

LISTE DES ABREVIATIONS

<i>An.</i> :	<i>Anopheles</i>
CDC :	Center for Disease Control
DDT :	Dichloro-Diphényl-Trichloroéthane
INRS :	Institut National de Recherche Scientifique
IRA :	Infections Respiratoires Aiguës
MEN :	Ministère de l'Éducation Nationale
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
ORSTOM :	Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer
<i>P.</i> :	<i>Plasmodium</i>
PNLP :	Programme National de Lutte contre le Paludisme
sl :	Sens large
ss :	Sens strict
SVT :	Sciences de la Vie et de la Terre
UERP :	Unité d'Étude et de Recherche Pédagogiques
WHO :	World Health Organization

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Cycle de développement des moustiques	5
Figure 2 : Schéma général d'un anophèle adulte.....	6
Figure 3 : Photo d'une nymphe d' <i>Anopheles</i>	10
Figure 4 : Schéma général d'une larve d' <i>Anopheles</i>	11
Figure 5 : Tête d'une larve d' <i>Anopheles</i> montrant les soies	12
Figure 6 : Photo d'un œuf d' <i>Anopheles</i>	13
Figure 7 : Cycle de développement de <i>Plasmodium</i>	20
Figure 8 : Photo d'un aspirateur à bouche	25
Figure 9 : Photo d'un gobelet en carton couvert par un tulle moustiquaire	26
Figure 10 : Photo d'une mallette isotherme pour le transport des moustiques ...	26
Figure 11 : Photo d'un tube de capture	28
Figure 12 : Photo d'une cage à tulle moustiquaire	29
Figure 13 : Position des larves d' <i>Anopheles</i> et de <i>Culex</i>	31
Figure 14 : Position d' <i>Anopheles</i> et de <i>Culex</i> par rapport à un support	32
Figure 15 : Photo d'une loupe binoculaire	39
Figure 16 : Matériels de dissection des <i>Anopheles</i> femelles	40
Figure 17 : Photo d'un microscope optique	41
Figure 18 : Protocole de dissection des <i>Anopheles</i> femelles	42
Figure 19 : A. aile B. palpe du mâle C. palpe de la femelle D. patte antérieure E. patte moyenne F. patte postérieure d' <i>Anopheles gambiae</i> s.l	49
Figure 20 : A. aile B. palpe de la femelle C. patte postérieure d' <i>Anopheles</i> <i>coustani</i>	50
Figure 21 : A. aile B. palpe de la femelle C. patte postérieure d' <i>Anopheles fuscicolor</i>	51
Figure 22 : A. aile B. patte postérieure C. palpe de la femelle d' <i>Anopheles</i> <i>squamosus</i>	52
Figure 23 : A. aile B. palpe de la femelle C. patte postérieure d' <i>Anopheles</i> <i>mascaensis</i>	53
Figure 24 : A. aile B. palpe de la femelle C. patte antérieure D. patte postérieure d' <i>Anopheles pharoensis</i>	54
Figure 25 : A. palpe de la femelle B. patte postérieure C. aile d' <i>Anopheles</i> <i>tenebrosus</i>	56
Figure 26 : Capture à partir d'une double moustiquaire piège	65
Figure 27 : Moustiquaire piège avec un appât animal	66

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Nomenclature habituelle des nervures de l'aile d'<i>Anopheles</i>.....	.8
Tableau II : Localisation des espèces de <i>Plasmodium</i> dans le monde	17
Tableau III : Espèces capturées à Andoharanofotsy- By Pass	43
Tableau IV : Espèces capturées à Imerimandroso	44
Tableau V : Espèces capturées le matin à Ambohidrapeto	44
Tableau VI : Espèces capturées le soir à Ambohidrapeto	45
Tableau VII : Espèces capturées aux 67Ha.....	45
Tableau VIII : Espèces capturées à Ankatso	45
Tableau IX : Espèces capturées à Andraisoro	46
Tableau X : Espèces capturées à Ampasika	46
Tableau XI : Espèces capturées à Androhibe	47
Tableau XII : Récapitulation des espèces anophéliennes identifiées	47
Tableau XIII : Répartition géographique et altitudinale des espèces identifiées ..	57
Tableau XIV : Récapitulation de l'étude descriptive des espèces identifiées	59
Tableau XV : Comparaison des deux principaux vecteurs du paludisme	68

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
I/ GENERALITES	2
1. Les Anophelinae	2
1.1 Systématique	2
1.1.1 Le genre <i>Anopheles</i>	2
1.1.2 Classification des <i>Anopheles</i> malgaches	3
1.2 Cycle biologique d'<i>Anopheles</i>	4
1.3 Etude morphologique	6
1.3.1 Les adultes	6
1.3.1.1 La tête	7
1.3.1.2 Le thorax	7
1.3.1.3 L'abdomen	9
1.3.2 Les nymphes	9
1.3.3 Les larves	10
1.3.3.1 La tête	10
1.3.3.2 Le thorax	11
1.3.3.3 L'abdomen	11
1.3.4 Les œufs	12
1.4 Etude écologique	13
2. Le paludisme	16
2.1 L'agent pathogène	16
2.1.1 Systématique	16
2.1.2 Cycle biologique de <i>Plasmodium falciparum</i>	17
2.1.2.1 Chez l'Homme : cycle schizogonique	17
2.1.2.2 Chez le vecteur : cycle sporogonique	19
2.2 Les symptômes du paludisme	21
2.3 Lutte contre le paludisme	21
2.3.1/ Prise en charge (traitement) des cas de paludisme.....	21
2.3.2/ Prévention du paludisme	21

II/ MATERIELS ET METHODES	23
1. La recherche bibliographique	23
2. Les sites d'étude	23
3. Captures des moustiques	24
3.1 Recherche des gîtes de repos d' <i>Anopheles</i>	24
3.2 Capture et transport des moustiques adultes	25
4. Identification et détermination des anophèles.....	29
4.1 Préparation des échantillons	29
4.2 Distinction des Moustiques des autres Insectes.....	30
4.3 Identification des deux sous-familles : Anophelinae et Culicinae	30
4.4 Distinction des moustiques femelles et mâles	33
4.5 Identification morphologique des espèces anophéliennes	33
4.6 Détermination de l'âge physiologique des anophèles- Dissection des ovaires	40
 III / RESULTATS ET DISCUSSIONS	 43
1. Résultats des captures	43
2. Description des espèces identifiées	48
2.1 <i>Anopheles gambiae sl</i>	48
2.2 <i>Anopheles coustani</i>	50
2.3 <i>Anopheles fuscicolor</i>	51
2.4 <i>Anopheles squamosus</i>	52
2.5 <i>Anopheles mascarensis</i>	53
2.6 <i>Anopheles pharoensis</i>	53
2.7 <i>Anopheles tenebrosus</i>	55
3. Les facteurs déterminant la présence des espèces anophéliennes ...	58
3.1 La saison.....	58
3.2 L'altitude	58
3.3 La géographie	58

3.4 La température	59
3.5 L'hydrographie et la pluviométrie	60
3.6 Les facteurs anthropiques	60
3.7 Les gîtes larvaires	61
4. Les techniques de capture	61
5. Identification des espèces d' <i>Anopheles</i>	67
6. Les vecteurs du paludisme	67
7. Intérêts scientifiques	68
IV / INTERETS PEDAGOGIQUES	70
CONCLUSION	78
BIBLIOGRAPHIE	79

INTRODUCTION

Les maladies humaines dont l'hôte intermédiaire de l'agent pathogène est un insecte, un autre arthropode ou un mollusque, constituent l'essentiel de la pathologie infectieuse mondiale. Ceci est particulièrement vrai pour les maladies parasitaires qui dominent la pathologie des régions tropicales où se situent la plupart des pays en développement. Selon le rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) sur le paludisme en 2010, on a enregistré 216 millions de cas de paludisme dans le monde qui ont causé 655000 décès. Les statistiques ne sont pas moindres pour le cas de Madagascar, une région dans la zone intertropicale. En effet, à Madagascar, le paludisme représente la première cause de mortalité et se trouve au deuxième rang des causes de morbidité après les Infections Respiratoires Aiguës (IRA). Les dommages causés par le paludisme peuvent être résumés par les morts dues au paludisme (valeur de la vie humaine), les malades paludéens (coûts des soins médicaux, diminution du rendement des convalescents et des malades chroniques) ainsi que les pertes matérielles dues aux moustiques (diminution des loyers, dépréciation des terrains, diminution du sommeil par les pullulations de moustiques, perte ou dépréciation du bétail due parfois aux Moustiques). Actuellement, on voit tant d'enquêtes sur le paludisme, parfaites sous le rapport de l'hématozoaire et du réservoir de virus, complètement insuffisantes quant aux Anophelinae vecteurs. Il y a un siècle, les Anophelinae n'étaient connus que de quelques entomologues spécialistes. Or, *Anopheles* comme son nom l'indique (nuisible), compte parmi les plus redoutables ennemis de l'espèce humaine. On les a donc étudiés pour mieux les combattre et sans cesse, on en décrit de nouvelles espèces. On constate que ces espèces diffèrent entre elles, non seulement par leur biologie mais aussi en particulier, par le caractère très important de leur sensibilité à l'infection par les Plasmodiums humains. Madagascar compte aujourd'hui 26 espèces d'*Anopheles*. Le présent travail consiste à une initiation à la recherche sur les techniques de capture des moustiques et l'identification des espèces anophéliennes rencontrées à Antananarivo. Il comprendra quatre chapitres. Le premier consistera à l'étude des généralités sur les Anophelinae et le paludisme. Le second englobera les matériels utilisés et la démarche entreprise. La troisième relatera les résultats et fera part des discussions. Enfin, on évoquera dans le dernier chapitre les intérêts pédagogiques.

I/ GENERALITES

1. Les Anophelinae

1.1 Systematique

1.1.1 Le genre *Anopheles*

Règne : ANIMAL

Super Embranchement : INVERTEBRES

Embranchement : ARTHROPODES

Sous-embranchement : ANTENNATES

Classe : INSECTES

Sous-classe : PTERYGOTES

Super Ordre : DIPTEROIDES

Ordre : DIPTERES

Sous-ordre : NEMATOCERES

Famille : CULICIDAE

Sous-famille : ANOPHELINAE

Genre : *Anopheles*

(Source : **MAHANDRY L.** ; 2001 ; 15)

La classe des Insectes ou Hexapodes représente les Arthropodes ayant une paire d'antennes, des mandibules, des mâchoires et des yeux latéraux avec un cône cristallin, un appareil excréteur représenté par des tubes de Malpighi et trois paires d'appendices locomoteurs.

L'Ordre des Diptères groupe des Insectes possédant deux ailes membraneuses, deux balanciers, des tarsi composés de cinq articles et des pièces buccales modifiées pour sucer ou piquer. Le thorax est formé de trois segments dont le médian (mésothorax) est plus grand que le postérieur (métathorax). [SEGUY E ; 1950 ; 24] [SEGUY E ; 1951 ; 25]

Le Sous-ordre des Nématocères groupe les Diptères pourvus de longues antennes et de palpes pendants. [GRASSE P-P et al ; 1963 ; 8]

1.1.2 Classification des *Anopheles* malgaches

La classification des Anopheles malgaches s'énonce comme suit :

Le sous-genre Anopheles comporte une seule série : le Myzorhynchus, qui comporte quatre espèces :

An. coustani Laveran,

An. fuscicolor Van Someren,

An. fuscicolor var. *soalalaensis* Grjebine, endémique,

An. tenebrosus Dönitz.

Le sous-genre Cellia est formé de six séries :

Série Neomyzomyia, avec dix espèces, toutes endémiques :

An. arnoulti Grjebine,

An. grassei Grjebine,

An. grenieri Grjebine,

An. lacani Grjebine,

An. mascarensis De Meillon,

An. milloti Grjebine et Lacan,

An. notleyi Van Someren,

An. radama De Meillon (= *An. pauliani* Grjebine),

An. ranci Grjebine,

An. roubaudi Grjebine.

Série Myzomyia avec quatre espèces

An. brunnipes Theobald,

An. flavicosta Edwards,

An. funestus Giles (complexe)

An. griveaudi Grjebine.

Série Paramyzomyia, avec une espèce :

An. courdurieri Grjebine, endémique

Série Cella, avec trois espèces :

An. cydippis De Meillon,

An. pharoensis Theobald,

An. squamosus Theobald.

Série Neocellia, avec trois espèces :

An. maculipalpis Giles,

An. pretoriensis Theobald,

An. rufipes Gough.

Série Pyretophorus, avec deux espèces :

An. gambiae Giles (complexe),

An. merus Dönitz (exclusif des eaux saumâtres). [RANDRIAMANANTENA D. ; 1985 ; 23]

1.2 Cycle biologique d'*Anopheles*

La reproduction d'*Anopheles* exige du sang, de l'eau et de la chaleur. La femelle fécondée ne peut pondre qu'après un repas sanguin, au cours duquel ses follicules ovariens se développent rapidement. Le cycle « gonotrophique » qui va du repas sanguin à la ponte puis à la recherche d'un nouvel hôte dure 42 à 72 heures en moyenne, en zone tropicale.

L'insecte femelle adulte, gorgé de sang, pond à la surface de mares de petits œufs isolés. Au bout de 1 à 2 jours, des larves aquatiques sortent de ces œufs. Elles sont à respiration aérienne. Puis, une mue se déclenche. Très petites au début (0,5mm), les larves grossissent rapidement jusqu'à atteindre une longueur d'environ 1cm à la troisième mue. A la quatrième mue larvaire fait suite une nymphe ou pupa à avant-corps globuleux, prolongé par un abdomen en forme de virgule. Cette nymphe respire par une paire de petits cornets creux : les cornes ou trompettes respiratoires, mais elle ne se nourrit pas. Les nymphes nagent par saccades au moyen de flexions abdominales, elles se déplacent en frappant l'eau avec leurs nageoires caudales. La durée du stade larvaire, variable selon les conditions de température est de 15 jours

à 3 semaines. De la nymphe sort l'adulte ailé qui, après un accouplement et un repas sanguin, pond et le cycle recommence. [Figure 1]

La plupart des *Anopheles* ne s'éloignent guère de leur lieu de naissance ; parfois, ils se laissent entraîner par les vents ou transporter à grande distance en automobile, en bateau ou en avion. Les mâles meurent rapidement après l'accouplement, les femelles vivent un mois au maximum. Seules les femelles piquent ; les albumines du sang conditionnent la ponte. Quant aux mâles, ils sont végétariens. [DOUCET J. ; 1949 ; 6]

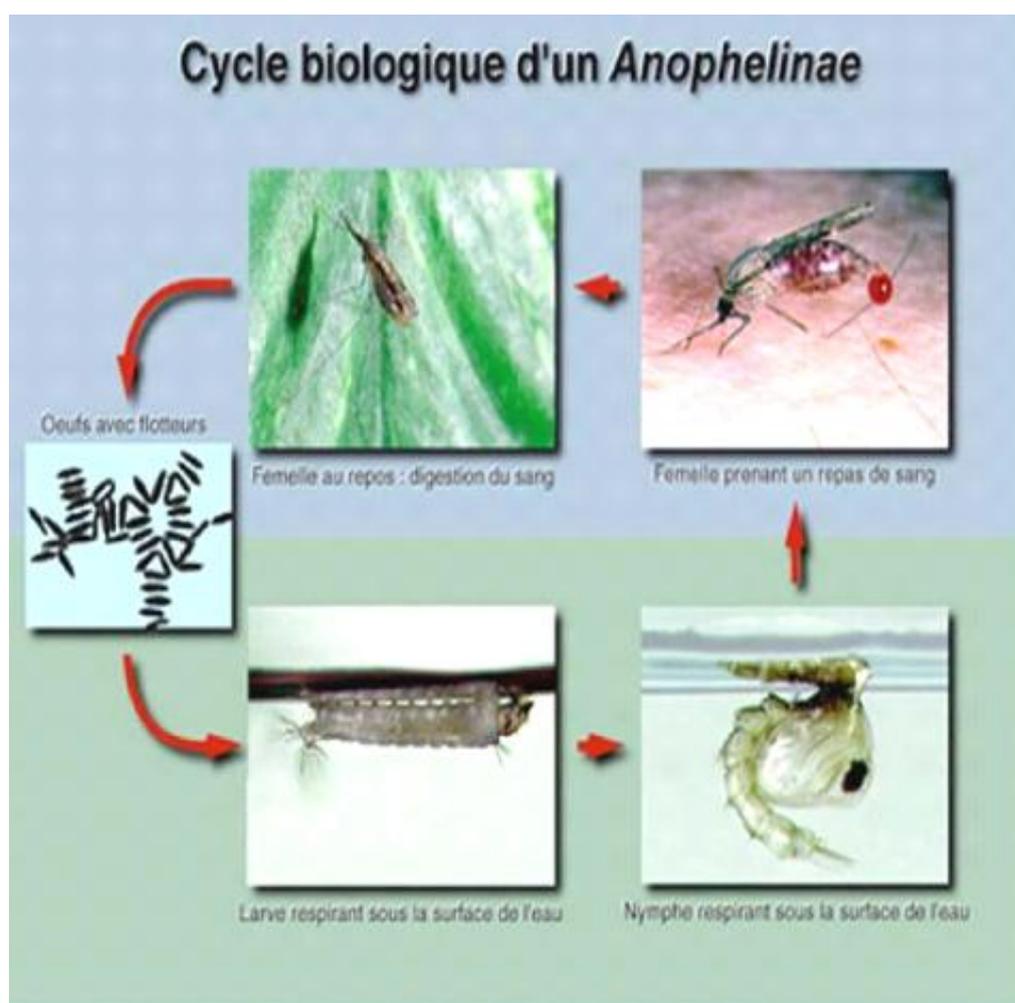


Figure 1 : Cycle de développement des moustiques

(Source : [www.wikipédia.org/cycle de développement des moustiques](http://www.wikipédia.org/cycle%20de%20développement%20des%20moustiques))

1.3 Etude morphologique
1.3.1 Les adultes

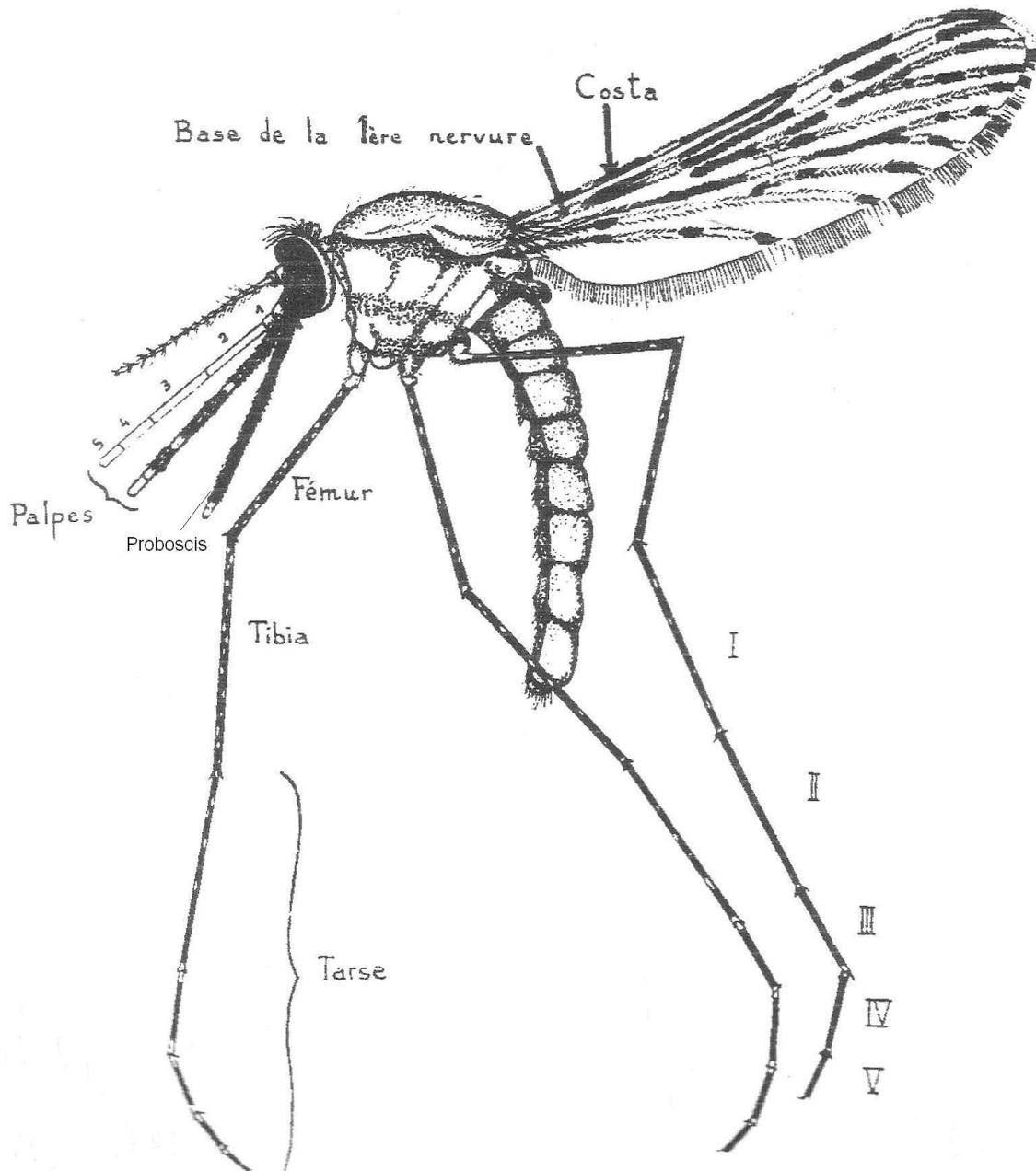


Figure 2 : Schéma général d'un anophèle adulte
(Source : DOUCET J. ; 1951 ; 7)

Le corps comprend trois parties, portant ou non des appendices.

