence significative avec  $P < 0,001$ .

## 5.5. Relation entre la taille des moustiques et le niveau du métabolisme chez *Anopheles gambiae* sl

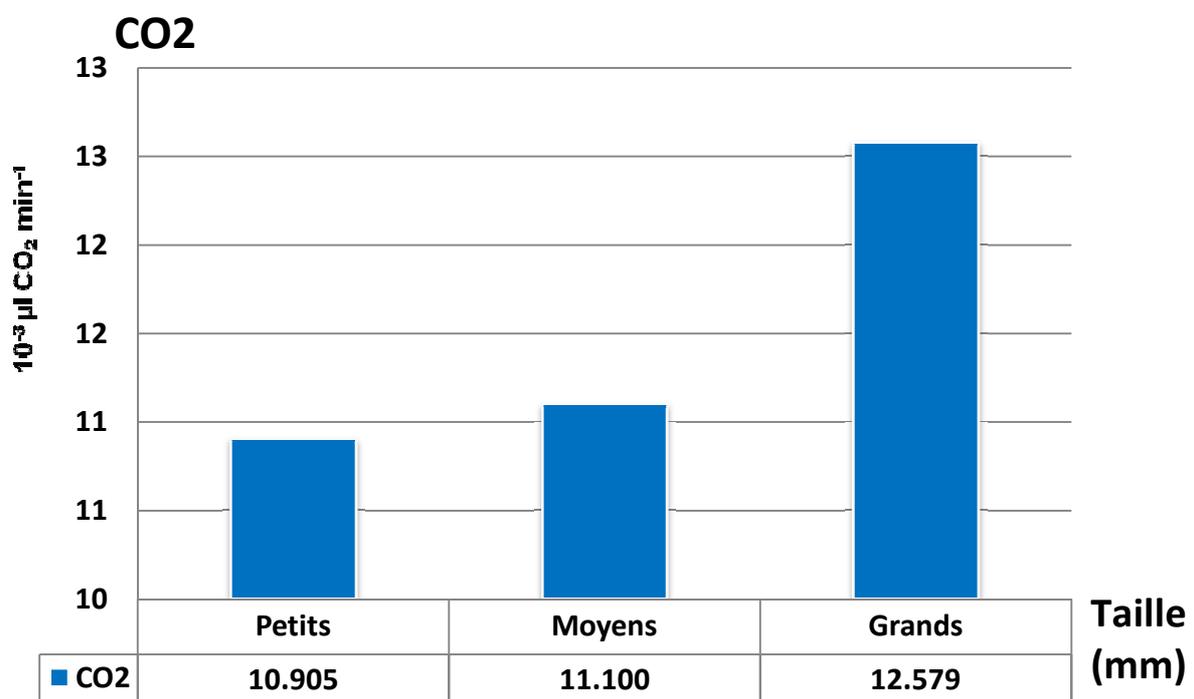
Pour faire cette analyse, l'ensemble des moustiques a été reparti en trois catégories :

