

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمّار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT



كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire de MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Biologie
Option : Parasitologie et interactions négative

THEME

De l'étude bio-écologie et systématique des vecteurs du paludisme à la modélisation du risque d'infection dans le sud algérien.

Présenter Par:

- ❖ Taibi Zohra
- ❖ Abdelali Zohra

Soutenu devant le jury composé de:

- ❖ Mr. Chaibi Rachid Président
- ❖ Mr. Ghermaoui Mohammed Examineur
- ❖ Mell.Alayat Mofida saouecen Promotrice

Année Universitaire 2013/2014

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمّار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT



كلية العلوم و علوم المهندس

قسم: البيولوجيا

مذكرة
للحصول على شهادة الماستر في: البيولوجيا

بيولوجيا

ميدان

الطفيليات و التفاعلات السلبية

تخصص

الاسم و اللقب

طبيبي زهرة و عبد العالي زهرة

الموضوع

De l'étude bio-écologie et systématique des vecteurs du paludisme à la modélisation du risque d'infection dans le sud algérien.

نوقشت أمام اللجنة المكونة من:
الأستاذ: شايبى رشيد رئيسيا
الأستاذ: غرماوي محمد ممتحنا
الأستاذة عليات مفيدة سوسن مقررا

السنة الجامعية 2013/2014

Remerciements

Au terme de ce travail, je remercie Dieu Tout Puissant de m'avoir aidé à accomplir ce travail et de m'avoir guidé vers ce chemin du savoir et de la science et d'avoir mis à ma disposition ces personnes que je tiens à remercier :

Ce travail a été Encadrée par le Melle Alayat Mofida Saouecen, que je remercie sincèrement pour m'avoir offert des conditions de travail idéales, et qui m'encouragée et suivie avec beaucoup d'enthousiasme depuis le début ce projet. Un très grand merci.

Mes vifs remerciements vont à Mr. Chaibi Rachid et Mr. Gheurmaoui Mehamed et tous l'équipes de laboratoire .

A tous mes proches, parents et amis, pour votre soutien et la confiance que vous m'avez toujours accordée (siham, mbarqa g, mbarqa p, anfale ,zainb amina, souhila, fatiha, fatima 2, nacira).

(Tous les étudiants de ma promotion 2012/2013.) (karima, hayat, oum hani, soumia, fatima, khadija, nacira, fatna, zohra, naiima, imane ,hada ,asma).

Merci du fond du coeur.

*TAIBI Zohra et ABEDLALI
Zohra*

Dédicaces

*Je dédie modeste travail à ma famille avec tous mes sentiment de respect,
d'amour de gratitude et de reconnaissance pour tous les sacrifices déployés
pour m'élever dignement et assurer mon éducation dans les meilleurs
conditions à mes colleges, mes amies sans exception, pour leurs efforts afin
de m'assurer une formation solide*

*Je dédie ce travail à tous les responsables du faculté des sciences de la
nature et de la vie.*

*Special dédicace à celui qui m'a indiqué la bonne voie en me rappelant que
la volonte fait toujours les types respectueux*

C' est mon père: que dieu le garde.

Maman: La lumière de ma vie qui donne sans limite.

*Mes chères frères (Attalah, Khalil, Amar) et mes chères
soeurs (Khadija, Naima, Amina, Massouda).*

*Et spécialement les deux petites rose : Amira, Halima et n'oublier pas
Mehamed et Youssef*

Et à mabinome Abedlali Zohra..

Tous les etudiants de ma promotion 2013/2014.

ZAHRA



Dédicace

Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire " Ya karime ".

*Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à **ma mère, A mon père,** école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.*

Que dieu les garde et les protège.

*A mes adorables sœurs **Kahoula et Marwa et Chaima et manal***

*A mon frère **mostapha.***

*« A mon mari **hachani pachir** »*

*A mes cousins et mes cousines, surtout **lamya et rokaya et kadedja et nachwa et Amina et le petite rose chouchou** mes tantes, et toute les famille **abdelali et cherige et hachani** .*

*A ma copine **Amina machkor et Radya** que j'aime énormément, merci pour les très agréables moments passés ensemble et les inoubliables fous rires partagés.*

*A mes amies **Zhour, kadidja, Souad, iman, khadra, Djihad, Sara ,Rokaya, Farah, Wafa, Basma.***

A tous mes professeurs du département de biologie.