1.3.1.1 La tête

Elle est plus ou moins sphérique. Elle porte latéralement deux yeux composés, toujours séparés par une étroite bande frontale.

- La trompe

Elle est formée de différentes pièces buccales qui sont engainées par cet étui sombre couvert d'écailles qui est le labium. Il engaine le labre, l'hypopharynx, deux mandibules et deux maxilles, et porte à l'apex deux labelles.

- Les palpes maxillaires

Au nombre de deux, ils sont formés de cinq articles couverts d'écailles et de soies sombres, denses et longues vers l'apex et parfois claires figurant des bandes.

Chez la femelle, tous les cinq articles sont cylindriques et de diamètres à peu près semblables. Les écailles et les soies les recouvrent d'une façon uniforme.

Chez le mâle, les deux derniers articles sont dilatés en massue. Les écailles sont limitées à la face externe de la massue tandis que la face interne de ces deux derniers articles est bordée de nombreuses soies longues.

- Les antennes

Elles sont au nombre de deux, formées chacune de quinze articles. Le premier est très réduit, le second globuleux, plus gros chez le mâle, les suivants cylindriques, velus, avec chacun une couronne de soies denses chez le mâle, rares chez la femelle

1.3.1.2 Le thorax

Le thorax est globuleux, formés de trois segments soudés ensemble :

Le prothorax

Le mésothorax

Le métathorax

Sur le thorax s'insèrent :

- Les pattes

Elles sont au nombre de trois paires (antérieures, moyennes et postérieures).

Chaque patte comprend :

- Une hanche (coxa)

- Un trochanter
- Un fémur
- Un tibia
- Un tarse de cinq articles, l'article n° V étant le plus éloigné du tibia : c'est l'article apical.

Des soies et des écailles ornent ces pattes. Cette ornementation forme des mouchetures, des taches et des anneaux dont la disposition particulière pour chaque espèce sert à leur identification

- Les haltères

Appelés aussi balanciers, ils se trouvent sur le métathorax et remplacent une paire d'ailes

- Les ailes

Les ailes sont au nombre de deux. Elles sont limitées par un bord antérieur ou costal, un bord postérieur ou anal et un apex. Elles s'attachent au thorax par une base thoracique. Sur leur bord postérieur, existe une frange de soies appelée frange alaire. Les nervures sont au nombre de huit. Ce sont : la costale, la sous-costale, la 1^{ère} longitudinale, la 2^{ème} longitudinale qui est bifurquée, la 3^{ème} longitudinale, la 4^{ème} longitudinale qui est bifurquée, la 5^{ème} longitudinale qui est bifurquée et la 6^{ème} longitudinale.

Tableau I : Nomenclature habituelle des nervures de l'aile d'*Anopheles*

Tronc	Branches
Costale	
Sous-costale	
1 ^{ère} longitudinale	
2 ^{ème} longitudinale	Antérieure
	Postérieure
3 ^{ème} longitudinale	
4 ^{ème} longitudinale	Antérieure
	Postérieure
5 ^{ème} longitudinale	Antérieure
	Postérieure
6 ^{ème} longitudinale	

Des nervures transverses unissent les nervures longitudinales entre elles.

La transverse marginale unit la 1^{ère} longitudinale à la base de la 2^{ème}.

La transverse surnuméraire unit la 2^{ème} longitudinale à la base de la 3^{ème}.

La transverse moyenne unit la base de la 3^{ème} longitudinale à la 4^{ème}.

La transverse postérieure unit la 4^{ème} longitudinale à la branche antérieure de la 5^{ème}.

Les nervures divisent l'aile en cellules. Les plus employées sont la première sous-marginale, entre les deux branches de la 2^{ème} longitudinale (fourchette antérieure), et la deuxième postérieure, entre les deux branches de la 4^{ème} longitudinale (fourchette postérieure).

1.3.1.3 L'abdomen

Il est formé de dix segments dont neuf sont bien visibles. Chacun comprend un tergite et un sternite réunis par des pleures. De nombreuses soies recouvrent les segments. Parfois, des touffes d'écaillés latérales ornent les segments. Le 9^{ème} segment porte l'armature génitale ou hypopygium chez le mâle et les cerques chez la femelle. [LACAN A. ; 1954 ; 13]

1.3.2 Les nymphes

La nymphe est facile à reconnaître par sa forme en virgule. [Figure 3] Les nymphes sont des insectes apodes et mobiles.

La tête et le thorax sont unis en un céphalothorax, l'abdomen reste individualisé.

- Le céphalothorax

La face supérieure du céphalothorax porte les trompettes respiratoires qui sont courtes et largement ouvertes. En arrière, la face dorsale présente deux tubercules métathoraciques portant des soies.

- L'abdomen

L'abdomen est composé de huit segments. Le huitième porte à son bord postérieur une paire de palettes.

L'ensemble du corps présente de nombreuses soies dont la disposition et la forme servent au diagnostic des espèces.

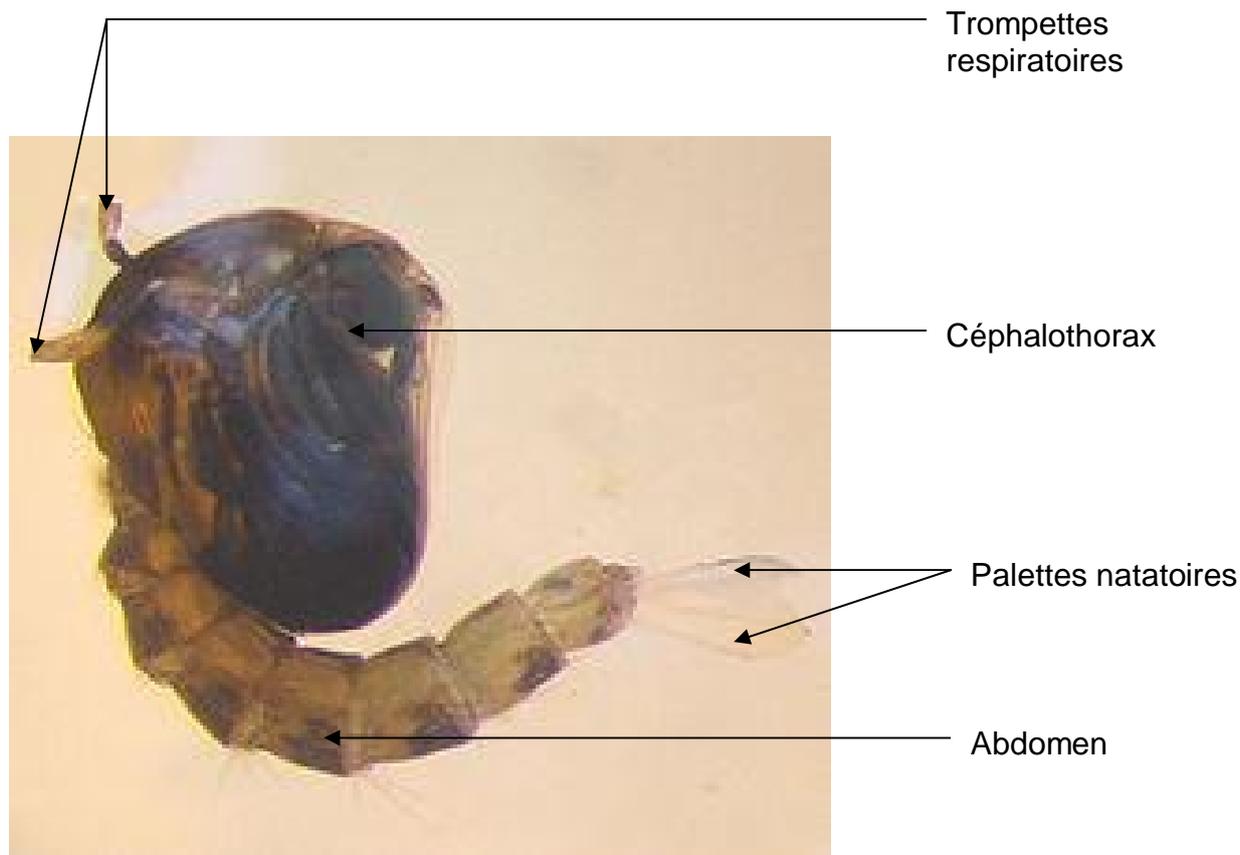


Figure 3 : Photo d'une nymphe d'*Anopheles*

(Source : http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Anophèles_pupe.jpg)

1.3.3 Les larves

Les larves d'Anophelinae sont bien reconnaissables ; elles flottent à la surface de l'eau comme de petits morceaux de bois, mais très mobiles, se recourbant et se détendant rapidement dès que l'on cherche à les saisir ou même qu'on agite l'eau.

Le corps est divisé en trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen. [Figure 4]

1.3.3.1 La tête

Elle est plus longue que large, très mobile : pendant le repas, elle effectue une rotation de près de 180°. Elle porte des antennes, des yeux et des pièces buccales à brosses buccales

1.3.3.2 Le thorax

Il comporte trois longues et fortes soies plumeuses dorso-latérales au prothorax et métathorax. Les soies latérales mésothoraciques sont plus petites et ordinairement simples. Deux des trois soies prothoraciques submédianes sont de longueur moyenne et ramifiées.

1.3.3.3 L'abdomen

L'abdomen porte une paire de soies palmées par segment, parfois absente sur certains. Les segments I-III portent de longues soies latérales plumeuses. Au bord antérieur des segments II-VIII se situe la plaque tergale sclérifiée et au segment IX, la plaque latérale sclérifiée. Le segment X (segment anal) porte quatre soies postéro-latérales (soies caudales). Une série de touffes de soies constitue la brosse ventrale qui joue le rôle de gouvernail.

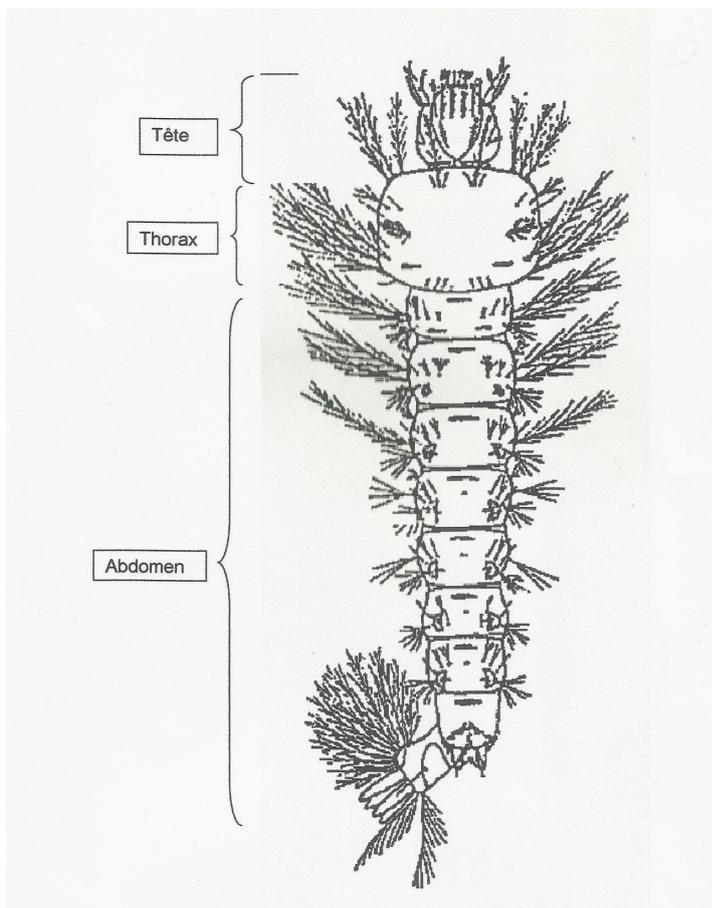


Figure 4 : Schéma général d'une larve d'*Anopheles*
(Source : OMS ; 2003 ; 21)

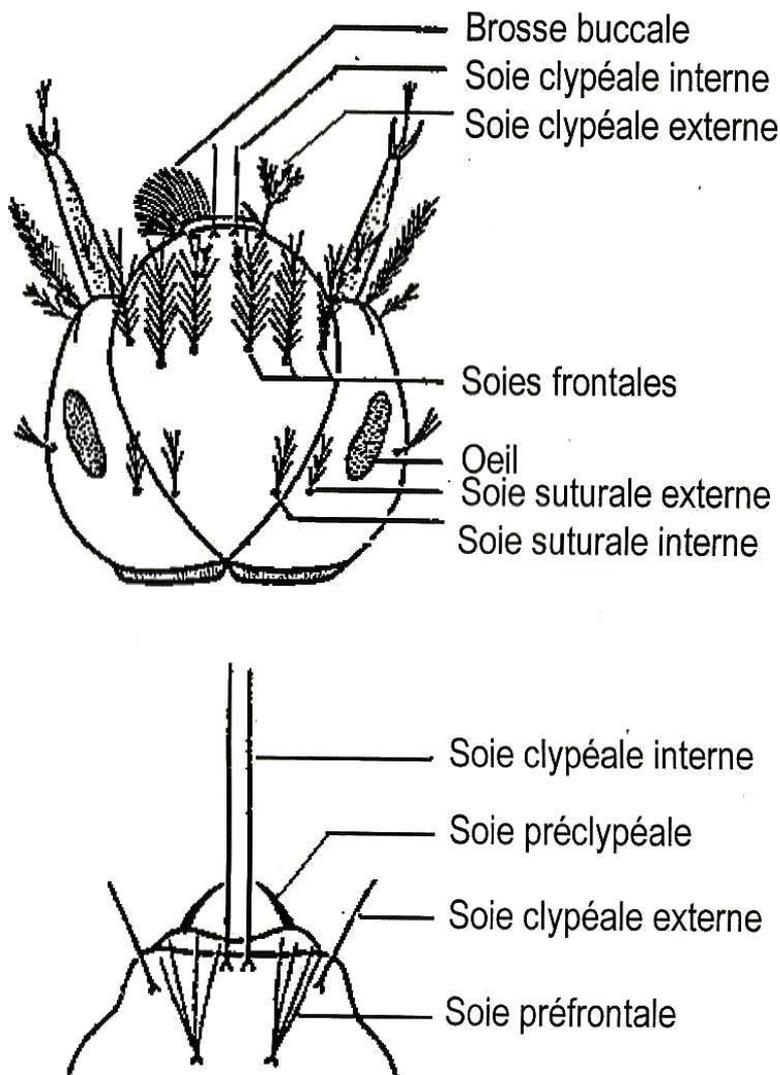


Figure 5 : Tête d'une larve d'*Anopheles* montrant les soies
(Source : OMS ; 2003 ; 21)

1.3.4 Les œufs

Les œufs des moustiques sont de petits corps elliptiques à coque dure, lisse ou finement rugueuse, portant des expansions latérales qui servent de flotteurs. Les œufs des Anophelinae portent des flotteurs disposés de chaque côté de la coque. [Figure 6]. Ces œufs, déposés isolément, flottent à la surface de l'eau et prennent des positions caractéristiques dues à la tension superficielle du liquide. [MAHANDRY L. ; 2001 ; 15]

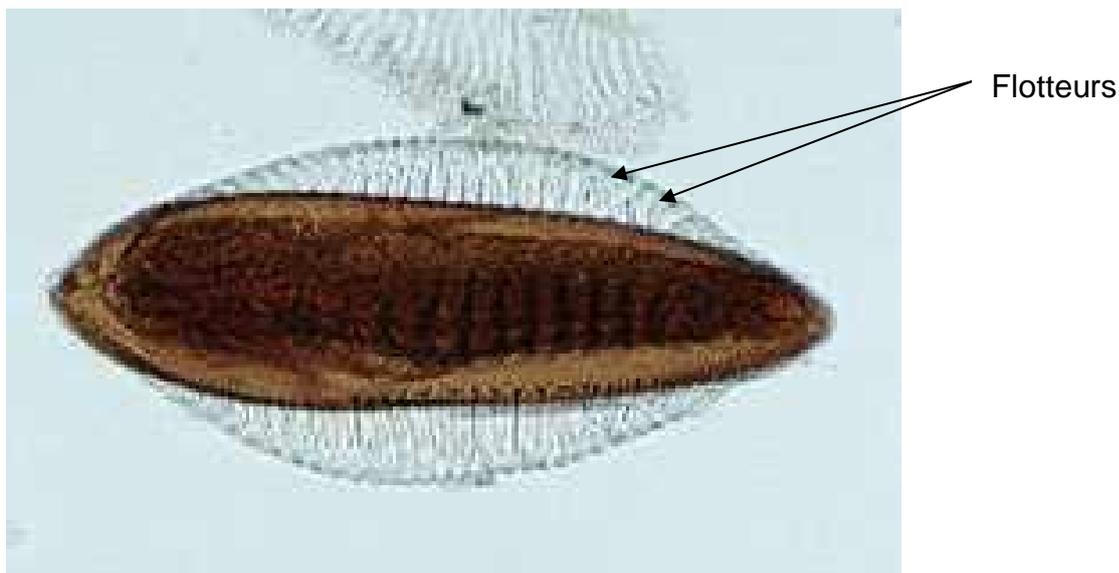


Figure 6 : Photo d'un œuf d'*Anopheles*
 (Source : [www.wikipédia.org/oeuf d'anophèle](http://www.wikipédia.org/oeuf_d'anophèle))

1.4 Etude écologique

- Les gîtes larvaires

DOUCET (1949) affirme que les endroits où l'on peut rencontrer les larves sont nombreux. Les larves ont besoin d'un plan d'eau assez calme pour vivre. On les rencontre dans les rizières, dans les flaques, surtout celles de petite taille. A Madagascar, les empreintes des pieds de bœufs dans la boue sont des gîtes d'élection ; les carrières à briques, encaissées où l'eau est peu balayée par le vent, sont aussi de bons gîtes. Il en est de même des canaux de drainage ou des gouttières bouchées, des canaux où l'eau stagne, surtout lorsqu'une végétation herbeuse les protège du vent. L'aisselle des feuilles de bananiers, de Ravenala, etc. peuvent retenir une quantité d'eau suffisante pour la pullulation des larves. [DOUCET J. ; 1949 ; 6]

LACAN (1955) subdivise en trois catégories les gîtes larvaires anophéliens.
 [LACAN A. ; 1955 ; 14]

Gîtes larvaires à eaux souterraines

- Ruisseaux et rivières
- Canaux et drains d'eau courante

- Rizières cultivées
- Rizières incultes

Il s'agit de gîte permanent en eau courante.

Gîtes larvaires à eaux pluviales

- La plus grande partie de petites collections d'eau stagnante
- La plupart des gîtes domestiques

Il s'agit de gîtes transitoires, saisonniers, de faible superficie, le plus souvent dépourvus de végétation.

Gîtes larvaires à eaux mixtes

- Les rizières cultivées
- Rizières incultes et prairies inondées
- Grandes collections d'eau stagnante
- Certains gîtes domestiques.

Il s'agit de gîtes semi-permanents, à eau le plus souvent stagnante ou à très faible courant, présentant une végétation plus ou moins importante.

Chacune de ces trois grandes catégories peut se subdiviser en gîtes naturelles et gîtes artificiels.

GRJEBINE (1966) [GRJEBINE A.; 1966 ; 11] évoque quatre catégories essentielles de gîtes larvaires.

- Habitats naturels d'eau terrestre

Exemples : rizières incultes, grandes collections d'eau stagnante,...

- Habitats qui dérivent de l'activité de l'Homme et des animaux

Exemples : des empreintes de sabots de bœufs, des empreintes de pieds humains,...

- Habitats artificiels

Exemples : des pneus, des boîtes de conserve,...

- Phytotelmes ou collections d'eau des végétaux

Exemples : trous des tiges de bambou : g. *Bambusa*, aisselles des feuilles de bananiers : g. *Musa*,...

- Caractéristiques générales des gîtes de repos

L'humidité relative de l'air, la température et le vent déterminent la préférence pour le gîte de repos.