\*Moustiques de petite taille : Taille  $\leq 2,5\text{mm}$

\*Moustique de taille moyenne :  $2,5 < \text{Taille} < 3,0\text{mm}$

\*Moustique de grande taille : Taille  $\geq 3,0 \text{ mm}$

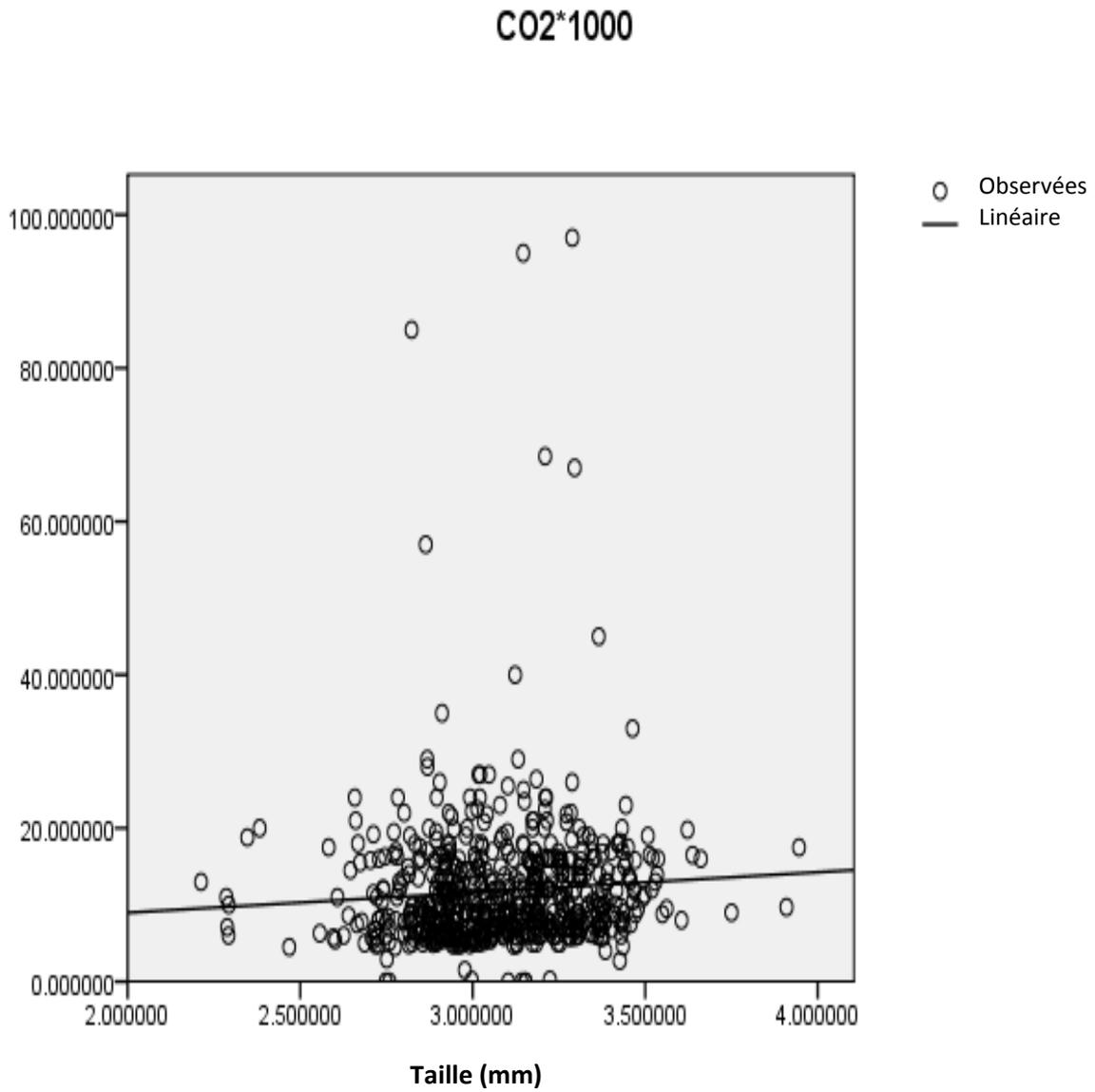
Les résultats sont présentés par la figure ci-dessous.



**Fig.13 :** Variation du métabolisme en fonction des catégories de taille des anophèles

Nous remarquons à travers ce graphique que, plus le moustique est dans une catégorie supérieure, plus son dégagement de CO<sub>2</sub> est élevé ( $P < 0,001$ ). Les trois catégories de moustiques avaient un niveau de métabolisme de (12,57 ; 11,10 et 10,90)  $10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$  respectivement pour les grandes, les moyennes et les petites tailles.

Lorsque les analyses ont été poussées en dissociant les catégories pour vérifier la relation entre la taille du moustique et son métabolisme à l'échelle individuelle, nous avons trouvé qu'il n'y a pratiquement pas de corrélation positive entre les deux paramètres ( $r^2=0,005$ ) : voir figure ci-dessous.



**Fig.14** : Corrélation entre la taille des Anophèles et le métabolisme ( $r^2=0,005$ )

Ce graphique montre qu'il n'y a pas de corrélation positive évidente entre la taille du moustique et son niveau de métabolisme.

## 6. COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS

L'étude des vecteurs du paludisme est un préalable indispensable non seulement pour comprendre l'épidémiologie de la maladie mais aussi pour mettre en place une méthode de lutte efficace et ciblée contre ses vecteurs (Fontenille et al. 2003). La présente étude s'est focalisée sur *An. gambiae* sl. qui est le vecteur le plus redoutable dans la transmission du paludisme en Afrique Sub-saharienne. Le travail entrepris dans cette étude est une partie intégrante d'un vaste projet initié par des chercheurs Américains et maliens sur la compréhension du phénomène d'estivation des anophèles au Mali.

Fondamentalement axée sur la faisabilité de la comparaison du métabolisme en conditions expérimentales sur terrain, l'étude a pris en compte non seulement les anophèles mâles et femelles, mais aussi les différents états gonotrophiques possibles dont l'inclusion peut avoir un intérêt scientifique par rapport aux objectifs définis.

### 6.1. Détermination des variations mensuelles et saisonnières du métabolisme d'*Anopheles gambiae* sl.

L'analyse des moyennes mensuelles du niveau de métabolisme chez *An. gambiae* sl à montré une grande variabilité d'un mois à l'autre ( $P < 0.0001$ ). Le niveau le plus bas s'observait en Aout ( $9,0 \cdot 10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ) et le plus élevé en Avril ( $18,0 \cdot 10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ) [voir Fig.9]. Cette variation de la moyenne du métabolisme d'un mois à l'autre pourrait s'expliquer par l'exposition des anophèles aux aléas de la nature et du changement fréquent de leur état physiologique et leurs activités. Le changement de métabolisme chez les anophèles soumis aux stress tels que l'exposition aux insecticides a été évoqué au Sri Lanka par Devika et al. 2008. Dans le même ordre d'idée, la variation du métabolisme en fonction de l'activité chez *Aedes aegypti* à été annoncée par Gray et Bradley en 2005 en Californie.