A tous les étudiants de biologie surtout ceux qui m'ont aidé et encouragé à la réalisation de ce travail.

Résumé :

Le paludisme c'est une maladie parasitaire émergente a un pouvoir de propagation très inquiétante surtout dans le Sahara algérien, où on cite cinq principaux foyers actifs : Tamanrasset, Adrar, Illizi, Ghardaia, Ouargla. le complexe du *Anophèles* englobe les vecteurs principaux de cette épidémie. à cause de situé Laghouat au voisine de deux foyers très important d'une part , et la male connaissance de la structure *Anopheléeenne de cette région* d'autre part et dans le but de déterminé la situation de Laghouat selon le paludisme et pour dénombrer les membres d'Anophèles dans notre région, trois zones bio-climatiquement différentes ont été étudiées : Laghouat, Ghardaia, Ouargla. L'analyse a porté sur : (I) la bio-écologie des espèces d'Anophèles ; (II) la leur position systématique ; (III) l'étude épidémiologique (étude statistique des cas du paludisme dans les trois régions).

Nos résultats prouvent pour la première fois la présence de l'*Anophèle* dans la région de Laghouat, et une diversité d'espèce dans les deux autres régions (Ouargla et Ghardaia) : *An.sergentii sergentii* ; *An..multicolor* ; *An.cineruse* ; *An.dhali* ; *An.labranchiae* ; *An.rufipes broussesi*.

Ces résultats nous ont permis (I) de définir la position taxonomique des espèces du complexe *Anophèles* présentes dans les trois régions (II) de positionné la région de Laghouat comme zone à risque de l'introduction du paludisme a tout moment où les conditions climatiques et écologique sont très favorable.

Mot clé : paludisme, Anophèles, bio-écologie, position systématique, étude statistique.

ABSTRACT :

The e malaria is an emerging parasitic disease has a very disturbingly specially to spread in the Algerian Sahara, where it cites five main active out breaks: Tamanrasset, Adrar, Illizi, Ghardaia, Ouargla. The complex includes the main Anopheles vectors of this epidemic. because of Laghouat locate dattwoneighboringhouseholds a very important part, and the male Anopheléeenne knowledge of the structure of this region and the other in the order determined according to the situation of Laghouat malaria and to enumerate members Anopheles in our region, three areas bio-climatiquement Résumé different entwerestudied: Laghouat, Ghardaia, Ouargla. The analysis focused on: (i) the bio-ecology of Anopheles species; (II) the systematic position; (III) the epidemiological study (statistical study of cases of malaria in the three regions).

Our results show for the first time the presence of Anopheles area Laghouat, and diversity of species in the other two regions (Ghardaia and Ouargla): *An.sergentii sergentii*; *multicolor*Year; *An.cineruse*; *An.dhali*; *An.labranchiae*; *An.rufipes broussesi*.

These result sallowed us (I) to determine the taxonomic position of the species of Anopheles complex present in the three regions (II) positioned Laghouat region as an area atrisk of introduction of malaria atany time where the climatic conditions and green are very favorable.

Keyword: malaria, Anopheles, bio-ecology, systematic position, statistical study.

ملخص :

المالاريا هو عبارة عن مرض طفيلي ظهر بشكل مقلق خاصة في الصحراء الجزائرية حيث نذكر خمسة منابع رئيسية نشطة بهذا المرض : تماراس , ادرار, اليزي , غرداية ورقلة . الانوفيليا تعتبر الناقل الرئيسي لهذا المرض بسبب مقر ولاية الاغواط بجانب المنبعين الرئيسيين لهذا المرض من جهة , ومعرفة بنية الانوفيليا لهذه المنطقة من جهة اخرى وهدفنا نريد ان نحدد وضعية الاغواط حسب المرض (المالاريا) ومن اجل ان نحدد مرض الانوفيليا في ثلاث مناطق مختلفة درسناها هي : الاغواط, غرداية, ورقلة و تحاليلنا تركز على : 1. بيواكولوجيا انواع الانوفيليا 2. تصنيفها الحيواني 3. دراسة الأمراض المنتقلة (إحصائيات حالات المالاريا في المناطق الثلاثة).