A téguments minces, *Anopheles* supporte mal la dessiccation. Une humidité relative :

- inférieure à 50% entraîne une mortalité importante des imagos
- de 50 à 60% rend la transmission difficile parce que la femelle est menacée d'une déshydratation.

En règle générale, *Anopheles* est thermophile et craint le vent. Cependant, une température supérieure à 35° raccourcit la durée de vie d'*Anopheles*. Les bons gîtes de repos seront donc les endroits humides, abrités du vent et relativement chauds.

Bref, les adultes affectionnent les endroits sombres et humides, les interstices et à l'intérieur des toits des cases, les écuries qui leur procurent une nourriture abondante en dehors des conditions climatiques d'humidité et de température favorables. Les toiles d'araignées des écuries sont de bons abris pour eux, car ils savent se déplacer à leur surface et ils y sont protégés du vent.

ROSS (1897) [MAHANDRY L. ; 2001 ; 15] classe les moustiques selon leurs abris en :

- Moustiques domestiques : ceux qui passent la plus grande partie de leur existence dans les maisons
- Moustiques sub-domestiques : ceux qui entrent dans les maisons pour se nourrir et regagnent leurs gîtes extérieurs
- Moustiques sauvages : ceux qui ne pénètrent jamais dans les maisons

2. Le paludisme

2.1 L'agent pathogène

Le paludisme est une maladie causée par un parasite intracellulaire des globules rouges du genre *Plasmodium*. Il est transmis par la piqûre de la femelle hématophage d'un moustique du genre *Anopheles*.

En 1880, LAVERAN découvre l'hématozoaire responsable du paludisme.

En 1897, ROSS découvre des oocystes de *Plasmodium* chez *Anopheles*.

2.1.1 Systematique

Règne : ANIMAL

Super embranchement : PROTOZOAIRES

Embranchement : SPOROZOAIRES

Sous-embranchement : APICOMPLEXA

Classe : SPOROZOEA

Sous-classe : COCCIDIA

Ordre : HAEMOSPORIDA

Famille : PLASMODIIDAE

Genre : *Plasmodium*

(Source : **RAJAONISENA H.** ; 2000 ; 22)

Il existe quatre espèces plasmodiales :

- *Plasmodium falciparum*
- *Plasmodium vivax*
- *Plasmodium malariae*
- *Plasmodium ovale*

Tableau II: Localisation des espèces de *Plasmodium* dans le monde

Espèce plasmodiale	Répartition géographique
<i>P. falciparum</i>	Afrique tropicale Une partie de l'Asie Pacifique occidental Amérique central Amérique du Sud Haïti République dominicaine
<i>P. vivax</i>	Asie Amérique central Amérique du Sud
<i>P. malariae</i>	Cosmopolite
<i>P. ovale</i>	Zones tropicales de l'Afrique occidentale

2.1.2 Cycle biologique de *Plasmodium falciparum*

Plasmodium possède un cycle biologique complexe qui est nécessaire à sa survie. Ce cycle nécessite plus d'un hôte. Pour cela, on qualifie *Plasmodium* de parasite hétéroxène. A 20°C, le cycle dure 22 jours et il s'arrête en-dessous de cette température.

La partie sexuée du cycle se déroule chez *Anopheles*. C'est la sporogonie ou cycle sporogonique ou cycle extrinsèque.

La partie asexuée du cycle se déroule chez l'Homme. . C'est la schizogonie ou cycle schizogonique ou cycle intrinsèque. Chez ce dernier, on distingue deux phases :

- Une phase tissulaire exo érythrocytaire se déroulant dans le foie
- Une phase sanguine ou érythrocytaire. [Figure 7] [RAJAONISENA H. ; 2000 ; 22]

2.1.2.1 Chez l'Homme : cycle schizogonique

o L'étape exo érythrocytaire

Le parasite se présentant sous la forme sporozoïte en fer de lance constitue la forme infectante pour l'Homme. Les sporozoïtes sont inoculés chez l'Homme par *Anopheles*. Afin de pouvoir prélever son repas sanguin, le moustique injecte d'abord chez l'Homme des enzymes anticoagulants, véhiculés par la salive. Chez l'Homme, une grande partie des sporozoïtes inoculés est détruite par phagocytose. Une petite

partie de ces sporozoïtes gagne le foie en moins d'une heure par l'intermédiaire du sang. Les sporozoïtes deviennent alors des schizontes tissulaires. Dans les cellules hépatiques, ces schizontes vont subir une série de divisions nucléaires. Vers la fin de cette étape, ils atteignent le stade de cellule géante polynucléée. Le cytoplasme des schizontes se divise pour donner de petites cellules appelées mérozoïtes qui vont être libérées dans le sang lors de l'éclatement des cellules hépatiques infestées. Une cellule hépatique infectée pourra ainsi libérer dans le sang 5000 à 10000 mérozoïtes. Cette étape correspond à la phase d'incubation qui dure 14 jours dans le cas de *Plasmodium falciparum*. [Figure 7]

- L'étape érythrocytaire

Les mérozoïtes relâchés par le foie dans le sang infestent alors les érythrocytes où ils se transforment en schizontes érythrocytaires. Ces schizontes érythrocytaires vont évoluer jusqu'au stade de corps en rosace formés de petits noyaux bien disposés dans le globule rouge. Ces corps en rosace vont donner de nouveaux mérozoïtes. Ces mérozoïtes vont provoquer la lyse des érythrocytes qui les contiennent, ce qui aboutit à leur libération périodique dans le sang. L'étape dure deux jours et se répète de nombreuses fois.

Le cycle sexué débute chez l'Homme. Quelques mérozoïtes libérés dans le sang par éclatement des globules rouges subissent la réduction chromatique et vont ainsi se transformer :

- pour certains en gamétocytes mâles ou microgamétocytes, précurseurs des gamètes mâles mûrs
- pour d'autres en gamétocytes femelles ou macrogamétocytes, précurseurs des gamètes femelles mûrs.

Ces gamétocytes mâles et femelles, précurseurs de cellules sexuelles mûres sont par eux-mêmes inoffensifs pour l'Homme et y sont de plus incapables de poursuivre leur évolution. [Figure 7] [MAHANDRY L. ; 2001 ; 15]

2.1.2.2 Chez le vecteur : cycle sporogonique

Lors d'un repas sanguin sur un paludéen, *Anopheles* femelle absorbe les gamétocytes. Ces derniers vont gagner l'estomac de l'animal où les gamétocytes mâles vont subir l'exflagellation et trois divisions successives pour donner huit gamètes mâles mûrs flagellés. Les gamétocytes femelles vont encore s'accroître en taille pour donner des gamètes femelles mûrs.

Les microgamètes mâles fécondent les gamètes femelles et forment un œuf mobile : l'ookinète qui va pénétrer la paroi du tube digestif et va s'enkyster pour donner l'oocyste. A l'intérieur de l'oocyste, il se produit plusieurs divisions nucléaires donnant un grand nombre de sporozoïtes et l'oocyste grossit. Lorsque les sporozoïtes sont bien développés, l'oocyste éclate et libère les sporozoïtes en fer de lance dans la cavité générale de l'animal dont certains vont gagner les glandes salivaires par un chimiotactisme positif. A cet instant, le moustique devient infestant, c'est-à-dire qu'il est capable d'inoculer à l'Homme par piqûre les sporozoïtes en fer de lance et ainsi le cycle est réamorcé. [Figure 7]

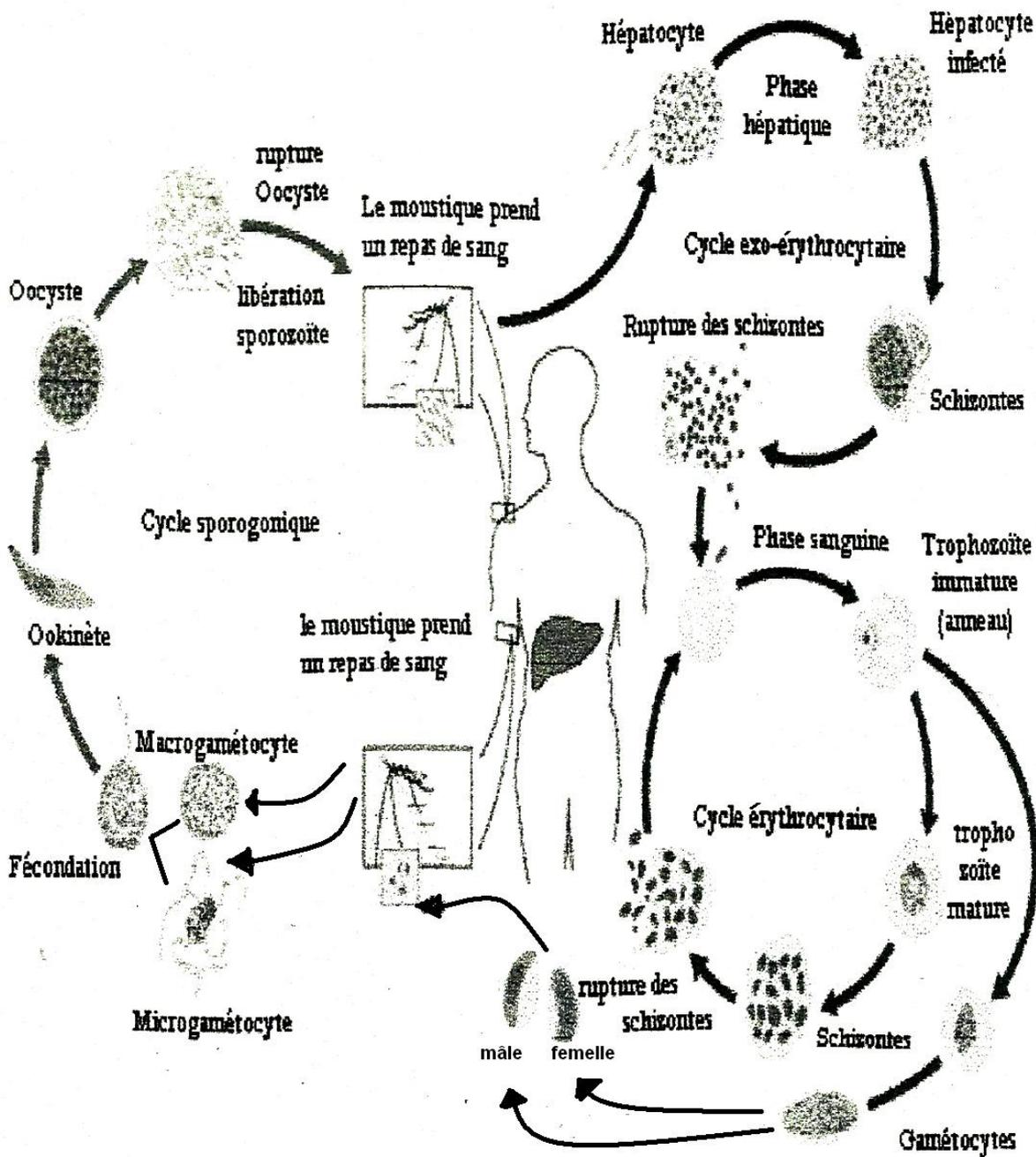


Figure 7 : Cycle de développement de *Plasmodium*
 (Source : [www.wikipédia.org/cycle de développement de Plasmodium](http://www.wikipédia.org/cycle%20de%20développement%20de%20Plasmodium))

2.2 Les symptômes du paludisme

- ❖ Anémie
- ❖ Défaillance hépatique
- ❖ Forte fièvre

2.3 Lutte contre le paludisme

2.3.1/ Prise en charge (traitement) des cas de paludisme

A Madagascar, la prise en charge se fait dans les structures sanitaires et au niveau communautaire.

La prise en charge comprend le diagnostic biologique, le traitement correct et rationnel avec un médicament antipaludique adéquat, les conseils aux malades et la référence des cas graves dans les structures disposant de plateau technique adéquat.

2.3.2/ Prévention du paludisme

a) Chimioprophylaxie

La chimioprophylaxie a pour but de réduire le risque de contracter le paludisme. A Madagascar, elle concerne les personnes les plus vulnérables qui sont :

- ❖ Les femmes enceintes
- ❖ Les enfants
- ❖ Les voyageurs non prémunis

b) Différentes méthodes de lutte anti-vectorielle

- ❖ Méthodes permettant de réduire le contact Homme- vecteur
 - moustiquaires (effet barrière) et moustiquaires imprégnées d'insecticides (action répulsive de l'insecticide)
 - protection de l'habitation par la pose de grillage
 - répulsifs
 - diffuseurs d'insecticides volatils (serpentins, diffuseurs électriques), ...

- ❖ Méthodes visant principalement à réduire la densité des vecteurs
 - réduction des gîtes larvaires par l'aménagement de l'environnement (modification et manipulation de l'environnement)
 - traitement larvicide (insecticides chimiques comme le temephos et d'origine biologique)
 - lutte biologique (prédateurs des larves d'anophèles), ...

 - ❖ Méthodes visant à augmenter la mortalité des vecteurs adultes
 - pulvérisation intra domiciliaire d'insecticide rémanent
 - utilisation universelle des moustiquaires imprégnées d'insecticides par les communautés.
- c) Mesures pour renforcer l'efficacité de la lutte antipaludique : l'éducation pour la santé

II/ MATERIELS ET METHODES

1. La recherche bibliographique

La recherche bibliographique est la première étape du travail et consiste à consulter tous les ouvrages se référant au thème étudié. Ici, il s'agit des moustiques, des anophèles, des Diptères, de la faune malgache, du paludisme, ...

Le but de cette recherche bibliographique est de s'informer sur ce qui a été fait sur le sujet. Les sources bibliographiques principales sont les livres, les revues, les mémoires, les thèses, les publications, les rapports, les monographies,... Les documents ont été collectés dans différentes bibliothèques et sur internet

2. Les sites d'étude

Les zones d'étude se situent aux environs de la ville d'Antananarivo, capitale de Madagascar. Quelques quartiers ont été prospectés :

- Andoharanofotsy- By Pass
- Imerimandroso
- Ambohidrapeto
- 67Ha
- Ankatso
- Andraisoro
- Ampasika
- Androhibe

La ville d'Antananarivo se trouve sur les Hauts-Plateaux, à climat sensiblement frais. La région des Hauts-Plateaux se situe entre les latitudes 18° et 21°30 et les longitudes 46°15 et 47°45 [LACAN A. ; 1953 ; 12]. Cette région possède les quatre saisons annuelles, bien définies par leurs caractéristiques particulières. Le sol est aride et souvent dénudé. Du point de vue administratif, cette région englobe la presque totalité de l'ex-province de Tananarive et une partie de l'ex- province de Fianarantsoa. [RANDRIAMANANTENA D. ; 1985 ; 23]

3. Captures des moustiques

3.1 Recherche des gîtes de repos d'*Anopheles*

Dans chaque site, les captures ont été effectuées dans différents gîtes de repos des moustiques, dans la matinée. Parmi ces gîtes, les étables, les écuries, les porcheries et les poulaillers ont été prospectés. Par ailleurs, les talus et les troncs d'arbres constituaient aussi des gîtes à *Anopheles*.

3.2 Capture et transport des moustiques adultes

3.2.1/ Capture matinale

Equipements :

- Tube d'aspiration ou aspirateur à bouche [Figure 8]
- Torche lumineuse
- Gobelets en carton couverts par une voile moustiquaire [Figure 9]
- Coton
- Elastiques
- Cages à moustiques
- Boîte ou mallette isotherme [Figure 10]

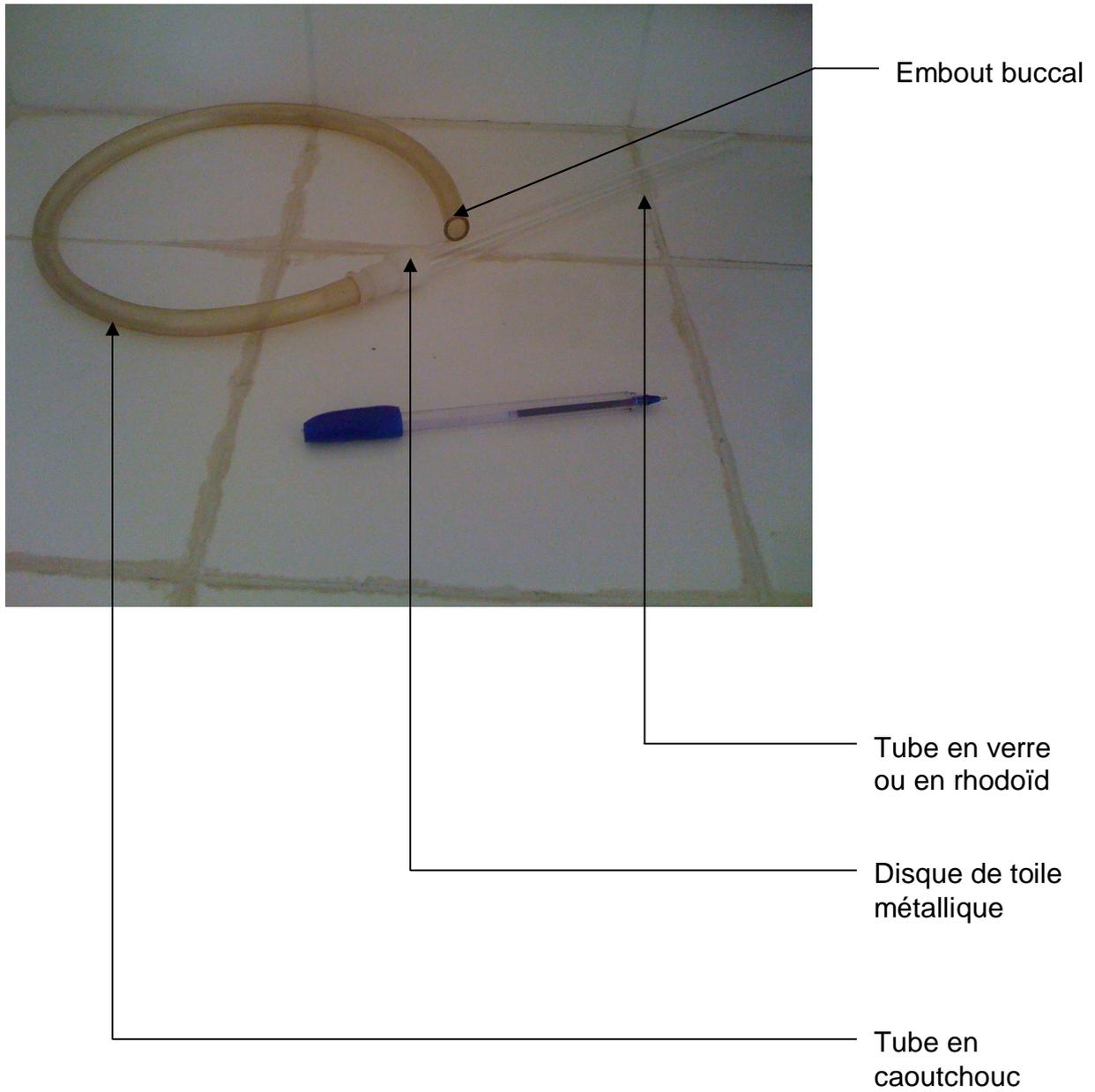


Figure 8 : Photo d'un aspirateur à bouche

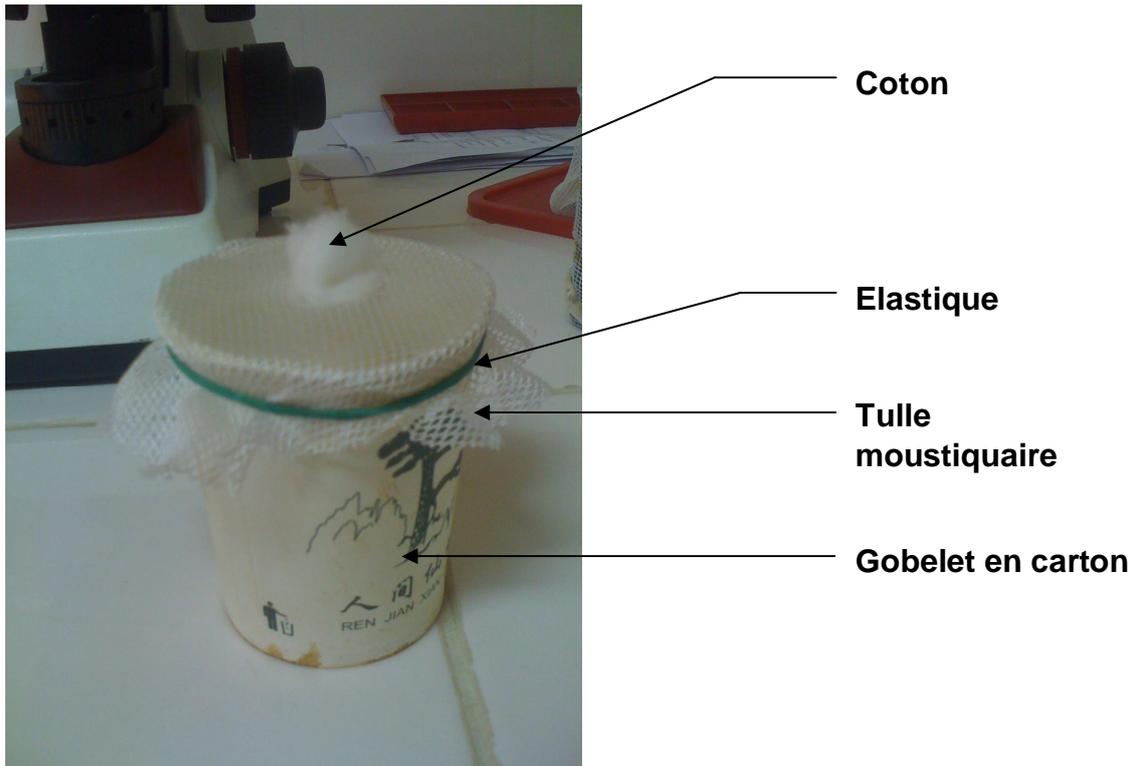


Figure 9 : Photo d'un gobelet en carton couvert par un tulle moustiquaire



Figure 10 : Photo d'une mallette isotherme pour le transport des moustiques

Comment se servir d'un tube d'aspiration ?