En groupant les données par saison, les analyses ont montré une variation du métabolisme proportionnelle à l'élévation de la température, tel que soutenu par les données météorologiques de la Fig. 9. De  $12,70 \cdot 10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$  en saison des pluies avec une température moyenne maximale de 32°C, il a chuté à  $11,15 \cdot 10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$  en saison sèche fraîche avec une température moyenne maximale de 28°C, puis remonté à  $16,44 \cdot 10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$  en saison sèche chaude avec une température moyenne maximale de 39°C. La variation de l'humidité relative décroissante de la saison des pluies à la saison sèche chaude

est un phénomène habituel et normal. La variation saisonnière du métabolisme chez les anophèles pourrait s'expliquer par leur comportement bioécologique différent en fonction des trois saisons définies. Cette remarque sur la variation saisonnière du métabolisme en fonction de la température a été reportée par beaucoup de chercheurs comme *Ryan Kaldari* (<http://fr.wikipedia.org/wiki/Hibernation#> visité le 16 Décembre 2011). Cet auteur a souligné que plusieurs animaux subissent une grande variation de métabolisme quand ils rentrent en hibernation. C'est le cas des [marmottes](#), les [hérissons](#), les [grenouilles](#), les [lézards](#), les tortues, ainsi que certains [poissons](#), [souris](#) et [chauve-souris](#).

## 6.2. Comparaison du métabolisme d'*Anopheles gambiae* sl. en fonction du sexe et de l'état de réplétion du moustique

Pour toute la durée de cette étude le métabolisme observé chez les anophèles femelles était nettement supérieur à celui des mâles. Ce phénomène semble être lié à la masse corporelle des individus femelles plus élevée que celle des mâles dans le cas des moustiques. Ce résultat est soutenu par Gray et Bradley en 2003 chez *Culex tarsalis* et en 2005 chez *Aedes aegypti*.

En fonction du statut gonotrophique, il a été constaté que le métabolisme des femelles à jeun a la valeur la plus faible. Tandis que celui des femelles gorgées a été le plus élevé et supérieur à celui des semi-gravides qui à son tour a été supérieur à celui des gravides. Cette tendance déjà soulignée par Huestis et al. (2011) serait justifiée par l'activité de digestion du sang par la femelle d'anophèle. Elle est de moins en moins intense au fur et à mesure que le sang contenu dans l'abdomen du moustique diminue ou se fait remplacer par des œufs.

## 6.3. Comparaison du métabolisme en fonction des espèces et formes moléculaires d'*Anopheles gambiae* sl.

Au total, deux espèces ont été identifiées dans la population d'étude : *An. arabiensis* et *An. gambiae* ss. Au sein d'*An. gambiae* ss. , deux formes moléculaires « M » et « S » ont été également identifiées. Une analyse comparative a été faite entre ces trois entités : *An. arabiensis* et les formes moléculaire M et S d'*An. gambiae* ss. Ainsi le métabolisme d'*An. arabiensis* ( $11,2 \cdot 10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ) était nettement inférieur à celui de *gambiae* ( $12,5 \cdot 10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ). Par ailleurs au sein des *gambiae*, la forme moléculaire S a un métabolisme plus élevé ( $12,8 \cdot 10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ) que celui de la forme M ( $12,3 \cdot 10^{-3} \mu\text{l CO}_2 \text{ min}^{-1}$ ) ;  $P < 0,001$ ,

(Fig.12) Malgré cette différence de niveaux de métabolisme entre les trois entités, cette variation semble être beaucoup plus liée à l'état de réplétion des représentants des trois entités plutôt qu'au type d'espèce ou de forme moléculaire car pour les moustiques de même état de réplétion il n'y pas de différence de métabolisme entre *An. arabiensis* et les formes moléculaires M et S d'*An. gambiae* ss.

#### **6.4. Relation entre la taille des moustiques et le niveau du métabolisme chez *Anopheles gambiae* sl**

La relation entre la taille du moustique et son métabolisme à été faite en deux étapes :

\*Une première étape de comparaison au cours de laquelle les moustiques ont été tous repartis en trois catégories dénommées : petite, moyenne et grande taille. A ce niveau il est apparu que le métabolisme des catégories de moustiques est proportionnel à leur taille. En effet le métabolisme des anophèles de grande taille est plus élevé que celui des anophèles de taille moyenne qui est plus élevé que celui des anophèles de petite taille ( $P < 0,001$ ) Fig. 13.

\*Une deuxième étape de comparaison qui ne catégorise pas les données, mais qui tient compte de l'apport de chaque individu dans la relation. Sur cette base il n'y avait pratiquement pas de corrélation entre la taille des individus et leur métabolisme, comme le témoigne la Fig. 14 avec un coefficient de corrélation  $r^2 = 0,005$  tendant vers zéro (0).

## 7. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les résultats du travail ainsi présentés montrent que la mesure du métabolisme en conditions expérimentales sur terrain est bien possible lorsque le moyen matériel existe. Les différentes comparaisons de ce paramètre au sein d'*An. gambiae* sl montrent que le métabolisme suit une variation mensuelle et saisonnière. Il est plus élevé chez les femelles par rapport aux mâles, et est proportionnel à l'intensité de l'activité de digestion du sang par le moustique. Le métabolisme varie également selon l'espèce d'anophèles mais il est indépendant de la taille des individus.