نتائجنا تبين ولأول مرة وجود الانوفيليا في منطقة الاغواط ووجود أنواع مختلفة للانوفيليا في المنطقتين التاليتين ورقلة غرداية انوفيليا :

An.sergentii sergentii ; An..multicolor ; An.ceneruse ; An.dhali ; An.labranchiae ; An.rufipes brousesi

هذه النتائج تسمح لنا : 1. تحديد وضعية تصنيف انواع الانوفيليا الموجودة في المناطق الثلاثة 2. وضع الاغواط كمنطقة مهددة بانتشار المالاريا في أي وقت او عند توفر الشروط المناخية والبيئية التي تكون مناسبة للانوفيليا

الكلمات المفتاحية:المالاريا ; انوفيليا ; بيواكولوجيا ; وضعية التصنيف ; دراسة احصائية .

Liste des tableaux :

Tableau	Titre du tableau	Page
01	<i>Récapitulatif des stations d'étude</i>	05
02	<i>Représentatif de morphologie des anophèles par rapport aux autres chuicinae</i>	22
03	<i>Estimation de nombre des larves dans les trois régions.....</i>	42
04	<i>Estimation de la densité larvaire.....</i>	43
05	<i>la densité Moyenne larvaire des Anophèles..</i>	47
06	<i>abondance et diversité des Anophèles collectées dans la région de Laghouat de gite 01 de lalmaya.....</i>	48
07	<i>abondance et diversité des Anophèles collectées dans la région de Laghouat de gite 02 de lalmaya.</i>	49
08	<i>abondance et diversité des Anophèles collectées dans la région de Ghardaia de gite Ammi-zekri.</i>	50
09	<i>abondance et diversité des Anophèles collectées dans la région de Ghardaia de gite Bahima.....</i>	51
10	<i>Tableau 10 : abondance et diversité des Anophèles collectées dans la région de Ouargla de gite Timsea</i>	52
11	<i>Tableau 11 : Richesse totale et moyenne du peuplement de l'anophèle dans les trois régions.</i>	53
12	<i>Tableau 12 : classification des espèces de Anophèle capturées.....</i>	54
13	<i>Tableau 13 : Estimation des mise en couple.....</i>	57
14	<i>Tableau 14 : Estimation des mise en couple.....</i>	57

15	<i>Tableau 15 : Estimation des mise en couple.....</i>	<i>58</i>
16	<i>Le tableau 16 :données la répartition des cas de paludisme autochtone pour les années 2001-2013 dans le premier foyers de Ouargla.....</i>	<i>59</i>
17	<i>Tableau 17 : Evolution des cas de paludisme par commune de 2001 à 2013.....</i>	<i>60</i>
18	<i>Tableau 18: Situation épidémiologique du paludisme de la wilaya de Laghouat pendant deux décennies: (1992-2013) .(La direction de la santé de Laghouat Le 06/03/2014).....</i>	<i>61</i>

Liste des Figures :

Figure	Titre de la figure	Page
01	<i>Localisation des zones d'étude(Source D-map.com).....</i>	03
02	<i>Systématique des Culicidae. (Carolin F ;2010).....</i>	09
03	<i>pièces buccales d'un moustique où l'on voit la superposition du canal alimentaire et du canal salivaire. (Carolin F ;2010).....</i>	10
04	<i>Adulte femelle d'Anophèles, d'après HOLSTEIN, 1949.....</i>	11
05	<i>Schéma de têtes de Culicinae (a gauche) et d'Anophelinae (a droite) male (haut) et femelle (bas), d'après HOLSTEIN, 1949.....</i>	12
06	<i>Morphologie schématique du thorax chez les Anophèle , indiquant l'emplacement des principaux groupes de soies utilisés en taxonomie(Becker et al., 2003, dont la légende a été complétée).....</i>	13
07	<i>Genitalia de l'Anophele male, d'après GILLIES et DE MEILLON, 1968.....</i>	14
08	<i>Larve d'Anopheles, d'après M. HOLSTEIN, 1949 (Pierre.C et al., 2009).....</i>	15
09	<i>Tête et thorax de larve d'Anopheles : a) vue dorsale de la tete ;b) antenne ;c) vue ventrale du thorax ;d) vue dorsale du thorax d'après GILLIES et DE MEILLON, 1968.....</i>	16
10	<i>Segment abdominal d'une larve d'Anophèles, d'après GILLIES et DE MEILLON, 1968.....</i>	18
11	<i>Vue laterale du segment anal d'une larve d'Anopheles, d'après SERVICE, 1980.....</i>	19
12	<i>a Derniers segments abdominaux et siphon respiratoire des Aedes et des Culex, d'après SERVICE, 1980.....</i>	19
13	<i>Anatomie interne d'un moustique femelle, d'après BRUCE-CHWATT, 1985.....</i>	20
14	<i>Glande salivaire trilobee d'Anophelinae (a gauche) et de Culicinae (a droite),d'après RUSSELL et al., 1963.....</i>	21
15	<i>Appareil génital d'un Anophèles femelle, d'après BRUCE-CHWATT, 1985.....</i>	22
16	<i>Evolution, maturation des ovarioles d'Anophèles (Pierre C ;et al 2009).....</i>	23
17	<i>Principales caractéristiques morphologiques permettant de différencier les Anophelinae des Culicinae, d'après BRUCE-CHWATT, 1985.....</i>	25
18	<i>Cycle biologique d'un anophèle. Le développement se fait dans le milieu aquatique (œuf-larve-nymphes) et dans le milieu aérien (adulte-accouplement-prise du repas sanguin pour les femelles –ponte).(Caroline F 2010).....</i>	27