- Tenir le tube en caoutchouc à la bouche et le tube de verre à 1-2cm du moustique.
- Approcher le tube du moustique et en même temps, aspirer doucement mais rapidement pour attirer le moustique dans le tube
- Aspirer légèrement à petits coups pour éviter que le moustique s'échappe.
- introduire le tube de verre dans le trou de la moustiquaire couvrant le gobelet
- Souffler doucement dans l'aspirateur pour transférer le moustique dans le gobelet
- Tapoter sur le tube avec l'index au cas où les moustiques restent collés à la paroi.

Remarque : Ne pas capturer plus de cinq moustiques dans le tube avant de les transférer dans le gobelet. [TONIAZE C. ; 2001 ; 27]

Conservation des moustiques en vie sur le terrain et transport

Si les moustiques doivent séjourner quelques temps sur le terrain et être gardés vivants pendant le transport, certaines précautions doivent être prises pour les maintenir en bonne forme dans les gobelets :

- Tremper des morceaux de coton dans une solution à 5-8 % de sucre, exprimer l'excès de solution sucrée et placer le coton sur le treillis moustiquaire des gobelets
- Placer soigneusement les gobelets contenant les moustiques en position verticale dans la mallette isotherme
- Avant le transport, bourrer de journaux ou autres matériaux de remplissage entre les gobelets pour éviter les chocs

Remarque : Prendre garde de garder les moustiques dans un lieu non contaminé par des insecticides [RANDRIAMANANTENA D. ; 1985 ; 23]

3.2.2/ Capture nocturne

Equipements

- Lampe de poche
- Tubes de capture (tubes à hémolyse) [Figure 11]
- Coton hydrophile



Figure 11 : Photo d'un tube de capture

Méthode

- Assis sur une chaise, capturer les moustiques qui viennent atterrir sur les jambes dénudées.
- Eteindre toutes les lumières et éclairer de temps en temps les jambes avec la lampe
- En présence de moustique, coiffer ce dernier à l'aide du tube de capture
- Eclairer avec la lampe de poche la partie terminale du tube de capture pour faire monter le moustique dans le tube. Le moustique dérangé va s'envoler vers la partie éclairée
- Boucher le tube avec du coton

4. Identification et détermination des anophèles

4.1 Préparation des échantillons

Arrivés au laboratoire, les moustiques adultes capturés ont été libérés dans des cages à armatures en bois ou en fer et à parois constituées par des tulles moustiquaires [Figure 12]. La dimension des cages est variable. Pendant la préparation des moustiques, on a utilisé des cages de 25 cm et de 30 cm de côté. Les moustiques sont introduits un à un dans des tubes de capture pour être observés et identifiés sous la loupe binoculaire. Les individus de la même espèce qui sont gorgés, semi-gravides ou gravides sont relâchés dans la cage où un pondoir a été placé. Le pondoir est constitué par une boîte de pétri tapissée de coton imbibé d'eau et recouvert d'un papier filtre.



Figure 12 : Photo d'une cage à tulle moustiquaire

4.2 Distinction des Moustiques des autres Insectes

Les moustiques appartiennent à l'embranchement des Arthropodes du règne animal qui inclut (entre autres) araignées, cafards, papillons, mouches, ... Ils peuvent être connus aux caractéristiques suivantes :

- Le corps est composé de parties ou segments, dont certains peuvent être articulés ;
- Le corps est recouvert d'une carapace épaisse appelée exosquelette ;
- Le corps est garni de pattes et d'antennes articulées en paires ;

Dans les arthropodes, il y a de nombreuses classes et parmi celles-ci, la classe des insectes dont les moustiques font partie.

Les insectes possèdent les caractéristiques suivantes :

- Le corps est divisé en trois segments : tête, thorax et abdomen
- La tête porte une paire d'antennes et une paire d'yeux composés
- Le thorax porte trois paires de pattes

La classe des insectes comprend plusieurs ordres, dont les moustiques appartenant à l'ordre des Diptères. Les insectes de ce groupe possèdent les caractéristiques suivantes :

- Le thorax porte une paire d'ailes visibles

Les ailes postérieures, qui sont vestigiales, sont de fins filaments mobiles connus sous le nom de « haltères », utilisées surtout pour maintenir l'équilibre en vol

4.3 Identification des deux sous-familles : Anophelinae et Culicinae

Matériels :

- Anophèles aux stades : adulte, nymphe, larve et œuf
- Loupe binoculaire

Méthodes :

Œufs

Les œufs des Culicinae sont pondus en masse, collant les uns aux autres, en radeau.

Les œufs des Anophelinae sont pondus séparément et flottent à la surface de l'eau grâce à des flotteurs

Larves

La larve de Culicinae présente un tube respiratoire (siphon) qui lui confère une position oblique par rapport à la surface de l'eau, tandis que la larve d'Anophelinae n'a pas de siphon et se trouve immédiatement en-dessous et parallèle à la surface de l'eau [Figure 13].

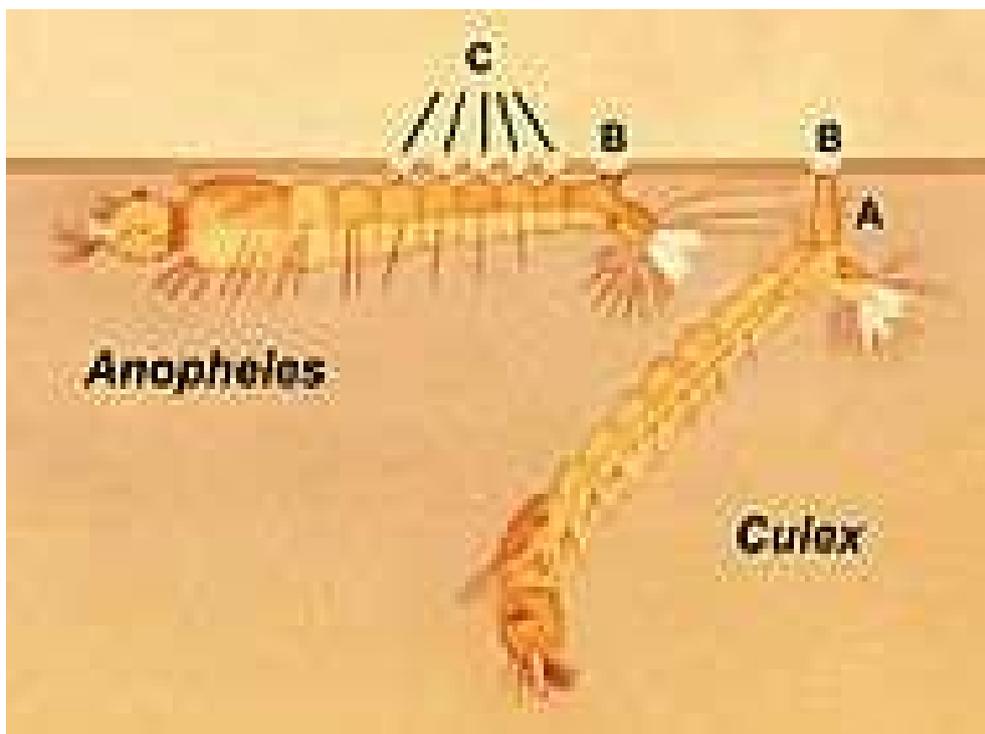


Figure 13 : Position des larves d'*Anopheles* et de *Culex*
(Source : www.wikipédia.org/ les anophèles)

Pupes ou nymphes

Les nymphes d'Anophelinae et de Culicinae, qui ont une forme de virgule, sont suspendues juste sous la surface de l'eau et nagent activement lorsqu'elles sont dérangées. Il est assez difficile de reconnaître les pupes de Culicinae de celles des Anophelinae sur le terrain ; cependant, la trompette respiratoire de la pupa des Anophelinae est courte avec une large ouverture, tandis que chez les Culicinae, la

trompette est plus longue et fine et son ouverture plus étroite. En outre, la soie latérale du segment abdominal VIII est insérée à l'angle inférieur du segment chez les Anophelinae tandis qu'elle est insérée au-dessus de l'angle inférieur du segment 8 chez les Culicinae.

Adultes

Sur des moustiques vivants, on peut reconnaître les Culicinae des Anophelinae en observant leur position au repos par rapport au support : les Anophelinae forment un angle de 50° à 90° tandis que les Culicinae adoptent une position parallèle [Figure 14]

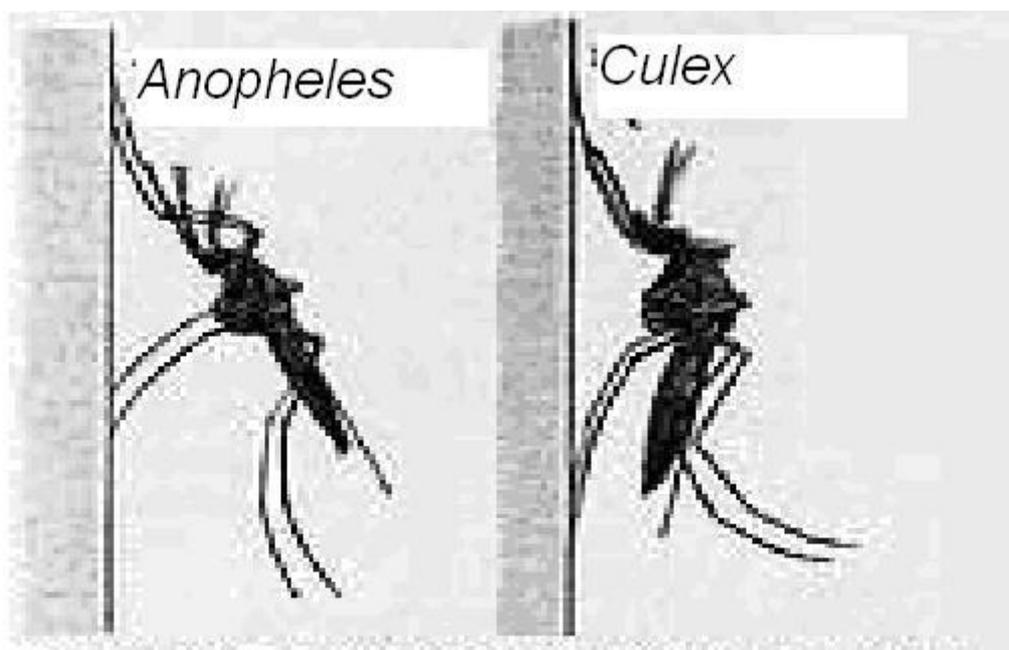


Figure 14 : Position d'*Anopheles* et de *Culex* par rapport à un support
(Source : SEGUY E. ; 1950 ; 25)

Les Anophelinae peuvent être aussi distingués des Culicinae par la longueur et la forme des palpes :

Chez les femelles d'Anophelinae, les palpes sont aussi longs que le proboscis, tandis que chez les femelles de Culicinae, les palpes sont beaucoup plus courts que le proboscis

Chez les mâles d'Anophelinae, les palpes sont aussi longs que le proboscis et renflés au sommet, tandis que chez les mâles de Culicinae, les palpes sont plus longs que le proboscis, avec un sommet effilé.

4.4 Distinction des moustiques femelles et mâles

Puisque seuls les moustiques femelles prennent des repas de sang et transmettent le paludisme, il est donc important de pouvoir reconnaître les moustiques femelles des mâles. Le mâle a des antennes garnies de longs poils qui leur donnent une apparence touffue comme une moustache. Sur les antennes de la femelle, les poils sont peu nombreux et courts.

4.5 Identification morphologique des espèces anophéliennes

Matériels :

L'identification morphologique se fait sous la loupe binoculaire [Figure 15] et quelquefois pour certains caractères (exemple les ailes), on utilise un microscope optique, option faible grossissement.

Méthodes :

Des clés d'identification d'adultes et de larves d'Anophelinae ont été mises au point pour la plupart des parties du monde. Il faut d'abord s'assurer de choisir une clé taxonomique adaptée à la région concernée ou une région la plus proche possible.

Le type de clé d'identification le plus communément utilisé présente des observations regroupées par paires. Ce sont les clés dichotomiques. Dans ce type de clé, une seule des deux descriptions correspond au spécimen examiné. On doit décider laquelle des descriptions correspond au spécimen. A l'issue de la comparaison, on trouvera soit un nombre indiquant quelle paire utiliser ensuite, ou le nom du spécimen. Si on va à la paire suivante, il faut choisir la réponse correcte dans cette paire et continuer ainsi jusqu'à l'identification de l'espèce correspondant au spécimen.

Exemple :

On a un moustique dont les ailes ont des écailles claires et sombres, les pattes sont tachetées et la moitié du proboscis est pâle. Le parcours de la clé suivante identifiera l'espèce E.

1/Ailes avec écailles sombres.....	2
Ailes avec écailles sombres et claires.....	3
2/Pattes avec écailles sombres.....	Espèce A
Pattes avec écailles claires et sombres.....	Espèce B
3/Pattes avec écailles sombres.....	Espèce C
Pattes avec écailles claires et sombres (tachetées).....	4
4/Proboscis entièrement sombre.....	Espèce D
Proboscis avec écailles claires sur la moitié apicale.....	Espèce E

Pour notre cas, la clé de détermination des anophèles femelles malgaches :

CLEF DE DETERMINATION DES ANOPHELINAE MALGACHES

GRJEBINE, 1966. [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11] a été utilisée.

Dans cette clef, le terme *d'Anopheles gambiae* est utilisé pour tout le complexe *gambiae*. Il y manque les espèces connues seulement à l'état larvaire : *An. grenieri* Grjebine, *An. arnoulti* Grjebine, *An. courdurieri* Grjebine.

1. Aile avec au moins 4 taches pâles sur la costa et la nervure 1, tache apicale incluse (moitié basale de la costa pas entièrement sombre)5

Aile avec au plus 3 taches claires sur la costa, tache apicale incluse, moitié basale de la costa entièrement sombre.....2
2. Segments 4-5 du tarse postérieur entièrement clairs.....3

Segments 4-5 du tarse postérieur, au moins partiellement sombres.....4

3. Tibia postérieur avec tache apicale claire au moins quatre fois plus longue que large ; premier segment du tarse avec anneau clair basal presque aussi long que l'anneau du tibiaAn. *coustani*

Tibia postérieur avec seulement une tache apicale ronde ; premier segment du tarse généralement foncé à sa base, parfois quelques écailles claires.....An. *tenebrosus*

4. Segment 4 du tarse postérieur partiellement clair ; tibia moyen et postérieur avec bande apicale claire.....An. *fuscicolor*

Segment 4 du tarse postérieur entièrement sombre ; tibia moyen et postérieur sans bande apicale claire ; frange alaire sans tache claire à l'apex de 5.2An. *fuscicolor soalalaensis*

5. Segments abdominaux avec touffes latérales d'écailles saillantes sur segments 2-7.....6

Segments abdominaux sans touffes latérales d'écailles7

6. Segment 5 du tarse postérieur généralement clair ; champ alaire largement clair.....An. *pharoensis*

Segment 5 du tarse postérieur entièrement noir ; champ alaire largement sombre, avec des taches claires d'écailles blanches.....An. *squamosus*

.....An. *cydippis*

7. Pattes non tachetées de pâles mais pouvant avoir des anneaux ou des segments entièrement pâles.....8
- Pattes tachetées de pâles.....16
8. Segments 4 et 5 des tarsi postérieurs entièrement pâlesAn. rufipes
- Segments 4 et 5 des tarsi postérieurs au moins partiellement sombres.....9
9. Troisième zone sombre principale de la nervure 1 interrompue par une tache pâle.....10
- Troisième zone sombre principale de la nervure 1 entière (ou absente, mais alors elle manque aussi sur la costa).....11
10. Une tache pâle préapicale sur le fémur postérieur, articles 1-4 des tarsi sombresAn. brunnipes
- Pas de tache pâle préapicale sur le fémur postérieur, articles 1-4 des tarsi avec anneaux pâles.....An. mascarensis
11. Fémurs antérieurs et médians avec une tache ou anneau pâle préapical ...12
- Fémurs antérieurs sans tache ou anneau pâle préapical.....15
12. Palpes hérissés sur toute leur longueur, troisième zone sombre principale de la costa, bien moins longue que les zones pâles qui l'encadrent, parfois absente.....13

Palpes lisses, sauf à leur extrême base, troisième zone sombre principale de la costa, bien plus longue que les zones pâles qui l'encadrent...An. griveaudi

13. Palpes avec trois anneaux pâles ; partie apicale pâle très longue, couvrant entièrement le dernier article du palpe et presque la moitié de l'avant dernier.....An. notleyi

Palpes avec quatre anneaux pâles ; apex court, le dernier article du palpe comportant un anneau sombre.....14

14. Segments 3-4 du tarse moyen entièrement sombres.....An. lacani

Segments 3-4 du tarse moyen avec anneau pâle apical.....An. roubaudi

15. Nervure 6 presque entièrement sombre, palpes avec les 2 anneaux pâles apicaux étroits, articles 1 à 4 des tarses postérieurs sombresAn. funestus

Nervure 6 presque entièrement pâle, palpes avec les anneaux pâles apicaux larges, articles 1 à 4 des tarses postérieurs avec anneau apical pâle.....An. flavicosta

16. Segments 4 et 5 du tarse postérieur entièrement clairs17

Segments 4 et 5 du tarse postérieur partiellement ou entièrement sombres.....18

17. Palpes généralement parsemés de quelques taches claires ; segment 3 du tarse postérieur entièrement clair..... An. maculipalpis

Palpes jamais tachetées, seulement 2 derniers segments du tarse postérieur entièrement clairsAn. pretoriensis

18. Aile avec une tache claire sur la troisième aire principale de la nervure 1, parfois fusionnée avec la tache subcostale ; tache claire (supplémentaire) présente sur la frange alaire entre extrémités de 5.2 et 6complexe gambiae

Ailes sans de telles taches19

19. Palpes avec 3 bandes claires, apex des palpes sombres, ou avec au plus 3 écailles claires à l'apex ; segment 2 du tarse postérieur non tachetéAn. grassei

Palpes avec 4 bandes claires (apex clair)20

20. Aile avec la deuxième aire principale sombre de la costa et la première nervure interrompue par une large tache claire, segment 2 du tarse postérieur tacheté ; longueur de l'aile : 4mm.....An. ranci

Aile avec la deuxième aire principale sombre non interrompue sur la costa, mais seulement sur première nervure par une bande claire étroite21

21. Segment 1 du tarse postérieur non tacheté ; sternites abdominaux avec des écailles claires, espèce de grande taille, aile 4 à 4,2mmAn. milloti

Segment 1 du tarse postérieur tacheté22

22. Palpes non hérissés à l'apex, bande claire de l'apex du palpe aussi longue que la bande sombre qui précèdeAn. pauliani

Palpes hérissés à l'apex, la bande apicale claire plus large que les autres.....An radama



Figure 15 : Photo d'une loupe binoculaire

4.6 Détermination de l'âge physiologique des anophèles- Dissection des ovaires

Matériels nécessaires : [Figure 16]

- 2 mandrins à minuties
- Une solution d'éther
- Du coton hydrophile
- Une loupe binoculaire
- Une lame porte objet
- Un microscope optique [Figure 17]
- De l'eau physiologique
- Les anophèles femelles