A l'issue de cette étude nous recommandons aux chercheurs de poursuivre les investigations dans le sens de comparer le métabolisme des anophèles qui estivent à celui des anophèles qui n'estivent pas sur différents sites éco-climatiques et avec un échantillon plus large. Car dès que le mécanisme d'estivation des anophèles sera compris, leurs abris pourront être démasqués, ce qui facilitera leur élimination à long terme.

Aux autorités universitaires, nous recommandons de mettre les moyens à la disposition des équipes de recherche sur les vecteurs du paludisme en saison sèche. Afin que nous ayons notre propre matériel de mesure du métabolisme chez les anophèles.

## 8. BIBLIOGRAPHIE

- Bates M. 1949.** The natural history of mosquitoes. New York: Macmillan Co.
- Broek I., Harris N., Henkens M., Mecaoui H., Palma P.P., Szumilin E., and c. Grouzard V(I. 2010.** Guide Clinique et Therapeutique. Medecins Sans Frontieres: 131.
- Clements A.N. 1963.** The physiology of Mosquitoes. Oxford: Pergamon Press Ltd.
- Christophers S. R., and Puri I.M. 1929.** Why do anopheles larvae feed at the surface and how? . Trans. Far-East. Ass. trop. Med. (7th Congr.) 2: 736-738.
- Christophers S. R. 1960.** *Aedes aegypti* (L.) the yellow fever mosquito. Its life history, bionomics and structure. London: Cambridge University Press.
- Coluzzi M. 1967.** Cytogenetic observations on species A and B of *Anopheles gambiae* species complex. Parasitology 9: 73-88.
- Coluzzi M., Sabatini A., Petrarca V., and Di Deco M.A. 1979.** Chromosomal differentiation and adaptation to human environments in the *Anopheles gambiae* complex. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. 73: 483-497.
- Coluzzi M., Petrarca V., and Di Deco M.A. 1985.** Chromosomal inversion intergradation and incipient speciation in *Anopheles gambiae*. Boll. Zool. 52: 45-63.
- Diana L. Huestis<sup>1</sup>., Alpha S. Yaro., Adama I. Traoré., Abdoulaye Adamou., Yaya Kassogué., Moussa Diallo., Seydou Timbiné., Adama Dao., and Tovi Lehmann. 2011.** Variation in metabolic rate of *Anopheles gambiae* and *A. arabiensis* in a Sahelian village. THE JOURNAL OF EXPERIMENTAL BIOLOGY 214 2345-2353.
- Fanello F.C., Santolamazza, and D. T. A. 2002.** Simultaneous identification of species and molecular forms of *Anopheles gambiae* complex by PCR-RFLP. Med Vet Emtomol 16(4): 461-464.
- Favia G., Lanfrancotti A., Spanos L., Siden-Kiamos I., and Louis C. 2001.** Molecular characterization of ribosomal DNA polymorphisms discriminating among chromosomal forms of *Anopheles gambiae* s.s. Insect Mol. Biol. 10: 19-23.
- Fillinger U., Knols.B.G., and Becker. 2003.** Efficacy and efficiency of new *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* and *Bacillus sphaericus* formulations against

Afrotropical anophelines in western Kenya. *Tropical Medicine and International Health* 8: 37–47.

**Fontenille D., Cohuet A., Awono-Ambene Ph., and Coll. 2003.** Systématique et biologie des anophèles vecteurs de Plasmodium en Afrique : données récentes. *Med Trop* 63: 247-53.

**Gillies M.T., and De Meillon B. 1968.** The *Anophelinae* of Africa South of the Sahara, . South African Institute for Medical Research. 2nd Editio, No 54.

**Goma L. K. H. 1966.** The mosquito; Biology of egg. Hutchinson Tropical Monographs Series.: 43-47.

**Gray E.M., and Bradley T.J. 2005.** Malarial infection in *Aedes aegypti*: effects of feeding, fecundity, and metabolic rate *Parasitology* 132: 169-176.

**<http://fr.wikipedia.org/wiki/Metabolisme>. visité le : 19 Septembre 2011.** Métabolisme définition.

**Holstein M. 1949.** Etude sur l'anophélisme en AOF, Soudan Français, Bamako. *Bull. Soc. Path* 42: 374-378.

**Hunt R.H. 1973.** A cytological technical for the study of the *Anopheles gambiae* complex *Parasitologia* 15: 137-139.

**Kaufmann C., and Briegel H. 2004.** Flight performance of the malaria vectors *Anopheles gambiae* and *Anopheles atroparvus*. *J. Vector Ecol* 29(1): 140-53.

**Kouriba. 1993.** Ecologie de la chloroquino-résistance au Mali: intérêt d'un test de détection des souches chloroquino-résistantes de Plasmodium falciparum par l'utilisation de l'hydrogène trituré et de verapamil. Thèse de pharmacie ENMP, Bamako, Mali.

**Laird M. 1956.** Studies of Mosquitoes and Freshwater Ecology in the South Pacific. *Bull. Roy. Soc. N.Z.* No: 6.

**Lehmann Tovi., Adama Dao., Alpha Seydou Yaro., Abdoulaye Adamou., Yaya Kassogue., Moussa Diallo., Traoré Sékou., and Cecilia Coscaron-Arias. 2010.** Aestivation of the African Malaria Mosquito, *Anopheles gambiae* in the Sahel. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 83(3): 604.