19	<i>Longévité des males et femelles d'Anophèles quadrimaculatus au laboratoire, d'après Keener, 1945, in BOYD, 1949.....</i>	32
20	<i>Détermination du stade physiologique selon les extrémités des tracheoles, d'après DETINOVA, 1963.....</i>	34
21	<i>Dissection et isolement des ovaires, de l'estomac et des glandes salivaires.....</i>	35
22	<i>C cycle de développement d'un Paludisme. L'homme est l'hôte intermédiaire et l'anophèle l'hôte définitif (source : CDC),(Caroline F ;2010).....</i>	40
23	<i>pourcentage des espèces des Anophèles dans Les trois zone.....</i>	48
24	<i>pourcentage des espèces des Anophèles dans Lalmaya gite 01.....</i>	49
25	<i>pourcentage des espèces des Anophèles dans Lalmaya gite 02.....</i>	50
26	<i>pourcentage des espèces des Anophèles dans Ghardaia de gite Ammi zekri.....</i>	51
27	<i>pourcentage des espèces des Anophèles dans Ghardaia de gite Bahiman.....</i>	52
28	<i>pourcentage des espèces des Anophèles dans Ouargla de gite Timsea.....</i>	53
29	<i>Représentation des cas du paludisme dans la région de Ouargla</i>	59
30	<i>représentation des cas du paludisme en 2001 à 2013 dans la wilaya de Ghardaia.....</i>	61
31	<i>représentatif des cas du paludisme dans la région de Laghouat.</i>	62



Figure 01 : photo original de larve
An.sergentii sergentii G(100).

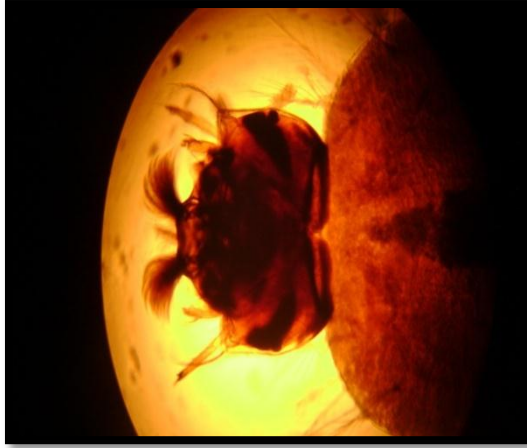


Figure 02 : photo original de tete
An.sergentii sergentii G(100).

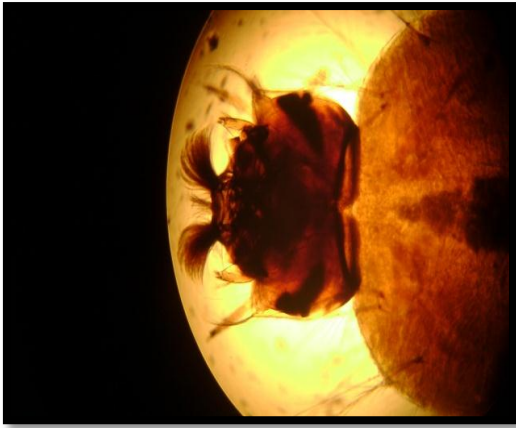


Figure 03: photo original de tête
An.multicolor G(100).