Figure 16 : Matériels de dissection des anophèles femelles



Figure 17 : Photo d'un microscope optique

Méthode

- Anesthésier l'anophèle à l'aide de coton imbibé d'éther
- Mettre une goutte d'eau physiologique sur une lame
- Placer l'extrémité abdominale du moustique dans la goutte
- Tracer deux encoches de part et d'autre du 7^{ème} segment abdominal
- Appuyer un mandrin à minutie sur le thorax avec la main droite, un autre sur le dernier segment abdominal avec la main gauche
- Par petit tractus, tirer doucement sur l'extrémité abdominale
- Isoler les ovaires
- Laisser sécher
- Observer les trachéoles au microscope optique

- Déterminer si on est en présence d'ovaires nullipares (qui n'ont jamais pondu) ou bien des ovaires pares (qui ont déjà pondu au moins une fois) : c'est la méthode des trachéoles ovariens

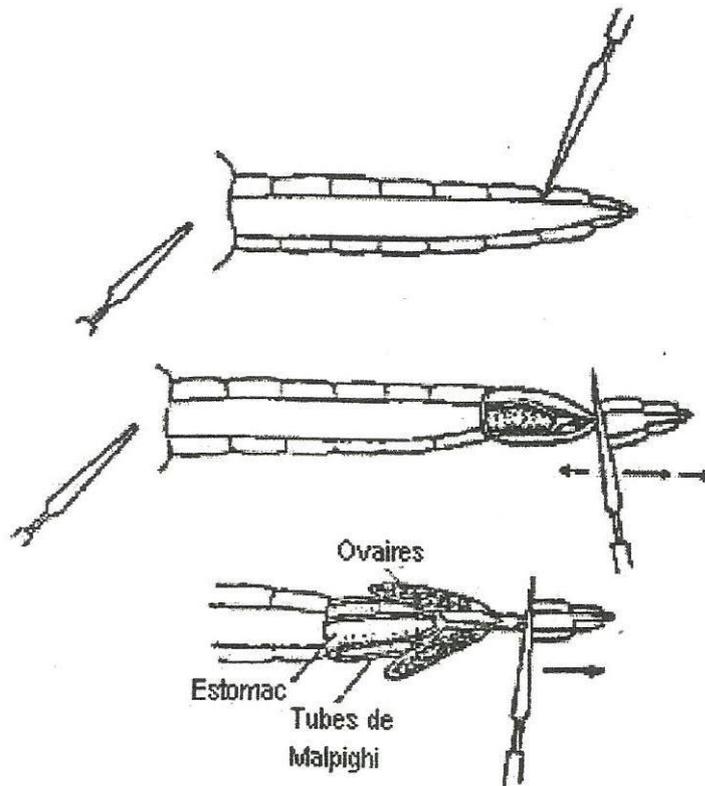


Figure 18 : Protocole de dissection des anophèles femelles

III / RESULTATS ET DISCUSSIONS

1/ Résultats des captures

Les résultats des captures sont transcrits ci-dessous :

Date : 23 avril 2012

Localité : Andoharanofotsy- By Pass

Type de gîte : étable

Nombre de *Culex* capturés : 00

Nombre d'*Anopheles* capturés : 37

Tableau III : Espèces capturées à Andoharanofotsy- By Pass

Espèce anophélienne	Nombre	Pourcentage
<i>An. gambiae sl</i>	11	29,32 %
<i>An.coustani</i>	09	24,32 %
<i>An. mascarensis</i>	05	13,51 %
<i>An. squamosus</i>	05	13,51 %
<i>An. pharoensis</i>	04	10,81 %
<i>An. fuscicolor</i>	02	05,40 %
<i>An. tenebrosus</i>	01	02,70 %

Des anophèles capturés à Andoharanofotsy : *Anopheles gambiae sl* prend le premier rang avec 29,32 %. Puis, il y a *Anopheles coustani*, *Anopheles mascarensis*, *Anopheles squamosus*, *Anopheles fuscicolor* et *Anopheles tenebrosus*.

Date : 26 avril 2012

Localité : Imerimandroso

Type de gîte : étable

Nombre de *Culex* capturés : 00

Nombre d'*Anopheles* capturés : 23

Tableau IV : Espèces capturées à Imerimandroso

Espèce anophélienne	Nombre	Pourcentage
<i>An. coustani</i>	15	65,22 %
<i>An. fuscicolor</i>	06	26,09 %
<i>An. squamosus</i>	01	04,35 %
<i>An. gambiae sl</i>	01	04,35 %

Anopheles coustani représente plus de la moitié de la population totale identifiée.

Date : 09 mai 2012

Localité : Ambohidrapeto

- Capture matinale

Nombre de *Culex* capturés : 02

Nombre d'*Anopheles* capturés : 07

Tableau V : Espèces capturées le matin à Ambohidrapeto

Type de gîte	Espèce anophélienne	Nombre	Pourcentage
Etable	<i>An. fuscicolor</i>	03	75%
	<i>An. gambiae sl</i>	01	25 %
Alentours de l'étable	<i>An. gambiae sl</i>	02	100 %
Champ de manioc	<i>An. coustani</i>	01	100 %
Porcherie		00	0 %
Poulailler		00	0 %

- Capture nocturne

Type de gîte : maison

Nombre de *Culex* capturés : 08

Nombre d'*Anopheles* capturés : 04

Tableau VI : Espèces capturées le soir à Ambohidrapeto

Espèce anophélienne	Nombre	Pourcentage
<i>An. gambiae sl</i>	04	100 %

La rareté des *Anopheles* peut s'expliquer par le fait que la capture s'est faite en saison sèche. [WHO Division of malaria and other Parasitic Diseases ; 1975 ; 28]

Date : 10 mai 2012

Localité : 67Ha

Type de gîte : maison

Nombre de *Culex* capturés : 03

Nombre d'*Anopheles* capturés : 04

Tableau VII : Espèces capturées aux 67Ha

Espèce anophélienne	Nombre	Pourcentage
<i>An. gambiae sl</i>	04	100 %

A part la saison sèche qui défavorise le développement des anophèles, ces derniers ne supportent pas les eaux polluées des villes.

Date : 11 mai 2012

Localité : Ankatso

Type de gîte : étable

Nombre de *Culex* capturés : 00

Nombre d'*Anopheles* capturés : 24

Tableau VIII : Espèces capturées à Ankatso

Espèce anophélienne	Nombre	Pourcentage
<i>An. gambiae sl</i>	24	100 %

Avant la capture, les paysans ont brûlé du bois près de l'étable. C'est pourquoi, les anophèles ont fui car ils ne supportent pas la fumée.

Date : 11 mai 2012

Localité : Andraisoro

Type de gîte : étable

Nombre de *Culex* capturés : 00

Nombre d'*Anopheles* capturés : 60

Tableau IX : Espèces capturées à Andraisoro

Espèce anophélienne	Nombre	Pourcentage
<i>An. gambiae sl</i>	60	100 %

Il existe une certaine vie sociale chez *Anopheles*. Le grand rassemblement est dû à des causes variées. Les facteurs climatiques (chaleur, humidité, vents) peuvent entraîner le groupement des individus d'une même espèce dans les lieux favorables, soit pour s'y tenir, soit pour y pondre. [GRASSE P-P et al ; 1963 ; 8]

Date : 14 mai 2012

Localité : Ampasika

Nombre de *Culex* capturés : 21

Nombre d'*Anopheles* capturés : 01

Tableau X : Espèces capturées à Ampasika

Type de gîte	Espèce anophélienne	Nombre	Pourcentage
Etable 1		00	0 %
Etable 2		00	0%
Etable 3		00	0 %
Puits	<i>An. gambiae sl</i>	01	100 %

A Ampasika, *Anopheles* n'a été retrouvé que dans le puits. Les *Culex* ont constitué la population dominante. Ils s'adaptent plus aux pollutions locales.

Date : 15 mai 2012

Localité : Androhibe

Nombre de *Culex* capturés : 00

Nombre d'*Anopheles* capturés : 34

Tableau XI : Espèces capturées à Androhibe (Insectarium)

Espèce anophélienne	Nombre	Pourcentage
<i>An. gambiae sl</i>	34	100 %

Les anophèles de l'insectarium à Androhibe sont composés de 100 % d'*Anopheles gambiae sl* car ce sont des moustiques d'élevage

Au total, 194 anophèles répartis dans sept espèces ont été identifiés.

Tableau XII : Récapitulation des espèces anophéliennes identifiées

Espèce anophélienne	Nombre	Pourcentage
<i>An. gambiae sl</i>	142	73,19 %
<i>An. coustani</i>	25	12,89 %
<i>An. fuscicolor</i>	11	05,67 %
<i>An. squamosus</i>	06	03,09 %
<i>An. mascarensis</i>	05	02,58 %
<i>An. pharoensis</i>	04	02,06 %
<i>An. tenebrosus</i>	01	0,51 %
TOTAL	194	100 %

On en déduit qu'il existe une prédominance d'*Anopheles gambiae sl* avec 73,19 %.

Au dernier rang, il y a *Anopheles tenebrosus* avec seulement 0,51 %. Avec 7

espèces d'anophèles identifiées, on peut affirmer la diversité de la faune anophélienne dans les environs d'Antananarivo

LACAN (1952) [LACAN ; 1953 ; 12] a trouvé sur les Hauts-Plateaux :

- ❖ Espèces principales : *Anopheles coustani*, *An. squamosus*, *Anopheles gambiae sl* et *Anopheles pharoensis*
- ❖ En faible proportion : *Anopheles mascarensis*
- ❖ A l'extrême limite de ce que l'on nomme Hauts-Plateaux : *Anopheles fuscicolor*

2/ Description des espèces identifiées

2.1/ *Anopheles gambiae sl*

Les palpes sont lisses et à trois bandes pâles. L'apicale, large, recouvre le cinquième article et l'apex du quatrième. La médiane est étroite et n'atteint pas la moitié de l'apicale, elle recouvre l'apex du troisième article et la base du quatrième. La basale est égale à la médiane ; elle recouvre l'apex du deuxième article. Le thorax est brun clair ou gris. Les écailles médianes sont de couleur crème et sont effilées et de largeur moyenne. Les ailes sont à taches pâles jaunes ou crèmes ; l'ensemble de l'aile est pâle. Les taches costales sont étendues. L'ornementation de l'aile est variable. La frange alaire est tachée de pâle aux points d'aboutissement des quatre dernières nervures. Les fémurs, les tibias et le premier article des tarsi sont plus ou moins tachetés, mais rarement annelés. L'apex des tibias présente une bande étroite claire. Aux tarsi antérieurs et moyens, l'apex du premier et du quatrième article, l'apex et la base du deuxième et du troisième article portent une étroite bande pâle. Les tarsi postérieurs sont semblables, mais les taches claires manquent parfois aux deuxième et troisième articles. Le cinquième est complètement sombre. L'abdomen est brun clair. Il est couvert de soies et le huitième tergite porte parfois des écailles qui débordent sur le septième. [DOUCET J. ; 1951 ; 7] [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11]

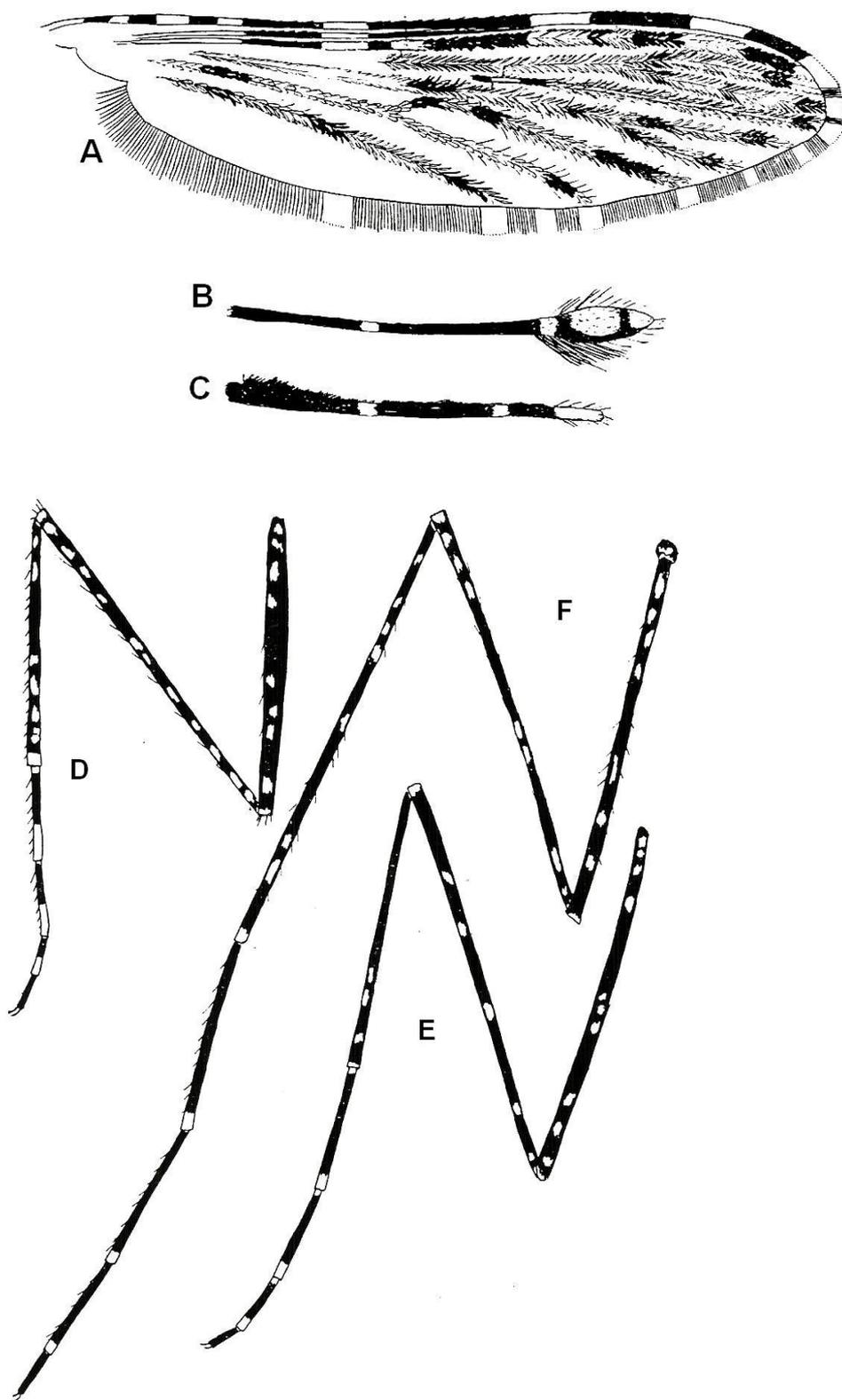


Figure 19 : A. aile B. palpe du mâle C. palpe de la femelle D. patte antérieure E. patte moyenne F. patte postérieure d'*Anopheles gambiae sl*

(Source : [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11])

2.2/ *Anopheles coustani*

Les palpes sont couverts d'écailles sombres dressées ; des écailles blanches forment quatre bandes dont l'une est apicale, la basale est parfois très réduite. Le mésonotum du thorax est couvert de soies jaunes ou dorées et la saillie antérieure possède un nombre variable d'écailles étroites et blanches médianes. Le cinquième article des tarsi postérieurs, le quatrième et les deux tiers distaux du troisième sont blancs ; la moitié distale du deuxième article est pâle ; le premier article est taché de blanc à ses extrémités ; quelques écailles dispersées tendent à former une ligne à la partie moyenne. Les tibias et les fémurs présentent une tache blanche à l'apex. Celle des tibias, plus large, tend à former une bande longitudinale. Pour les pattes antérieures et moyennes, le cinquième article des tarsi est complètement sombre ; les autres portent une bande apicale blanche, parfois absente au quatrième article et les fémurs et les tibias sont à petite tache apicale. Les ailes sont très sombres. La nervure costale est tachée de pâle à l'apex et au milieu. Le champ alaire est plus ou moins taché de blanc. L'abdomen est couvert de soies et une touffe d'écailles sombres dressées à l'apex du septième sternite. [DOUCET J. ; 1951 ; 7] [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11]

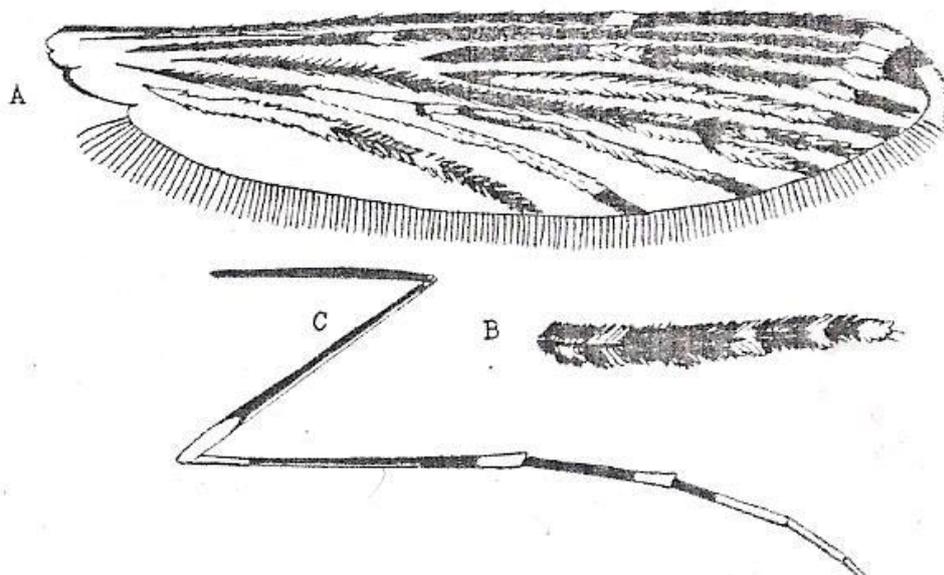


Figure 20 : A. aile B. palpe de la femelle C. patte postérieure d'*Anopheles coustani*

(Source : [DOUCET J. ; 1951 ; 7] [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11])

2.3/ *Anopheles fuscicolor*

Les palpes sont écailleux et noirs, présentant de petites taches pâles à l'apex des deuxième, troisième et quatrième articles. Le mésonotum est jaune ocré virant au brun. Les lobes antérieurs du pronotum porte des écailles sombres en haut et des soies en bas. Les fémurs portent des écailles jaunes ocrés en-dessous et brun sombre au-dessus. Ceux des tibias sont plus ou moins sombres au-dessus, jaunes ocrés en-dessous. Ceux des pattes moyennes et postérieures portent une tache blanche apicale deux fois plus longue que large aux tibias postérieurs. Les tarsi moyens et antérieurs portent une bande pâle apicale, crème ou jaune, sur les quatre premiers articles, plus étroite au troisième et au quatrième. Ces bandes sont mieux marquées aux premier, deuxième et au troisième articles des tarsi postérieurs où elles sont plus longues que larges ; au quatrième, elles sont aussi longues que larges. Les ailes sont couvertes d'écailles sombres. La nervure costale a deux taches pâles, l'une à l'apex de la sous-costale et l'autre à l'apex de l'aile. La frange est pâle à l'apex de l'aile entre la branche antérieure de la deuxième nervure et la troisième, la sixième nervure est presque entièrement pâle avec une tache sombre apicale et une autre médiane. La frange porte une tache pâle en face de l'extrémité de la branche postérieure de la cinquième nervure. [DOUCET J. ; 1951 ; 7] [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11]

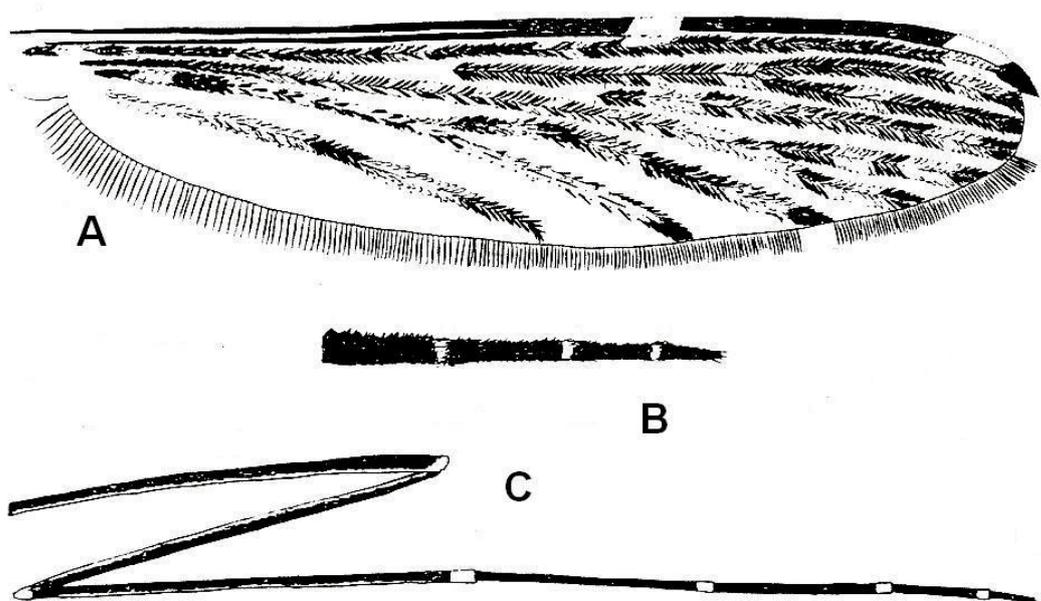


Figure 21 : A. aile B. palpe de la femelle C. patte postérieure d'*Anopheles fuscicolor*