**Linghton J.R.B. 2008.** Measuring Metabolic Rates: a Manual for Scientists Oxford: University Press

**OMS. 2003.** Entomologie du paludisme et contrôle des vecteurs. Guide du stagiaire.

**OMS. 2005.** COMITE OMS D'EXPERTS DU PALUDISME. Vingtième rapport.

- Perera M.D.B., Hemingway J., and Karunaratne P.S.H.P. 2008.** Multiple insecticide resistance mechanisms involving metabolic changes and insensitive target sites selected in anopheline vectors of malaria in Sri Lanka. *Malaria Journal* 7:168.
- Rodhain F., and Perez C. 1985.** Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Maloine. Les moustiques, systématique et biologie: Cycle de développement et biologie des différents stades. P 89.
- Singh B., Kim sung L., Matusop A., Radharishnan A., Shamsul S.S., Cox-Singh J., Thomas A., and Conway D J. 2004.** A large focus of naturally acquired *Plasmodium knowlesi* infection in human beings. *Lancet* 363: 1017-1024.
- Système Local d'Informations Sanitaires(SLIS). 2007.** L'annuaire statistique sanitaire. P 89.
- Système Local d'Informations Sanitaires(SLIS). 2010.** L'annuaire statistique sanitaire. P 97-98.
- Surtees G. 1959.** Functional and morphological adaptations of larval mouthparts in the sub-family Culicinae (Diptera) with a review of some related studies by Montschadsky. *Proc. R. ent. Soc. Lond. (A)*34: 7-16.
- Tabachnick W.J. 2003.** Reflexions on the *Anopheles gambiae* genome sequence, transgenic mosquitoes and the prospect for controlling malaria and other vector borne diseases. *J. Med. Entomology* 40(5): 597-606.
- Touré Yéya. 1979.** Bio-écologie des anophèles (*DIPTERA-CULICIDEA*) dans une zone rurale de savane soudanienne au Mali; Incidence sur la transmission du paludisme et de la filariose de bancroft (Village de Banambani, arrondissement de Kati). Centre Pédagogique Supérieur de Bamako, thèse de 3e cycle Entomologie: Bamako, Mali.
- Touré Y.T. 1989.** The current stage of study of malaria vectors and vectorial campaign in West Africa. *Trans.r.Soc.Trop.Med.hyg.* 83: 39-41.
- Yaro.A.S., Dao A., Adamou A., Crawford .J.E., Ribeiro .J.M.C., Gwadz R., Traoré .S.F., and Lehmann T. 2006a.** The distribution of hatching time in *Anopheles gambiae*. *Malar J* 5: 19.
- Yaro A.S., Dao A., Adamou A., Crawford J.E., Traoré S.F., Touré A.M., Gwadz R., and Lehmann T. 2006b.** Reproductive Output of Female *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae): Comparison of Molecular Forms. *J. Med. Entomol* 43(5): 833-839.
- Yaro A.S. 2007.** Impact de l'infection à *Plasmodium falciparum* sur le taux d'éclosion des œufs et le développement larvaire chez *Anopheles gambiae* s.s au Mali. Master M.I.E. Université d'Abomey Calavi (Cotonou) Promotion Ronald Ross: IRSP Ouidah, Rapport N01.

## ANNEXES

### Annexe1: Détails sur la mesure de la taille des ailes

Les deux ailes ont été enlevées, réhydratés dans l'éthanol à 80%, et monté sous une lamelle avec le glycérol. Des photos numériques ont été prises à l'aide d'un microscope DM-4500B avec un DC-500 appareil photo numérique (Leica) à 25x de grossissement à une résolution de 33dpi l'aide de Photoshop (Adobe Inc.) Pour chaque aile, 13 sites d'intérêt spécifique (voir l'annexe figure 1) ont été cartographiés à l'aide du bouquet TPS-DIG logiciels 2,15 (Rohlf, 2010).

Dans la plus part des cas les deux ailes ont été mesurés pour chaque moustique. Mais pour les individus ayant subit des dommages sur une des ailes, seul l'aile non endommagée est utilisé (voir Fig 1 en annexe 1) .