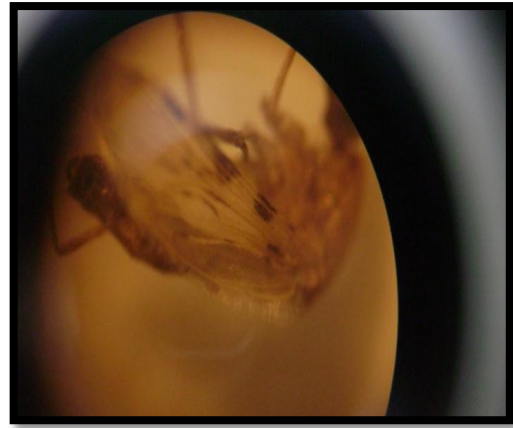


Figure 04 : photo original
d'*An.multicolor G(100)*.

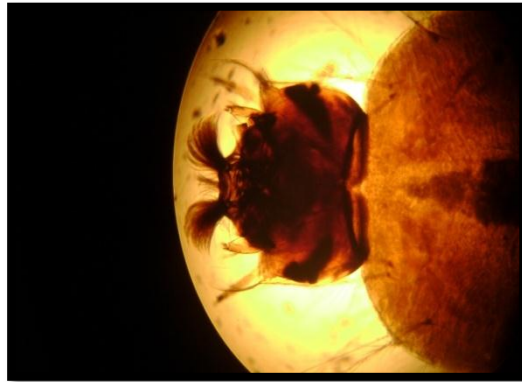


Figure 05 : photo original de tête *An.Dthali G(100)*.



Figure 05 : *photo original larve An.Labbranchiae G(100).*

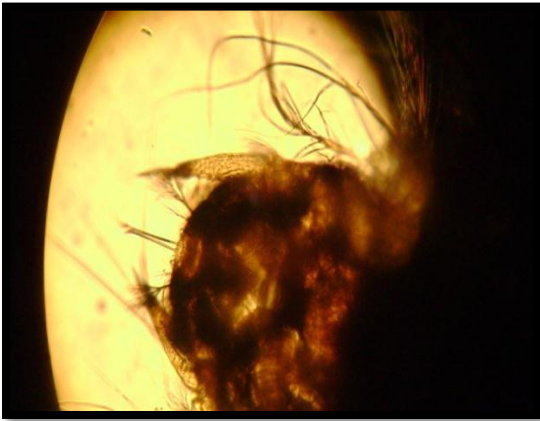


Figure 06 : *photo original tête An.Labbranchiae G(100).*



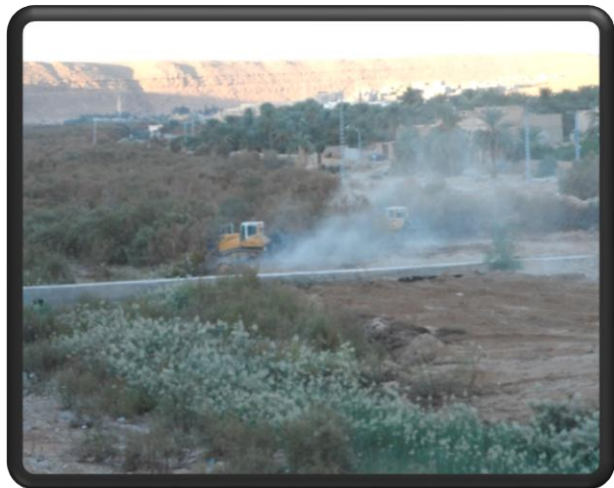
Figure 07 : *photo original An.labbranchiae G(100).*