(Source : [DOUCET J. ; 1951 ; 7] [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11])

2.4/ Anopheles squamosus

Les palpes sont velus et portent une bande pâle à l'apex des quatre derniers articles. Les fémurs moyens et postérieurs sont tachetés vers l'avant et pâles vers l'arrière. Tous les tibias sont à écailles blanches en avant, tendant à former une ligne longitudinale. Le premier article des tarsi est semblable aux tibias, mais aux pattes antérieures et moyennes il porte un large anneau pâle apical. Aux pattes postérieures, cette bande est plus étroite. Le deuxième et le troisième articles des tarsi antérieurs et moyens sont à large bande pâle apicale. Le quatrième et le cinquième articles sont complètement sombres. Aux pattes postérieures, les bandes apicales des articles des tarsi sont plus étroites et les écailles claires des ailes sont blanches. Les taches pâles de la nervure costale sont bien visibles. La teinte générale de l'aile est sombre. L'abdomen est à tergite couvert d'écailles étroites de couleur bronzée. Des touffes d'écailles latérales sombres sont dressées sur les segments abdominaux (2^{ème} au 7^{ème} segment) [DOUCET J. ; 1951 ; 7] [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11]

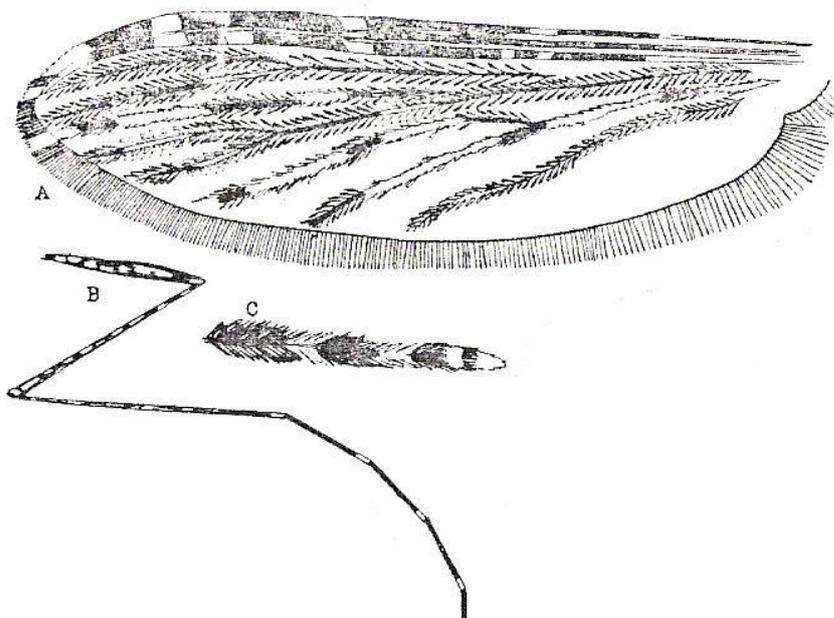


Figure 22 : A. aile B. patte postérieure C. palpe de la femelle d'*Anopheles squamosus*

(Source : [DOUCET J. ; 1951 ; 7] [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11])

2.5/ Anopheles mascarensis

Le deuxième et le troisième articles des palpes présentent de petite tache pâle apicale, le quatrième et le cinquième sont complètement pâles ; le quatrième porte parfois quelques écailles sombres médianes. Les taches sombres de la nervure costale sont réduites vers l'apex. [DOUCET J. ; 1951 ; 7] [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11]

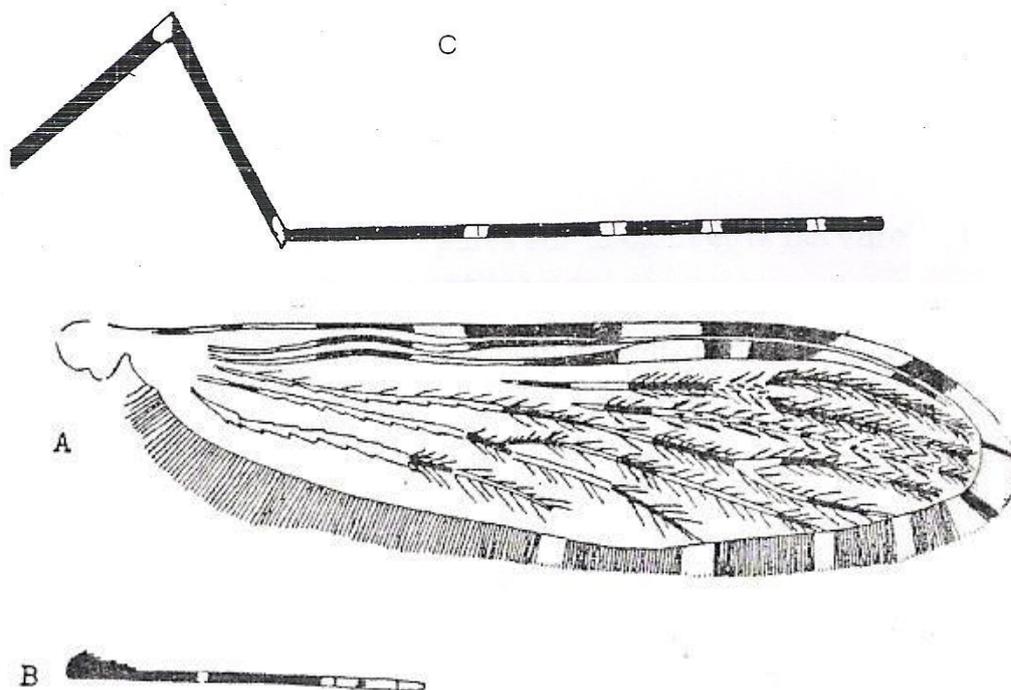


Figure 23 : A. aile B. palpe de la femelle C. patte postérieure d'*Anopheles mascarensis*

(Source : [DOUCET J. ; 1951 ; 7] [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11])

2.6/ Anopheles pharoensis

Les palpes sont velus et portent une bande pâle à l'apex des quatre derniers articles ; quelques écailles claires lui donnent parfois un aspect tacheté. Le premier et le deuxième articles des tarsi antérieurs sont à large bande pâle apicale ; plus étroite au troisième article, sombre ou à très petites taches pâles sur le quatrième

article, semblable au cinquième. Les tarsi moyens sont semblables aux tarsi antérieurs. Les quatre premiers articles des tarsi postérieurs sont à large bande pâle apicale, le cinquième est complètement pâle. L'abdomen est à tergite couvert de nombreuses écailles grises ou jaunâtres, plus denses et plus larges latéralement. Des touffes d'écailles latérales sombres sont dressées sur les segments abdominaux (2^{ème} au 7^{ème} segment) [DOUCET J. ; 1951 ; 7] [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11]

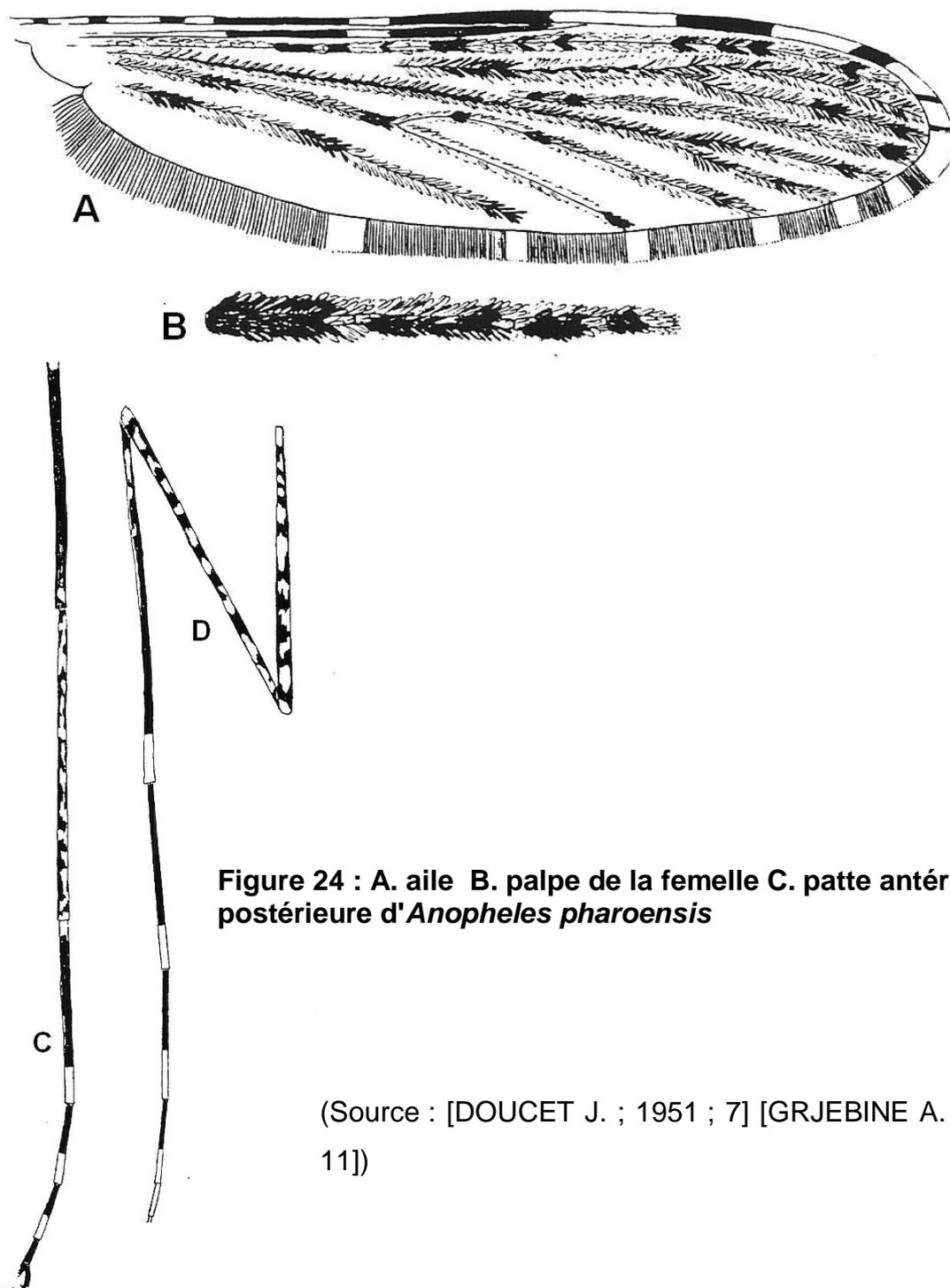


Figure 24 : A. aile B. palpe de la femelle C. patte antérieure D. patte postérieure d'*Anopheles pharoensis*

(Source : [DOUCET J. ; 1951 ; 7] [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11])

2.7/ Anopheles tenebrosus

Les palpes ont quatre bandes pâles très étroites dont les deux proximales sont parfois extrêmement réduites comme chez *An. coustani*. Le mésonotum est brun sombre ou noir. Les pattes sont noires, parfois avec une petite tache claire à l'extrémité des quatre premiers articles des tarsi. Le quatrième article des tarsi antérieurs et moyens est toujours entièrement noir. Les ailes sont semblables à celle d'*Anopheles coustani* mais plus sombres : la moitié basale de la sixième nervure est souvent complètement noire. La frange alaire a un apex pâle, qui s'étend à partir de la 1^{ère} branche de la 2^{ème} nervure jusqu'à la 3^{ème} nervure. La 3^{ème} nervure est pâle dans sa majeure partie ; seule une partie basale est sombre. Le tronc de la 4^{ème} nervure présente une longue tache pâle en avant de la fourche ; les 2 branches de la fourche sont pâles sur presque toute leur longueur ; seule la base de la fourche et les apex des branches sont sombres. La 5^{ème} nervure est sombre à la base du tronc, la fourche est presque entièrement pâle. La 6^{ème} nervure comporte 2 taches sombres. [DOUCET J. ; 1951 ; 7] [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11]

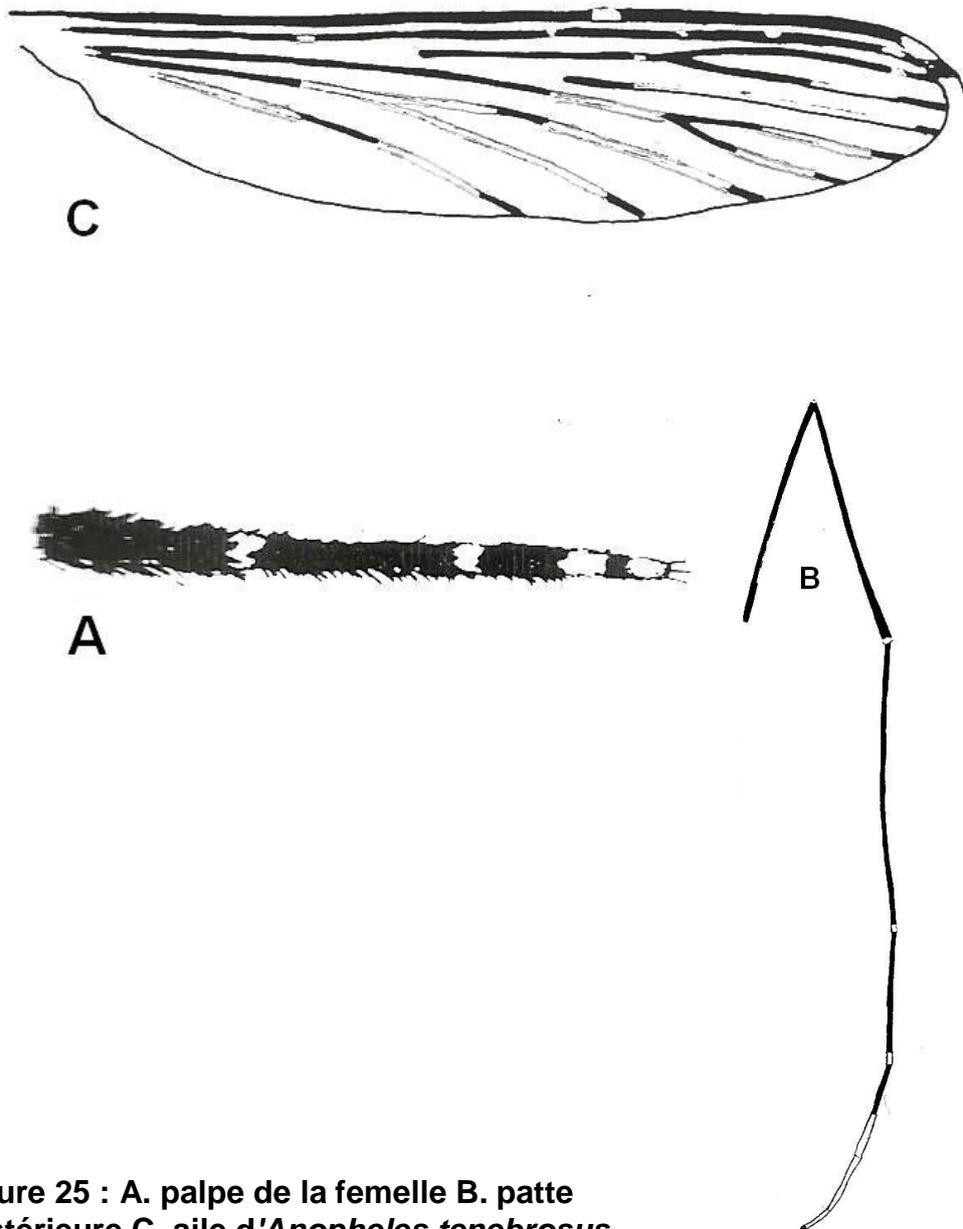


Figure 25 : A. palpe de la femelle B. patte postérieure C. aile d'*Anopheles tenebrosus*

(Source : [DOUCET J. ; 1951 ; 7] [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11])

Tableau XIII : Récapitulation de l'étude descriptive des espèces identifiées
 [LACAN A. ; 1954 ; 13]

Espèce anophélienne	Palpes	Ailes	Pattes	Abdomen
<i>An. coustani</i>	Touffus, 4 bandes pâles, étroites	Costa à 2 taches blanches	Tarse postérieur aux segments V, IV et ½ de III blancs tarse II blanc à l'apex	
<i>An. tenebrosus</i>	Touffus, 4 bandes pâles, étroites	Costa à 2 taches blanches	Absence d'écailles blanches sur le tarse postérieur I	
<i>An. fuscicolor</i>	Touffus, 3 petites bandes blanches	Costa à 2 taches blanches	Teinte jaune ocré à brun. Annelures blanches aux articulations	
<i>An. pharoensis</i>	Velus, blancs à l'apex. Ecailles claires sur les autres articles	Ornementation variable	Fémurs et tibias avec de petites taches. 1 ^{er} et 2 ^{ème} articles des tarses antérieurs à large bande blanche à l'apex. 5 ^{ème} article et apex 4 ^{ème} des tarses postérieurs blancs	Touffes d'écailles sombres latérales sur les segments II à VIII
<i>An. squamosus</i>	Velus. Bande pâle à l'apex des 4 derniers articles	Ecailles blanches et noires	Fémurs, tibias et 1 ^{er} article tachetés. Apex des articles tarsiens blancs sauf le 5 ^{ème} noir	Touffes d'écailles sombres latérales dressées sur les segments II à VII
<i>An. mascarensis</i>	2 ^{ème} et 3 ^{ème} articles à petite tache pâle apicale. 4 ^{ème} et 5 ^{ème} complètement blancs	Tache pâle au milieu de la 3 ^{ème} tache sombre de la 1 ^{ère} nervure est caractéristique	Etroite bande apicale blanche aux tibias et aux tarses	
<i>An. gambiae</i> <i>sl</i>	A 3 bandes pâles	A taches jaunes ou crèmes Interruption claire sur la 3 ^{ème} tache sombre de la 1 ^{ère} nervure	A fémurs, tibias et 1 ^{er} article tarsien tachetés	

3/ Les facteurs déterminant la présence des espèces anophéliennes

3.1 La saison

Des variations qualitatives et quantitatives interviennent dans la faune anophélienne avec les changements de saison. Ainsi, la saison des pluies ou la saison chaude voit la densité des moustiques augmenter par rapport à la saison fraîche. De même, certaines espèces n'apparaissent qu'en saison chaude et semblent disparaître en saison fraîche. [LACAN A. ; 1954 ; 13]

3.2 L'altitude

Chaque série possède son altitude préférée. [LACAN A. ; 1955 ; 14]

Exemple :

Neomyzomia et Neocellia : altitude inférieure à 1000m

Myzomia : altitude inférieure à 1200m

Pyretophorus et Cellia : altitude pouvant atteindre 1900m

.

3.3 La géographie

La faune anophélienne de Madagascar a deux origines : une origine endémique qui a toujours existé à Madagascar, qui est essentiellement malgache et une origine étrangère qui vient de l'Afrique et qui fait partie de la faune anophélienne de la région éthiopienne.

La faune anophélienne endémique comprend onze espèces : deux appartenant au sous-genre *Anopheles* (*An. fuscicolor* et *An. fuscicolor* var. *soalalaensis*), les neuf autres étant des *Neomyzomias* (*An. mascarensis*, *An. notleyi*, *An. radama*, *An. roubaudi*, *An. ranci*, *An. lacani*, *An. pauliani*, *An. grassei* et *An. milloti*)

Parmi les espèces originaires de la région éthiopienne, celles du sous-genre *Anopheles*, du groupe *Pyretophorus* et *Cellia* sont particulièrement ubiquistes et, pratiquement, on rencontre partout dans des proportions cependant variables avec les régions. [GRJEBINE ; 1966 ; 11]

Les espèces prédominantes :

- Régions à Myzomia et Neomyzomia : Côtes et versants Est et Nord-Ouest
- Régions à Pyretophorus et Neocellia : Côtes et versants Ouest et Sud
- Régions à Cellia : Hauts-Plateaux

Tableau XIV : Répartition géographique et altitudinale des espèces identifiées

Espèce anophélienne	Altitude	Géographie
<i>An. coustani</i>	Atteint 1900m, fréquent de 0 à 1600m	Est, Plateaux, toute l'île
<i>An. tenebrosus</i>	Atteint environ 1000m	Stations isolées de l'Ouest, des Plateaux et du Centre Sud
<i>An. fuscicolor</i>	Atteint environ 1600m	Partie centrale de l'Est, pourtour des Plateaux, Sambirano, Ouest
<i>An. pharoensis</i>	Atteint 1200m	Plateaux et partie centrale de l'Est, toute l'île
<i>An. squamosus</i>	1200m et atteint 1800m	Plateaux, toute l'île
<i>An. mascarensis</i>	Atteint 1200m	Toute l'île sauf l'extrême Sud
<i>An. gambiae sl</i>	1200m et atteint 1900m	Toute l'île

3.4 La température

A Tananarive, la température moyenne est de 18°C.