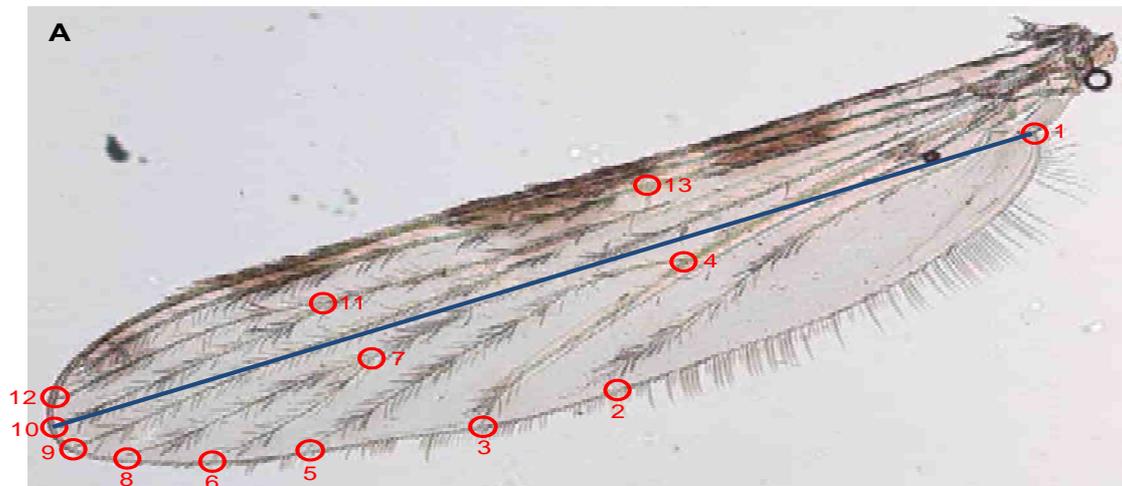


Photo d'une aile d'*An.gambiae* Sl montrant les points clés de mesure.

A:13 points numérisés et quelques lignes droites permettant la mesure de la longueur de l'aile, utilisé ici comme mesure de la taille du corps.

## **Annexe 2 : Les étapes de l'Identification des espèces et des formes moléculaires par PCR**

La technique de Fanello C *et al* en 2002

- ❖ Numéroter les tubes PCR (0.2ml) correspondant au nombre de moustiques à traiter.
- ❖ Mettre dans chaque tube une patte de moustique tout en prenant soin de relever dans un registre les références (étiquette) du moustique devant le numéro qui lui correspond.
- ❖ Mettre dans chaque tube 24µl de mixture et s'assurer que la patte est complètement submergée dans la mixture.
- ❖ Utiliser un contrôle positif pour M, A, S et un contrôle négatif.
- ❖ Placer les tubes à -20° et attendre à ce que la solution se congèle.
- ❖ **Programmer la machine PTC (programmable thermal Controller) au cycle d'amplification et attendre 94°C. Introduire les micros tubes (0.2) contenant les réactifs nécessaires aux différentes réactions, puis lancer la machine.**
- ❖ Attendre à ce que la machine affiche sur l'écran FOR EVER ou 4°.
- ❖ Reprogrammer la machine à 37°C et ajouter 0.65µl de l'enzyme de digestion Hha I et attendre 6 heures avant de les faire migrer à l'électrophorèse ou bien de les garder à 4°C pour une migration prochaine.

Tableau de Composition des réactifs nécessaires pour la mixture à l'identification des espèces et des formes moléculaires d'*An. gambiae* s.l.

Réactifs	Concentrations	
	Initiales	finales
PCR buffer(tampon)	10 X	1 X
dNTPs	10 mM	0.2 mM
Mgcl <sub>2</sub>	50 mM	2.5 mM
GA	20 ng/μl	6.25 ng
AR	20 ng/μl	18.75 ng
UN	20 ng/μl	12.5 ng
Taq polymerase	5U /μl	0.9 U

### Cycle d'amplification

1. 94 °C pendant 7mn
2. 94 °C pendant 30 s
3. 50 °C pendant 30 s
4. 72°C pendant 30 s
5. 72°C pendant 7mn
6. 4°C température de conservation des amplifiants

Ce cycle est répété 29 fois à partir de l'étape 2.

## Séquence nucléotidique des différentes amorces pour l'identification des espèces et formes moléculaires

AG ( <i>gambiae</i> )	5'-CTGGTTTGGTCGGCACGTTT - 3'
AR ( <i>arabiensis</i> )	5'-AATTGTCCTTCTCCATCCTA - 3'
UN (universel)	5' -GTGTGCCCTTCTCGATGT- 3'

### Electrophorèse de L'ADN

#### Préparation du Gel et Interprétation des bandes

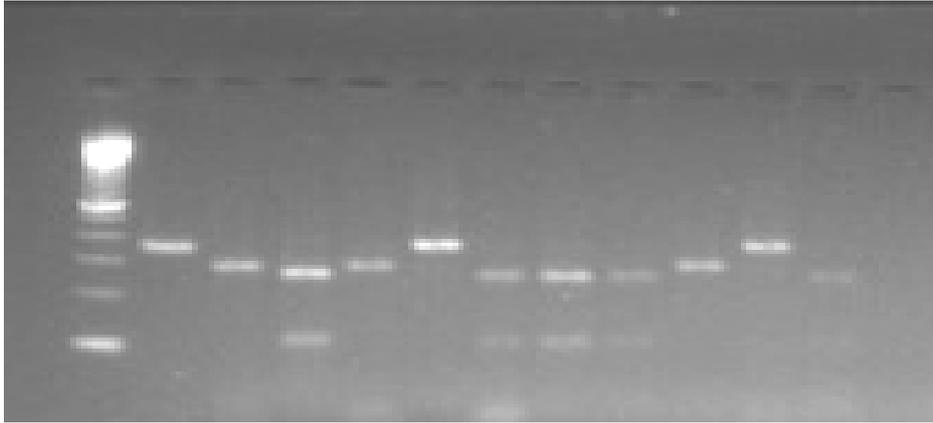
Nous avons préparé un gel d'agarose à 2% sur lequel 10µl d'ADN mélangés à 2µl de Dye (100ml d'H<sub>2</sub>O stérile + 46g de sucrose + 0.25g de bleu de bromophenol) ont été logés par puits.