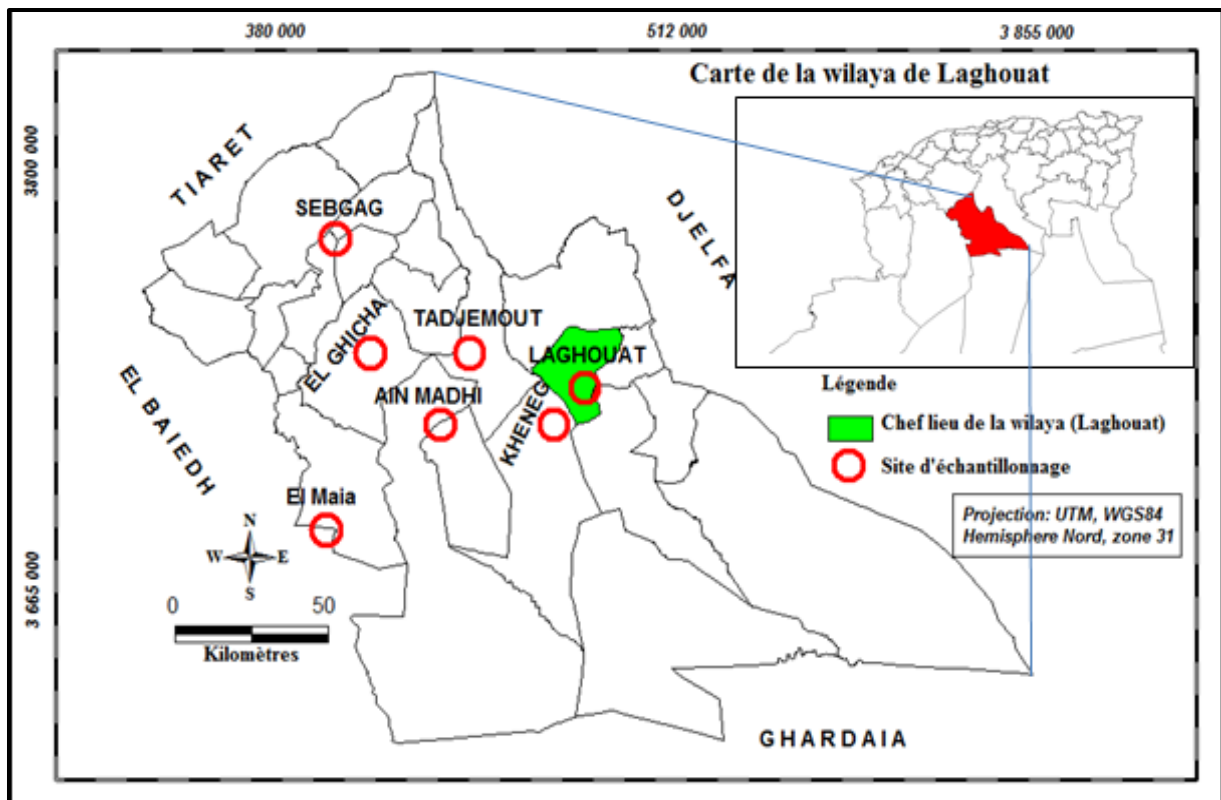
Figure 08 : *photo original d'aile An.Labbranchiae G(100).*