La région des Hauts-Plateaux, quoique jouissant comme l'ensemble de l'île d'un climat tropical, bénéficie d'une saison sèche et fraîche où les minima pour certaines zones approchent de zéro. Ces températures en rapport avec l'altitude ne permettent pas à certaines espèces de s'établir dans ces régions. Les basses températures étant bien souvent une conséquence de l'altitude. [LACAN A. ; 1955 ; 14]

A une température supérieure à 32°C, le métabolisme des anophèles se ralentit. La température optimale de leur développement est de 25° C. Leur développement s'arrête à 10° C et à 40° C et les moustiques meurent.

3.5 L'hydrographie et la pluviométrie

La région des Hauts-Plateaux est une région des gîtes à eau mixte (rizières et lacs) et des gîtes à eau pluviale, en rapport avec la saison des pluies. A Antananarivo, la moyenne annuelle des pluies est de 1250 à 1900 mm. Elles tombent essentiellement d'octobre à avril, mais en saison sèche, on assiste à de fines pluies, brouillards, et à de fortes rosées. Sur les Hauts-Plateaux, il y a prédominance des gîtes à *Anopheles*, *Cellia* et *Pyretophorus*. [LACAN A. ; 1955 ; 14]

3.6 Les facteurs anthropiques

L'Homme constitue un important facteur biotique de l'environnement et influe sur la distribution des espèces.

Il exerce une action directe par l'utilisation sur une grande échelle des insecticides domiciliaires. Par exemple, durant 12 années, de 1948 à 1960, des campagnes bisannuelles de pulvérisations murales d'insecticide ont été menées, d'une façon plus ou moins rigoureuse, sur l'ensemble du territoire et essentiellement dans les habitations. Ces campagnes continuent actuellement, mais elles sont plus localisées et épisodiques. Ce sont les populations d'espèces anthropophiles qui subissent essentiellement les effets de ces campagnes. Le fait de n'avoir trouvé sur la bordure orientale des Hauts-Plateaux que deux stations à espèce d'*Anopheles gambiae* type A alors que les conditions écoclimatiques de cette région semblent être favorables à cette espèce, peut être la conséquence de ces traitements. Ceci est d'autant plus vraisemblable que l'étude des quantités d'insecticides utilisés par habitation démontre que les régions les mieux traitées ont été celles correspondant à la partie orientale des Hauts-Plateaux. Ces régions possèdent les plus grandes villes et la densité la plus importante d'habitants.

L'Homme également transforme d'une façon importante la couverture végétale de nombreuses régions modifiant ainsi profondément les milieux écologiques et, ce faisant, les facteurs de distribution. Sur le versant oriental par exemple, il semble qu'*Anopheles gambiae* type B soit plus dense que l'espèce A dans les zones

artificiellement déforestées depuis quelques années par la pratique des feux de brousse. [CHAUVET ; 1969 ; 4]

3.7/ Les gîtes larvaires

Les gîtes larvaires influencent la répartition des espèces d'anophèles.

❖ *An. gambiae* sl :

Cette espèce occupe les gîtes les plus divers : trous de terre avec l'eau d'origine pluviale (exemple : empreintes des sabots des bœufs) ; des gîtes alimentés par la nappe d'eau elle-même comme les puits d'arrosage, les trous de carrière à briques,... [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11]

❖ *An. coustani*, *An. fuscicolor*, *An. squamosus* et *An. tenebrosus* :

Ces espèces fréquentent les gîtes comme les trous de terre, les mares, les étangs, les lacs, les fossés, les marécages littoraux, les drains d'irrigation, les bords des ruisseaux et des rivières,... Les gîtes sont tantôt ombragés par une végétation dressée, tantôt par une végétation flottante. [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11]

❖ *An. mascarensis* :

Les gîtes sont en général constitués par des plans d'eau ou des cours d'eau renouvelables (en particulier les rizières en gradins repiqués ou en jachère), des canaux d'irrigation. L'espèce occupe aussi bien les ruisseaux forestiers que les nappes d'eau en zones déboisées. [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11]

❖ *An. pharoensis* :

L'espèce recherche les eaux calmes, claires et pourvues de végétation. Les rizières sont les gîtes les plus fréquents, surtout les rizières en gradins et à oxygénation élevée et eau renouvelée. [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11]

4. Les techniques de capture

Utilisation de l'aspirateur à bouche :

Il s'agit d'un matériel simple et facile à utiliser. Néanmoins, il ne faut pas aspirer ou souffler trop fort car les moustiques sont très fragiles. Ils peuvent perdre facilement leurs pattes ou leurs écailles ; ce qui rend difficile l'identification de l'espèce.

L'aspirateur est un instrument qui sert à aspirer les insectes. Les premiers furent construits avec des tubes de verre ; actuellement, les naturalistes ont remplacé le verre par une matière incassable et transparente : le rhodoïd, qui convient parfaitement. [COLAS G. ; 1962 ; 5]

L'utilisation d'un aspirateur à bouche ou bien d'un tube de capture est une méthode parmi tant d'autres. L'adoption d'une méthode dépend de l'objectif que l'on vise. Décrivons d'autres méthodes.

Capture au pyrèthre de moustiques endophiles

Cette capture implique la pulvérisation spatiale de pyrèthrine à l'intérieur de la maison pour assommer les moustiques se reposant à l'intérieur et les ramasser sur des draps blancs étendus par terre ou sur toute autre surface plane de l'habitation.

Il est improbable de réussir à capturer à la main la totalité des moustiques se reposant dans la maison. Avec la capture au pyrèthre, tous les moustiques sont récupérés dans une pièce bien fermée où un fin brouillard de pyrèthrine a été pulvérisé.

Cette méthode de collecte permet des mesures quantitatives, y compris :

- Les mesures de densités endophiles (le nombre de moustiques se reposant à l'intérieur pendant la journée)
- La densité de piqûre sur l'homme (indirectement)
- Les changements saisonniers dans la densité des moustiques se reposant à l'intérieur
- Le nombre de moustiques restant dans une pièce donnée après capture à la main

Equipements

Draps de coton blanc (tailles 2m*1m, 2m*2m et 2m*3m) ; bombe insecticide ; solution de pyrèthrine ; kérosène ; petites boîtes de Pétri ; gobelets de carton ; pince ; caisse pour transporter les moustiques, coton, papier filtre et lampe torche.

.

Préparations des pièces pour la capture au pyrèthre

Il faut une équipe de trois ou quatre personnes pour faire ce type d'opération et pour permettre la collecte dans huit à dix pièces dans chaque localité.

Pour s'assurer de déranger aussi peu que possible les moustiques qui se reposent, on prépare une pièce ou une chambre de la manière suivante :

- Enlever ou couvrir tous les aliments
- Enlever les petits objets et petits meubles
- Couvrir les ouvertures avec des chiffons ou de la voile moustiquaire
- Etendre les draps de manière à couvrir entièrement le sol et les surfaces planes des meubles restants. Des draps devraient aussi être étendus sous les tables, lits et autres places où les moustiques peuvent se cacher.
- Fermer portes et fenêtres.

Un membre de l'équipe fait le tour de la pièce à l'extérieur et pulvérise les ouvertures et les trous dans les murs et sous le toit. La même personne ou une autre entre alors dans la pièce, ferme la porte et applique la pulvérisation en direction du plafond en se promenant dans le sens des aiguilles d'une montre jusqu'à ce que la pièce soit remplie d'un fin brouillard. L'opérateur doit alors sortir rapidement de la pièce et s'assurer que la porte reste fermée pendant au moins 10 minutes.

- Reprendre les draps par leurs coins en commençant par le pas de la porte. Les porter dehors.
- Ramasser les moustiques tombés sur les draps, dehors à la lumière du jour, en utilisant des pinces.
- Placer les moustiques collectés dans une boîte de Pétri étiquetée et garnie d'un tampon d'ouate humide recouvert d'un papier filtre.
- Utiliser une boîte de Pétri pour chaque maison et y inscrire les informations importantes.

[OMS ; 2003 ; 20]

Captures directes de moustiques sur appâts

Pour leur repas sanguins, les moustiques femelles sont attirés par l'homme et/ou les animaux.

Equipement nécessaire :

Tube aspirateur, lampe torche, gobelets de carton fermés par une voile moustiquaire, réveil, pieux en bois et corde (pour attacher l'animal servant d'appât), marteau, coton, mallette en plastique.

- Appâts humains

Les hommes servant d'appâts doivent prendre une prophylaxie appropriée et efficace pour éviter de contracter le paludisme et autres maladies transmises par les moustiques pendant la capture des moustiques qui viennent piquer ; ils devraient être capturés dès qu'ils se posent sur la peau, car on peut supposer qu'une fois posés, la piqûre va suivre. Ce sont des taux d'atterrissages qui devraient être mesurés plutôt que des taux de piqûre. Bien que la capture des moustiques sur appâts humains soit utile comme mesure directe du taux de piqûre sur l'homme, il y a des objections éthiques à cause du risque d'infection des sujets servants d'appâts. Il faudra tenir compte de cette préoccupation et obtenir une permission du comité d'éthique avant d'utiliser cette technique. [OMS ; 2003 ; 20]

- Appâts animaux

Les captures sur appâts animaux sont effectuées normalement dans les mêmes endroits et au même moment que les captures sur appâts humains. Avant le coucher du soleil, sélectionner un animal domestique du village, généralement une vache. Le site de capture devrait se trouver près de l'endroit où l'animal passe habituellement la nuit. Attacher l'animal fermement et l'examiner toutes les deux ou trois minutes pour capturer tous les anophèles trouvés. Conserver les moustiques capturés dans un gobelet séparé pour chaque heure de capture. [OMS ; 2003 ; 20]

Capture dans les moustiquaires pièges avec appât humain

Une technique utilise deux moustiquaires disposées l'une dans l'autre dans une chambre à coucher. Fixer la première autour du lit de camp pour protéger la personne qui sert d'appât. Le bas de la deuxième moustiquaire est tendu et fixé à des piquets de manière à rester à 20cm du sol. Au coucher du soleil, entrer dans le piège, s'allonger sur le lit et régler le réveil pour qu'il sonne après une heure. Lorsque le réveil sonne, il faut capturer tous les moustiques qui sont dans le piège. [OMS ; 2003 ; 20]

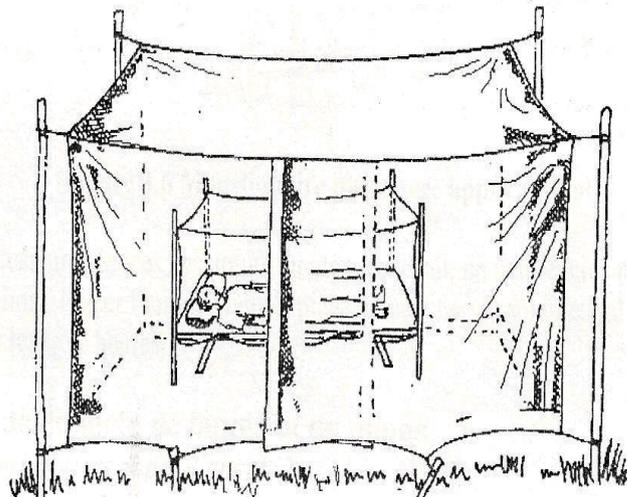


Figure 26 : Capture à partir d'une double moustiquaire piège
(Source : [OMS ; 2003 ; 20])

Capture à l'aide de moustiquaire piège avec appât animal

Les moustiquaires pièges avec appâts animaux fournissent en général plus de moustiques que les captures directes sur animaux ; mais pour les moustiquaires avec appâts humains, c'est le contraire.

C'est la raison pour laquelle les collectes nocturnes de moustiques sont faites classiquement par capture directe sur appâts humains à l'intérieur ou à l'extérieur et par moustiquaires pièges avec appât animal à l'extérieur.

Equipements

Tube d'aspiration, lampe torche, gobelets avec fermeture moustiquaire, coton, serviettes, boîte isolante, réveil, deux lits de camp, deux petites moustiquaires avec cadre pour les fixer sur les lits de camps, deux moustiquaires pièges pour appât humain et une pour appât animal, pieux en bois et corde (pour attacher les animaux), marteau, pieux et ficelle (pour fixer les moustiquaires pièges), et une aiguille et du fil (pour les réparer)

Méthode

Une moustiquaire piège avec un animal comme appât est placée près de l'endroit où l'animal passe habituellement la nuit. Ces systèmes ne sont utilisés qu'à l'extérieur. La moustiquaire piège est semblable à celle avec un appât humain. L'animal doit être convenablement attaché pour éviter qu'il ne se libère et n'endommage la moustiquaire ou ne se blesse.

S'il doit y avoir plusieurs séances de capture au même endroit, un petit enclos peut être construit pour contenir l'animal. Placer l'animal dans le piège au coucher du soleil et collecter les moustiques toutes les trois heures. [OMS ; 2003 ; 20]

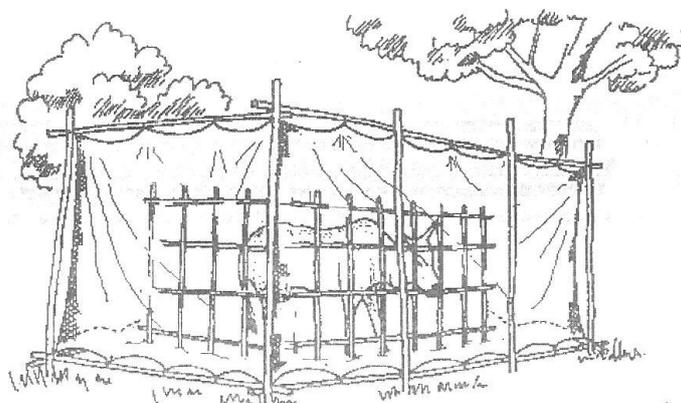


Figure 27 : Moustiquaire piège avec un appât animal

(Source : [OMS ; 2003 ; 20])

Capture au moyen de pièges lumineux du type CDC (Center for Disease Control)

Une lampe à incandescence est installée à 1,5m du sol, au pied d'un lit pourvu d'une moustiquaire non traitée. Le « dormeur » est sous la moustiquaire, à l'endroit habituel de son lieu de repos, seul dans la maison. Les moustiques qui entrent dans la chambre pour le piquer seront attirés par la lumière du piège et capturés. Ils seront collectés le lendemain matin. [OMS ; 2003 ; 20]

5. Identification des espèces d'*Anopheles*

La méthode la plus pratiquée est l'identification morphologique qui utilise la clé de détermination des Anophelinae. Il s'agit d'une clé dichotomique dont la lecture aboutit à la découverte du nom de l'espèce d'*Anopheles*

Mais il existe d'autres techniques d'identification d'espèce

Certaines espèces d'Anophelinae présentent une morphologie externe similaire, alors qu'elles sont cependant des espèces différentes. Ces espèces sont génétiquement apparentées. Elles sont connues sous le vocable de « sibling species », et sont morphologiquement regroupées dans le même complexe. Par exemple, dans le complexe *Anopheles gambiae*, (aussi appelé *Anopheles gambiae* sensu lato ou sens large ou s.l), il y a sept espèces différentes : *An. gambiae* sensu stricto (sens strict ou s.s), *An. arabiensis*, *An. quadriannulatus* espèce A, *An. quadriannulatus* espèce B, *An. bwambae*, *An. merus* et *An. melas*. Il n'est pas possible de différencier ces espèces en utilisant une clé d'identification basée sur la morphologie externe. Dans ce cas, on donne le nom de complexe, ici : *An. gambiae* s.l.

Les techniques généralement utilisés pour l'identification des espèces jumelles, incluent l'identification cytogénétique, les techniques moléculaires, l'électrophorèse d'enzymes, l'utilisation des hydrates de carbone cuticulaires et les croisements expérimentaux. Elles requièrent des laboratoires sophistiqués. [OMS ; 2003 ; 20]

6. Les vecteurs du paludisme

Le paludisme est transmis par *Anopheles* femelle. Il existe environ 400 espèces à travers le monde mais une vingtaine seulement s'avèrent dangereuses. Les principaux vecteurs du paludisme en Afrique sub-saharienne sont *Anopheles funestus* et *Anopheles gambiae* sensu lato. Notons que les variations météorologiques ont un impact sur la transmission du paludisme et le comportement de ces vecteurs. [ANDRIAMASINDRAY D. D. ; 2004 ; 1] [RALALAHARINIVO I. ; 1986 ; 21] [RAJAONISENA H. ; 2000 ; 22]

Tableau XV : Comparaison des deux principaux vecteurs du paludisme
[RAJAONISENA H. ; 2000 ; 22]

Espèce vectrice	Mode de vie	Climat	Gîtes
<i>An. gambiae sl</i>	Développement pré-imaginal de 8 à 12 jours	N'existe que dans les zones chaudes et humides	Collection d'eau temporaire peu profonde et ensoleillée (flaques, fosses, rizières, mares, marécages ménagés, empreintes de pas ou de sabots)
<i>An. funestus</i>	Développement pré-imaginal de 20 à 25 jours	S'adapte à tout type de climat mais abondant en saison des pluies	Collection d'eau profonde et claire, mares, marécages, cours d'eau, rizières.

Depuis un siècle, la lutte contre les anophèles adultes par les insecticides de contact a commencé à Antananarivo pour s'étendre en tache d'huile d'abord dans l'ensemble d'Antananarivo puis dans tout Madagascar. *Anopheles funestus* ne se retrouve plus. MONIER (1937) affirme qu'en son temps, *Anopheles funestus* représentait 50% de la faune anophélienne des Hauts-Plateaux. Il est vrai que les conditions climatiques dans la région étudiée ne lui sont guère favorables mais si l'on se base sur les travaux de nos prédécesseurs, ce vecteur a disparu des Hauts-Plateaux. *Anopheles gambiae sl* a diminué dans des proportions considérables et nous ne la retrouvons quasiment plus que dans les étables et les dépendances des maisons. Il a dévié vers la zoophilie, comme si, pour fuir les effets du DDT (Dichloro-Diphényl-Trichloroéthane), il avait cherché gîte et nourriture dans des endroits qui sont peu ou bien souvent même pas du tout pulvérisés par de l'insecticide. [LACAN A. ; 1953 ; 12]

7. Intérêts scientifiques

L'étude de la faune des îles présente un intérêt majeur pour la connaissance d'un grand nombre de problèmes d'évolution. Si elle a mis DARWIN sur la voie de ses théories, elle a depuis été largement utilisée dans d'innombrables travaux portant sur la biogéographie, la spéciation, l'écologie, la lutte biologique et l'épidémiologie, en particulier le paludisme. L'étude faunistique permet d'aborder :

- l'écologie et la biologie (biologie larvaire, habitat, comportement alimentaire, âge physiologique des femelles)
- la mise en évidence de l'importance de la biogéographie (répartition) [GRJEBINE A. ; 1966 ; 11]
- le rôle des études entomologiques dans le contrôle du paludisme.

Une information complète sur l'épidémiologie du paludisme est essentielle pour pouvoir contrôler la maladie.

Les études entomologiques, parasitologiques et cliniques procurent une information utile sur les caractéristiques de la transmission du paludisme dans une région, ainsi que sur le comportement et les habitats de l'espèce vectrice spécifique.

Les études entomologiques ont plusieurs rôles importants dans le contrôle du paludisme, dont les suivants :

- Identifier les vecteurs responsables de la transmission de la maladie
- Fournir l'information de base sur le comportement et les habitats des espèces vectrices locales dans le but de planifier les mesures de contrôle les plus efficaces
- Suivre l'impact des mesures de contrôle (par exemple, en observant les changements dans les densités de populations vecteurs, les taux d'infection, la sensibilité des vecteurs aux insecticides et l'efficacité résiduelle des insecticides sur les surfaces traitées)
- Contribuer à l'investigation des zones à problèmes, là où les mesures de contrôle ont été inefficaces.

Les programmes de lutte anti-vectorielle devraient être planifiés sur la base d'études entomologiques. Ces dernières peuvent, avec d'autres études épidémiologiques, fournir des réponses à nombre de questions :

- Y a-t-il transmission du paludisme dans cette zone ?

Si oui, dans quelle situation spécifique et quelles sont les limites géographiques de la maladie ?

- Y a-t-il d'autres importantes maladies transmises par les moustiques ?

Si oui, lesquelles ?

- Quelles espèces d'*Anopheles* sont présentes dans la zone ? Lesquelles sont importantes comme vectrices du paludisme? [OMS ; 2003 ; 20]

IV/ INTERETS PEDAGOGIQUES

Ce mémoire relatif à la capture et à l'identification des espèces anophéliennes présente divers intérêts pédagogiques.