La migration a été conduite dans un bac électrophorétique à l'aide d'un générateur (Electrophoresis power supply—EPS301) sous un courant de 150 volts pendant 1 heure.

Après migration, les bandes ont été visualisées sous une lampe UV et photographiées à l'aide d'une caméra quik shooter (IBI, model QSP/Hood # 14, catalog N° 46420).

L'interprétation a consisté à identifier les espèces et leurs formes moléculaires par comparaison de leur taille en base paire (bp) à celle du marqueur moléculaire (100 bp DNA Ladder, Invitrogen Ready load).

Ainsi on a : 367 bp (*An. gambiae* forme M), 257 bp (*An. gambiae* forme S), 292 bp (*An. arabiensis*).



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

**Figure 8:** identification des espèces et formes moléculaires sur un gel d'agarose.

### Légende

**1** : Marqueur moléculaire 100 bp

**2** : Contrôle positif forme M (espèce A)

**3** : Contrôle positif d'*An. arabiensis* (espèce B)

**4** : Contrôle positif forme S (espèce A)

**5, 10** : *An. Arabiensis* (espèce B)

**6, 11** : forme M (espèce A)

**7, 8, 9, 12** : forme S (espèce A)

**13** : Contrôle négatif.

### ANNEXE 3 : Photos des machines et autres dispositifs utilisés pour la mesure du métabolisme



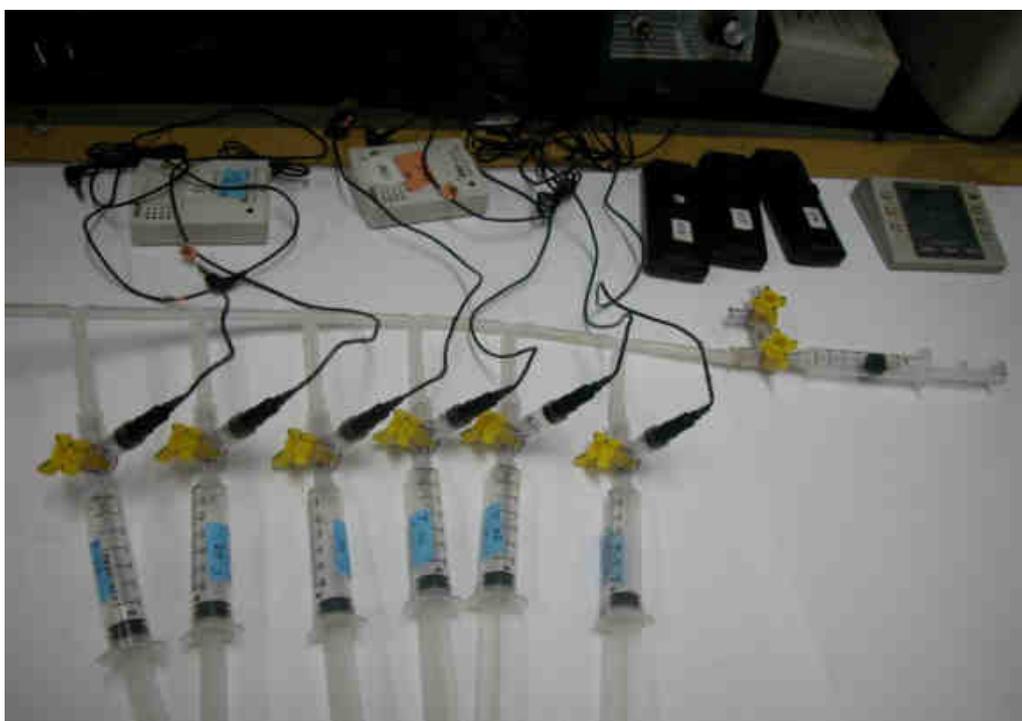
A : le FoxBox



B : la Pompe à air



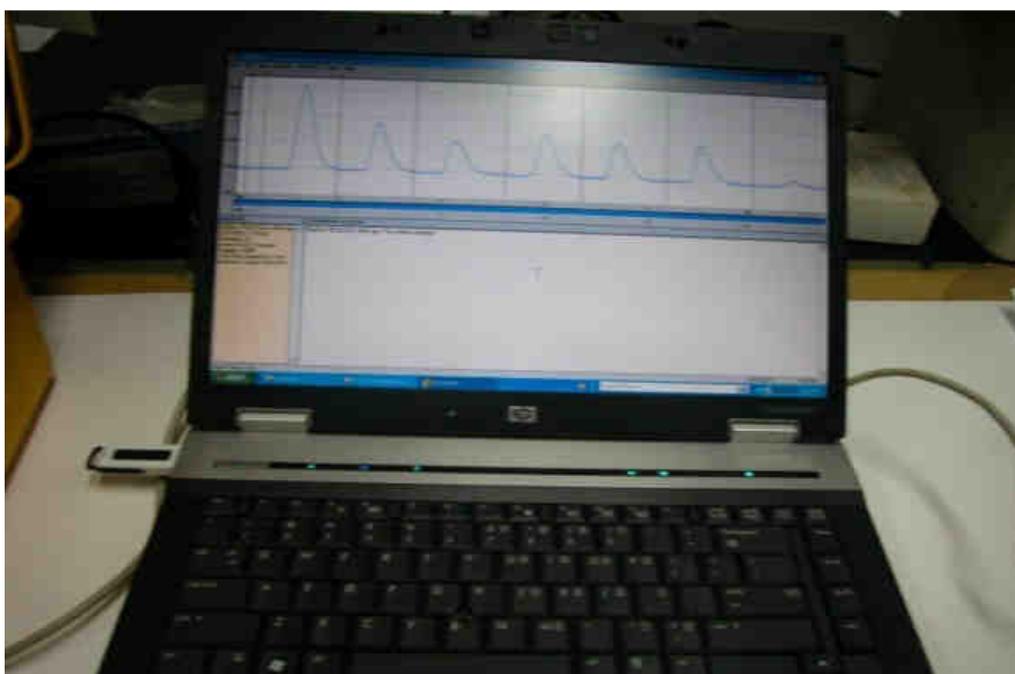
**C : La Colonne**



**D : Le Dispositif des Seringues contenant les moustiques expérimentés**



**E : Vue d'ensemble de l'équipement du métabolisme**



**F: Exemple de types de courbes retracées par l'ordinateur**

## Fiche signalétique

**Nom:** TRAORE

**Prénom:** Adama Issaka

**Titre :** Mesure du Métabolisme d'*An. gambiae* sl. sur la base du CO<sub>2</sub> dégagé par le moustique en conditions expérimentales

**Année de soutenance :** 2012

**Ville de soutenance :** Bamako

**Pays d'origine :** Mali

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

**Secteur d'intérêt :** Entomologie et parasitologie médicales

### RESUME

Dans le cadre de l'approfondissement des connaissances sur la bio écologie des vecteurs du paludisme, une étude expérimentale longitudinale à suivi mensuel, exécutée en conditions de terrain à été initiée. Cette étude avait pour objectif de vérifier la faisabilité de la mesure du métabolisme sur la base du CO<sub>2</sub> dégagé par les anophèles en un intervalle de temps déterminé, ensuite de faire une comparaison de ce métabolisme en fonction du sexe, des espèces et formes moléculaires puis des saisons. Le métabolisme a été mesuré par une machine appelée FoxBox et les données étaient stockées et analysées par un ordinateur grâce à un logiciel dénommé ExpeData. LES