Site Rural de Ammi zekri Ghardaia



Site Rural de Bahiman Ghardaia



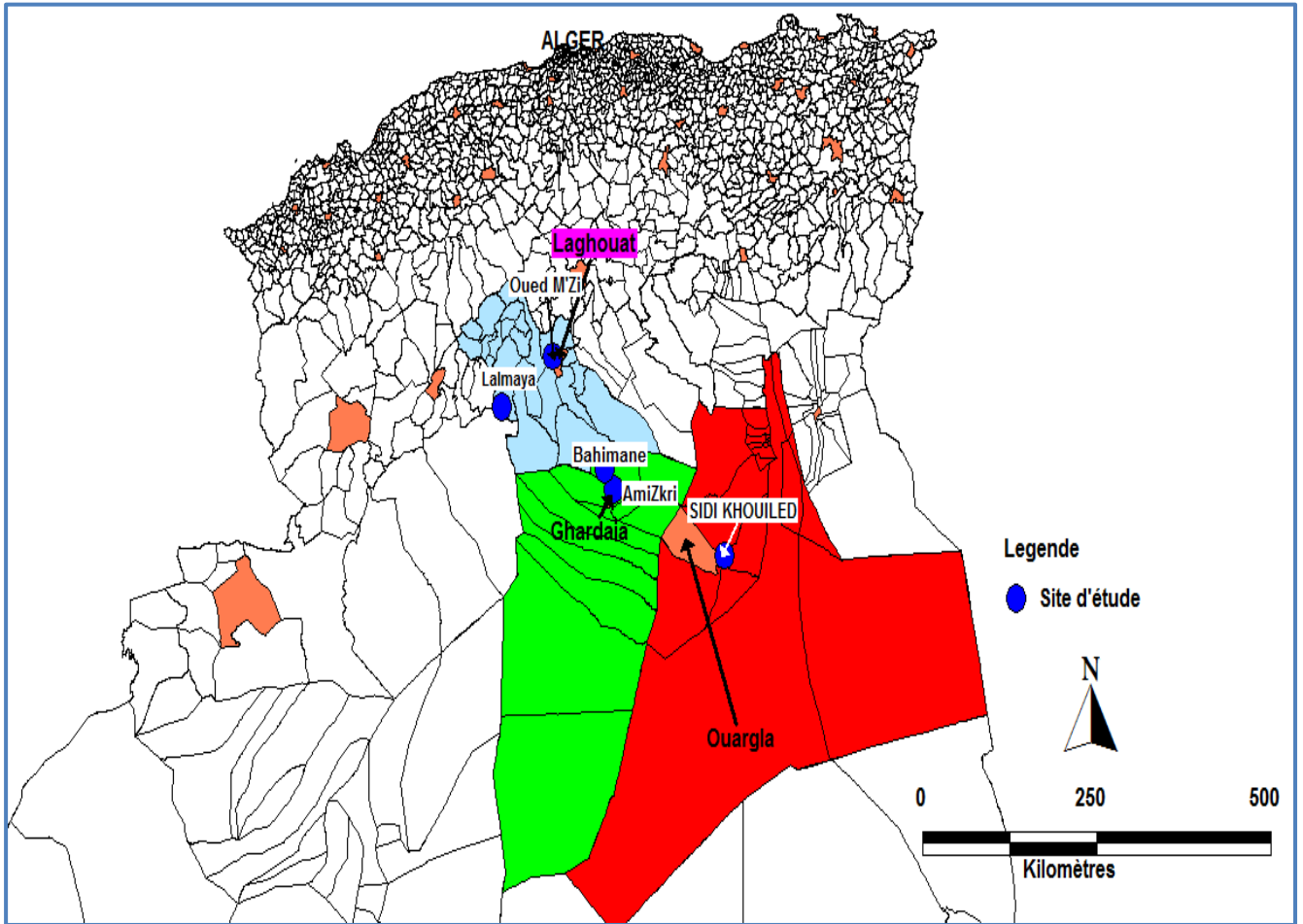


Figure 01 : Présentation des sites d'études (DSA , 2014).

Sommaire :

Introduction	01
2. MATERIELE ET METHODES	03
2.1 Présentation des zones d'étude	04
2.1.2 Wilaya de Laghouat.....	03
2.1.3 Wilaya de Ghardaia.....	04
2.1.4 Wilaya de Ouargla.....	05
2.2 Facteurs climatiques et édaphiques	06
2.3 Stations d'études	06
2.3.1 Choix des stations	06
2.4 Présentation des modèles biologique	07
2.4.1 Position systématique.....	07
2.4.2 Morphologie.....	07
2.4.3 Elément biologique.....	09
2.4.3.1 L'adulte (Imago).....	10
2.4.3.2 Les œufs.....	14
2.4.3.3 La larve.....	15
2.4.3.4 La nymphe.....	19
2.4.4 L'anatomie interne d'un moustique femelle	19
2.4.4.1 L'appareille digestif	20
2.4.4.2 L'appareille génitale de femelle	22
2.4.6 Critères de reconnaissance morphologique des anophèles par rapport aux autres Culicinae.....	24
2.4.7 Bio-écologie	26
2.4.7.1 Cycle biologique	26
2.4.7.2 Biologie larvaire	27
2.4.7.3 Biologie des adultes	29
2.4.7.4 Emergence et accouplement.....	29
2.4.7.5 Age physiologique et longévité.....	31
2.4.7.6 Fécondité.....	35
2.4.8 Ethologie et écologie des adultes	35
2.4.8.1 Préférences alimentaires et comportements trophiques	36
2.4.8.2 Hibernation et estivation.....	36
2.4.9 Interée médicale	38