D'abord, les illustrations présentes dans le contenu pourront servir dans l'enseignement des Sciences de la Vie et de la Terre (SVT).

De plus, le thème évoqué dans ce mémoire est un sujet d'actualité car de nos jours, Madagascar lutte encore contre ce fléau.

Par ailleurs, cet ouvrage peut servir de documentation dans l'élaboration d'une fiche de préparation. Ainsi, nous proposons un exemple de fiche pédagogique pour la classe de cinquième.

Discipline : SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Classe : 5^{ème}

Chapitre : Les maladies parasitaires de l'Homme

Date :

Sous-chapitre : Le paludisme

Durée : 2 heures

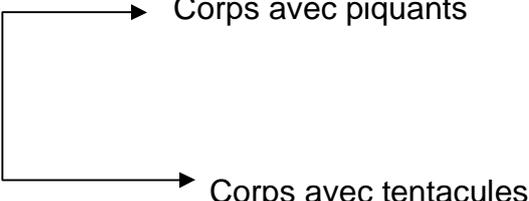
Timing	Contenu	Observations
15'	<u>Le paludisme</u>	Questions-réponses sur le pré requis des élèves sur le paludisme
12'	1) <u>Définition</u> Le paludisme est une maladie parasitaire contagieuse. Le parasite (<i>Plasmodium</i>) est véhiculé d'un individu malade à un individu sain par la femelle du moustique <i>Anopheles</i> .	
15'	2) <u>Manifestation de la maladie</u>	Insister sur le fait qu'il s'agit d'une

25'	<p>Le paludisme se manifeste par des maux de tête, des frissons, de fortes fièvres (40° C), des transpirations abondantes, des manques d'appétit et un amaigrissement.</p> <p>La fièvre peut être d'allure continue ou bien une fièvre rémittente caractérisée par une température toujours élevée avec un écart de 1° entre le matin et le soir.</p> <p>Les parasites détruisent les globules rouges. La destruction des globules rouges aboutit à l'anémie. Sans traitement, l'anémie peut entraîner la mort.</p> <p>3) <u>Cycle évolutif de l'agent infectieux du paludisme</u></p> <p>a/ <u>Chez l'Homme</u></p> <p>Un sujet sain est piqué par un anophèle femelle. Le parasite <i>Plasmodium</i> est injecté chez ce sujet avec la salive du moustique. Véhiculés par le sang, ils atteignent le foie. Ils y subissent des divisions cellulaires. Lorsque les cellules du foie éclatent, les parasites sont libérés dans le sang et vont infester les globules rouges. Ils s'y nourrissent, se développent et se multiplient. Les globules rouges éclatent et de nombreux <i>Plasmodium</i> en sortent et pénètrent chacun dans un autre globule rouge.</p> <p>b/ <u>Chez le vecteur</u></p> <p>Lorsqu' un anophèle femelle pique un paludéen, il aspire le <i>Plasmodium</i> avec le sang. Les globules rouges sont digérés dans</p>	<p>maladie mortelle</p> <p>Schématiser au tableau le cycle de <i>Plasmodium</i> [Figure 7]</p>
-----	---	--

25'	<p>l'estomac de l'animal et le parasite va continuer son évolution. Il remonte ensuite vers les glandes salivaires. Au moment de la piqûre, l'anophèle injecte le <i>Plasmodium</i> chez l'Homme et le cycle continue</p> <p><u>4) Lutte contre le paludisme</u></p> <p><u>4.1/ Traitement</u></p> <p>On traite le paludisme par des médicaments antipaludiques composés de dérivés quinoléiques et des dérivés de l'artémisinine.</p> <p><u>4.2/ Prévention</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Porter des vêtements couvrants (bras et jambes) et des chaussures fermées à la tombée de la nuit - Fermer les portes et les fenêtres avant d'allumer des lampes ou des bougies le soir - Dormir toutes les nuits sous une moustiquaire en bon état et imprégnée d'insecticide. - Désinsectiser les chambres avant de dormir - Nettoyer régulièrement l'habitation et ses alentours - Supprimer les retenues d'eau près des habitations - Consulter un médecin en cas de fortes fièvres 	Inciter les élèves à prendre la parole et donner leur avis
-----	---	--

En outre, en classe de 5^{ème}, un des objectifs est la classification de la faune et de la flore. Ainsi, on peut initier les élèves à la classification des animaux.

Critères utilisés	Groupe de classification
<ul style="list-style-type: none"> • Présence d'une colonne vertébrale <p>Peau</p> <ul style="list-style-type: none"> → recouverte d'écailles libres entre elles → nue → recouverte d'écailles soudées entre elles → recouverte de plumes → recouverte de poils 	<p>VERTEBRES</p> <p>Poissons</p> <p>Amphibiens</p> <p>Reptiles</p> <p>Oiseaux</p> <p>Mammifères</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Absence d'une colonne vertébrale ❖ Pattes articulées et corps couvert d'une carapace <p>Des antennes</p> <ul style="list-style-type: none"> → { 1 paire d'antennes 3 paires de pattes → { 1 paire d'antennes Nombreuses paires de pattes → { 2 paires d'antennes 5 paires de pattes ou plus <p>Pas d'antennes → 4 paires de pattes</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Absence de pattes articulées - Symétrie bilatérale (corps montrant une droite et une gauche) <ul style="list-style-type: none"> → Corps mou, allongé, sans coquille → Corps mou, avec coquille (généralement) 	<p>INVERTEBRES</p> <p>Arthropodes</p> <p>Insectes</p> <p>Myriapodes</p> <p>Crustacés</p> <p>Arachnides</p> <p>Vers</p> <p>Mollusques</p>

<p>- Symétrie radiée (organisation en rayons autour d'un point)</p> 	<p>Echinodermes</p> <p>Cnidaires</p>
---	--------------------------------------

Cette fiche technique sera très utile lors d'une sortie dans la nature par exemple où les élèves peuvent récolter des échantillons. En effet, pour que les élèves deviennent des participants actifs dans l'apprentissage des Sciences de la Vie et de la Terre, il est souhaitable de varier les méthodes d'enseignement.

En outre, il est nécessaire que les élèves sachent distinguer les deux sous-familles de Culicidés pour chaque stade de développement. La fiche technique suivante présente la morphologie comparative d'Anophelinae et de Culicinae :

Critère	Culicinae - <i>Culex</i> sp.	Anophelinae - <i>Anopheles</i> sp.
Œufs	Sans flotteurs	Munis de flotteurs
	Groupés en nacelle à la surface des eaux	Isolés à la surface des eaux
Larves	Avec siphon respiratoire Position respiratoire oblique à la surface de l'eau	Pas de siphon respiratoire Position respiratoire parallèle à la surface de l'eau
Nymphes	Soie latérale du segment VIII insérée au-dessus de l'angle inférieur du segment	Soie latérale du segment VIII est insérée à l'angle inférieur du segment
Têtes	Palpes maxillaires nettement plus courts que la trompe chez les femelles et palpes maxillaires nettement plus	Palpes maxillaires aussi longs que la trompe pour les deux sexes mais terminés en massue ou au sommet effilé

	longs que la trompe au sommet effilé chez les mâles	chez le mâle
Position au repos	Position parallèle par rapport au support	Position oblique par rapport au support

En classe de Seconde, les élèves doivent être capables de manipuler des outils d'observation au laboratoire tel le microscope optique. Voici une fiche technique pour bien utiliser un microscope.

Un microscope permet d'observer un très petit objet très peu épais. On réalise pour cela une préparation microscopique de cet objet.

Pour observer au microscope

Je dois...	Pour cela...
1) Préparer l'observation	<ul style="list-style-type: none"> • Je vérifie le fonctionnement de la lampe ou je règle le miroir pour voir un rond lumineux dans l'oculaire • Je pose la préparation sur la platine, en la glissant sous les ressorts, puis je la déplace pour mettre l'objet au-dessus du trou central. • Je vérifie que le petit objectif est placé dans l'axe du tube optique
2) Faire la mise au point	<ul style="list-style-type: none"> • J'utilise la vis macrométrique : je remonte le tube optique jusqu'à une distance de quelques millimètres sous la lame. • Je regarde dans l'oculaire • Je fais descendre doucement le tube optique jusqu'à avoir une image nette • J'utilise la vis micrométrique pour mettre au point l'image

3) Explorer la préparation	Je déplace la préparation de droite à gauche et d'avant en arrière.
4) Changer de grossissement	<ul style="list-style-type: none"> • Je place la zone à agrandir au centre de la platine puis je tourne le revolver pour changer l'objectif. Le changement d'objectif se fait toujours du plus faible vers le plus fort grossissement. • J'effectue une nouvelle mise au point en utilisant la petite vis.

Pour une sortie sur le terrain, les élèves peuvent fabriquer des aspirateurs à bouche à l'aide de matériels qui existent chez eux. Pour l'observation des moustiques par exemple, une loupe de poche dotée d'une lampe peut remplacer la loupe binoculaire du laboratoire. De plus, les différentes activités telles que les récoltes d'espèces et les mesures de certains paramètres développent les habiletés manuelles des élèves.

Dans la partie « écologie », sous-chapitre : « les êtres vivants et leur milieu », on traite le milieu terrestre, le milieu aquatique et le milieu marin. On peut prendre comme exemple d'animaux aquatiques : les moustiques dont le genre *Anopheles* qui passe ses stades œuf, larves et nymphe dans l'eau mais l'adulte vit dans l'air. La figure 1 sur le cycle de développement des moustiques peut servir de référence. De même, les documents des pages 6 à 13 aideront pour la description morphologique des différents stades de développement des moustiques.

La notion de classification des animaux et des végétaux déjà citée pour la classe de cinquième revient encore pour la classe de seconde. On peut introduire en plus les subdivisions dans une classification sommaire telles que: le règne, l'embranchement, la classe, l'ordre, la famille, le genre et l'espèce. La classification d'*Anopheles* traitée en page 2 peut servir d'exemple.

Dans la notion de chaîne alimentaire, on citera les ennemis naturels des moustiques tels : les têtards, les crustacés, les champignons, les insectes prédateurs et les poissons. Puis, expliquer que ces derniers peuvent à leur tour être mangés par d'autres animaux : les oiseaux,...

A partir de l'étude écologique des moustiques et l'étude des facteurs déterminant la présence des espèces identifiées, les élèves sauront corréliser l'abondance de la population avec les facteurs écologiques.

Pour la classe de première D, dans le chapitre : « l'alimentation des animaux et de l'Homme », on étudie les régimes alimentaires. D'un côté, il existe les animaux phytophages dont on citera *Anopheles* mâle comme exemple et de l'autre côté les animaux zoophages dont on citera *Anopheles* femelle comme exemple. *Anopheles* femelle est un hématophage ; c'est un animal piqueur.

Pour la classe de terminale D, on pourra parler du parasite *Plasmodium* dans le chapitre « physiologie humaine », sous-chapitre « immunologie ». L'immunologie est la science qui étudie les moyens de protection de l'organisme contre les agresseurs (physiques, chimiques ou biologiques). Les antigènes sont des substances capables de provoquer une réaction immunitaire puis de réagir spécifiquement avec le produit de cette réaction. Les parasites sont des exemples d'antigènes naturels. On qualifie les éléments constitutifs du parasite d'antigènes somatiques et leurs produits de sécrétion glandulaire ou digestive d'antigènes métaboliques.

Pendant toute sa réalisation, ce mémoire a suivi la démarche scientifique. Ainsi, on peut inculquer la pratique de la démarche scientifique chez les élèves. La démarche est connue sous le sigle de « OHERIC » ou Observation, Hypothèse, Expérimentations, Résultats, Interprétations et Conclusion. Cette démarche s'intègre dans tous les systèmes éducationnels et tous les niveaux.

CONCLUSION

Anopheles est responsable d'un tiers des décès annuels constatés sur la surface du globe. La connaissance de cet insecte est nécessaire pour lutter contre le paludisme. D'où une initiation d'une enquête entomologique a été effectuée à Antananarivo. Nombreuses sont les techniques de capture mais la plus simple est l'utilisation de l'aspirateur à bouche, facile à manier et à porter. Les différentes techniques sont employées pour l'échantillonnage des moustiques, par exemple une capture matinale ou nocturne, à l'intérieur de la maison ou à l'extérieur,... Quant à l'identification morphologique des espèces récoltées, la clé de détermination est nécessaire, sans quoi, l'enquête ne peut avancer. On constate que la composition anophélienne varie selon le lieu de capture. Des espèces identifiées, *Anopheles gambiae* *sl* présente un fort pourcentage. Il a été présent dans tous les lieux de capture. Au second rang, c'est *Anopheles coustani*, un moustique robuste qui ne ressent pas les changements saisonniers. Viennent ensuite *Anopheles fuscicolor*, *Anopheles squamosus*, *Anopheles mascarensis*, *Anopheles pharoensis* et *Anopheles tenebrosus*. D'après nos enquêtes, les gîtes préférés des anophèles sont les étables. A l'heure actuelle, on constate une diminution de la densité anophélienne en général. Nombreuses sont les causes, telles que le changement climatique et les facteurs anthropiques. Les autres espèces ont changé leurs habitudes trophiques vers la zoophilie. Par ailleurs, il existe des espèces ubiquistes qui s'adaptent à tous les types de gîtes. Certes, de nouvelles espèces peuvent aussi apparaître. Enfin, il est toujours nécessaire de mieux connaître chaque acteur : le plasmodium, essentiellement *Plasmodium falciparum*, agent du paludisme grave ; l'homme, hôte réservoir infectant et l'anophèle femelle, agent vecteur pour combattre le paludisme.

BIBLIOGRAPHIE

1. **ANDRIAMASINDRAY D. D.** ; 2004 ;
Résistance du paludisme à la chloroquine à Brickaville ; Thèse de Doctorat en Médecine ; Université d'Antananarivo ; Faculté de Médecine ; 54p.

2. **BERLAND L.** ; 1962 ;
Les Insectes et l'Homme QSJ ; Presses universitaires de France ; 126p.

3. **BRENGUES J. et BOUZAN J. P.** ; 1995 ;
L'entomologie médicale à l'ORSTOM ; Paris ORSTOM ; 21p.

4. **CHAUVET G.** ; 1969 ;
Répartition et écologie du complexe *Anopheles gambiae* à Madagascar ; Extr. Cah. ORSTOM, Série ento- médi, vol VII ; p. 235-278.

5. **COLAS G.** ; 1962 ;
Guide de l'entomologiste ; éd. N. BOUBEE et C^{ie} ; Paris ; 314p.

6. **DOUCET J.** ; 1949 ;
Introduction à l'étude des moustiques de la région malgache ; Le Naturaliste malgache, tome I ; INRS Tananarive-Tsimbazaza ; p. 81-88.

7. **DOUCET J.** ; 1951 ;
Les Anophélinés de la Région malgache ; Institut de Recherche Scientifique Tananarive-Tsimbazaza ; 198p.

8. **GRASSE P-P et al** ; 1963 ;
Zoologie II Les arthropodes ; éd. GALLIMARD ; France ; 1038p.

9. **GRIVEAUD F.** ; 1961 ;

Utilité et nécessité des recherches entomologiques fondamentales à Madagascar ; Bulletin de l'académie malgache, 1961 ; Nouvelle Série, tome XXXIX ; p. 11-13.

10. **GRJEBINE A.** ; 1953 ;

Données nouvelles sur le peuplement anophélien de Madagascar ; Le Naturaliste malgache, tome V, p. 29-33.

11. **GRJEBINE A.** ; 1966 ;

Faune de Madagascar XXII Insectes Diptères Culicidae- Anophelinae ; 487p.

12. **LACAN A.** ; 1953 ;

Aperçu sur l'anophélisme des Hauts-Plateaux de Madagascar en 1952 ; Bulletin de Madagascar n°86 ; p. 25-26.

13. **LACAN A.** ; 1954 ;

Les Anophélinés de Madagascar (Guide entomologique pratique) ; Tananarive, Imprimerie officielle ; 53p.

14. **LACAN A.** ; 1955 ;

Les gîtes larvaires des Anophélinés de Madagascar ; Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar, série E Entomologie, tome VI ; p. 349-374.

15. **MAHANDRY L.** ; 2001 ;

Tests de sensibilité d'*Anopheles gambiae* et d'*Anopheles funestus* vecteurs de paludisme aux insecticides chimiques et biologiques ; Mémoire de CAPEN-SN ; Université d'Antananarivo –ENS ; 82p.

16. **MEN / UERP** ; 1996 a ;

Programme scolaire Niveau II ; p. 102-111.

17. **MEN** ; 1996 b ;

Programme scolaire Seconde ; p. 125-142.

18. **MEN** ; 1996 c ;

Programme scolaire Première ; p. 211-252.

19. **MEN** ; 1996 d ;

Programme scolaire Terminales ; p. 223-258.

20. **OMS** ; 2003 ;

Entomologie du paludisme et contrôle des vecteurs ; Guide du stagiaire ;

Genève ; 104p.

21. **RALALAHARINIVO I.** ; 1986 ;

Le paludisme : étude générale et situation actuelle à Madagascar ; Mémoire de CAPEN-SN ; Université d'Antananarivo-ENS ; 195p.

22. **RAJAONISENA H.** ; 2000 ;

Evaluation épidémiologique de l'utilisation de moustiquaires imprégnées chez les enfants de moins de cinq ans à Brickaville ; Thèse de Doctorat en Médecine ; Université d'Antananarivo ; Faculté de Médecine ; 78p.

23. **RANDRIAMANANTENA D.** ; 1985 ;

L'entomologie au service des hygiénistes à Madagascar ; éd FOFIPA
Antananarivo ; 197p.

24. **SEGUY E.** ; 1950 ;

La biologie des diptères ; éd LECHEVALIER ; Paris ; 609p.

25. **SEGUY E.** ; 1951 ;

Atlas des diptères de France-Belgique-Suisse ; éd BOUBEE et C^{ie} ; Paris ; 175p.

26. **SENEVET G.** ; 1935 ;

Les anophèles de France et de ses colonies, Première Partie : France, Corse, Afrique, Madagascar, La Réunion ; éd LECHEVALIER ; Paris ; 361p.

27. **TONIAZE C.** ; 2001 ;

Test de sensibilité aux insecticides chimiques et biologiques de *Culex quinquefasciatus* vecteur de la filariose urbaine à Madagascar ; Mémoire de CAPEN-SN ; Université d'Antananarivo –ENS ; 83p.

28. **WHO Division of malaria and other Parasitic Diseases** ; 1975 ;

Manual on practical entomology in malaria ; Part I : Vector Bionomics and Organization of Anti-Malaria Activities ; WHO ; Geneva ; 160p.

Autres sources:

- [www.wikipédia.org/cycle de développement de *Plasmodium*](http://www.wikipédia.org/cycle%20de%20développement%20de%20Plasmodium)
- [www.wikipédia.org/cycle de développement des moustiques](http://www.wikipédia.org/cycle%20de%20développement%20des%20moustiques)
- [www.wikipédia.org /les anophèles](http://www.wikipédia.org/les%20anophèles)
- [www.wikipédia.org/oeuf d'anophèle](http://www.wikipédia.org/oeuf%20d%27anophèle)
- [http://fr.wikipédia.org /wiki/Fichier :Anophèles_pupe.jpg](http://fr.wikipédia.org/wiki/Fichier%3AAnophèles_pupe.jpg)

Auteur : Mademoiselle RADAVIARISON Sandra Rajaonarivelo

Adresse : Lot IAG 206 A à Antanetibe- Ambohidrapeto

Nombre de pages : 82

Nombre de tableaux : 15

Nombre de figures : 27

Directeur de mémoire : Monsieur ANDRIANASOLO RAVOAVY Jaonarivony,
Professeur titulaire à l'Ecole Normale Supérieure d'Antananarivo

Titre : Les techniques de capture des moustiques- Identification morphologique des espèces anophéliennes dans la région d'Antananarivo.

RESUME

La maladie parasitaire appelée le paludisme sévit encore dans notre Ile. Du 23 avril au 15 mai 2012, des captures de moustiques du genre *Anopheles* ont été effectuées dans quelques quartiers d'Antananarivo. Le but est de découvrir les espèces anophéliennes qui existent dans la région. Le matériel utilisé lors des captures est l'aspirateur à bouche. Le dispositif est constitué d'un tube de verre ou en rhodoïd, un tube en caoutchouc, un tamis et un embout buccal. L'identification se fait dans un laboratoire équipé et en utilisant une clé de détermination des Anophelinae de la région malgache (GRJEBINE ; 1966). Au total, sept espèces ont été identifiées dont deux (*Anopheles gambiae* sl et *Anopheles mascarensis*) sont des espèces vectrices du paludisme à Madagascar.

Mots clés : *Anopheles*, capture, clé de détermination, entomologie, identification, moustiques, paludisme