résultats obtenus ont montré que le métabolisme subit une variation mensuelle et saisonnière. Le niveau de métabolisme était proportionnel à l'élévation de la température puis à l'intensité des activités de digestion du sang pris par les anophèles, car les anophèles gorgés avaient respectivement un niveau de métabolisme plus élevé que ceux des semi-gravides, des gravides et ceux qui sont à jeun. Il n'y avait pas de corrélation entre le métabolisme et la taille de l'anophèle. Ce travail témoigne la faisabilité de la mesure du métabolisme chez les anophèles. De ce fait il ouvre d'autres axes de recherches comme la caractérisation du métabolisme chez les anophèles de différentes zones éco-climatiques, afin d'apprécier l'influence de l'estivation sur ce paramètre.

**Mots clés:** métabolisme, *An. gambiae* sl.

**First name:** Adama Issaka

**Name:** TRAORE

**Title:** Measurement of Metabolism of *An. gambiae sl.* based on the CO<sub>2</sub> provided by the mosquito, in experimental conditions.

**Date:** 2012

**City:** Bamako

**Country:** Mali

**Depository:** Bookcase of Faculty of Medicine, Pharmacy and Odonto-stomatology

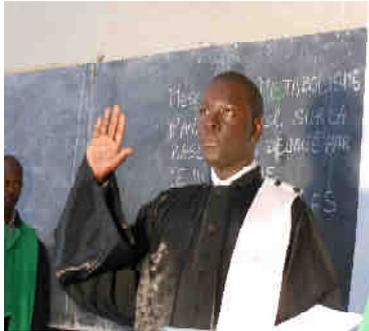
**Area of interest:** Medical Entomology and Parasitology

## SUMMARY

For better understanding of malaria vector behavior, a longitudinal survey with monthly follow-up was carryout. The objective of this study was to verify the feasibility of the measurement of anophelines metabolism based on the CO<sub>2</sub> provided by individuals in a determined time interval. Metabolism comparison was done according to the sex, the species and molecular forms and the seasons. The metabolism was measure by a machine called FoxBox and data were stocked and analyzed by computer software named ExpeData. The results showed that the metabolism undergoes a monthly and seasonal variation. The level of metabolism was proportional to the elevation of the temperature and the intensity of blood digestion activities of the females' anophelines. So females fed have greater metabolism compare to the semi-gravids, gravids and unfed respectively. There was no correlation between body size and the metabolism of anophelines. This work testifies the feasibility of anophelines metabolism measurement. It is opening other research fields thus metabolism characterization of anophelines from different eco-climatic area, in order to appreciate the influence of the aestivation on the metabolism.

**Key words:** *metabolism, An. gambiae sl.*

## **SERMENT D'HIPPOCRATE**



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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Je le jure !**