2.4.9.1	Définition de paludisme	38
2.4.9.2	Cycle biologique	39
2.5	Echantillonnage des populations de L'anophèle.....	41
2.5.1	Etude systématique de genre des anophéle dans les trois région	
	Laghouat, Ghardaia ,Ouargla.....	41
2.5.2	Estimation de la densité larvaire.....	42
2.6	Méthodes de laboratoire adoptées.....	43
2.6.1	Tri des larves.....	43
2.6.2	Mise en élevage.....	43
2.6.4	Gorgement des femelles.....	44
3. Résultats.....		44
3.1	Etude systématique des Anophèles dans les trois régions :.....	45
3.1.1	Estimation de la densité Moyenne larvaire.....	45
3.1.2	Abondance et diversité	46
3.1.3	Identification et description des espèces	52
3.2	Estimation de cycle bio-écologique des espèces des Anophèles dans les trois régions :.....	54
3.2.1	Estimation des mise en couple.....	55
3.3	Etude épidémiologique et statistique des cas du paludisme dans les trois	
régions :.....		56
3.3.1	Le paludisme dans le foyer de Ouargla :.....	56
3.3.2	Le paludisme dans le foyer de Ghardaia :.....	58
3.3.2	Le paludisme dans le foyer de Laghouat	59
4. Discussion.....		61
5. Conclusion.....		62
Références bibliographiques		63
Annexes		

Introduction

Le paludisme est un des premiers problèmes de santé mondiaux. Il s'agit d'une maladie parasitaire qui peut être contractée à tout âge et l'OMS considère que 40 % de la population est exposé. Plus d'un million de personnes en décède chaque année (dont 90 % en Afrique Sub-saharienne) (OMS, 2009).

La malaria est un mot italien qui veut dire « mauvais air », le paludisme du latin palus « marais », fièvres des marais, fièvres intermittentes, fièvres palustres, fièvres à quinquina, tous là ces termes dénomment une maladie infectieuse causée par un parasite transmis par pique de certaines espèces de moustiques : *Anophèles*. Actuellement seul le mot Paludisme est le plus usité pour désigner cette maladie. L'Algérie fut l'un des premiers champs d'expériences et de recherches médicales paludique aboutissant à des résultats tant espérés allant de l'identification du germe à la thérapie curative et aux méthodes d'enquêtes et de prophylaxie. L'agent causal du Paludisme, méconnu durant de longs siècles, a été mis en évidence pour la première fois le 6 novembre 1880 à l'hôpital militaire de Constantine par le Dr Alphonse Laveran, médecin parasitologue. Il observa, dans le sang des malades souffrant de la fièvre, des flagelles mobiles et capables de se multipliaient, fut convaincu que ce sont des micro-organismes parasites (protozoaires unicellulaires ou plasmodium) et non pas des globules rouges altérés comme pensaient encore d'autres chercheurs de son époque. Il décrivit les résultats de ses recherches dans un ouvrage : « Traité du Paludisme ». En 1907 on lui attribua le Prix Nobel de physiologie ou médecine. Mais comment ces micro-organismes s'introduisaient dans le sang humain? Telle était la question qui embrouillait Laveran. Ce n'est que 17 ans après, le Dr Ronald Ross travaillant en Inde viendra élucider l'énigme, il découvrit le protozoaire de Laveran dans l'estomac de la femelle hématophage d'un moustique qui ne se développe que dans les eaux des marais et ne se voit que la nuit appelée anophèle, il prouva que le paludisme est transmis à l'homme par piqûre de l'anophèle. Cette découverte réduisit à néant la croyance que le mauvais air (mala aria) venant des marécages était responsable de la propagation du mal. Le Dr Ronald Ross reçut le prix Nobel de médecine en 1902. Ensuite se fit l'étape de la thérapie antipaludique, grâce à la Quinine, perfectionnée par le chimiste Clément Maillot en 1834 et reconnue officiellement en 1881 à l'occasion du congrès sur le paludisme tenu à Alger, les premières victoires contre le paludisme furent obtenues. Dès 1902, les frères Edmond et Étienne Sergent lancèrent la première campagne de lutte antipaludique sur le trajet Alger-Constantine. L'institut Pasteur d'Alger fut créé, dirigé par Edmond Sergent afin d'organiser une lutte permanente contre le paludisme en Algérie. (Douar 10-11-2013). Les parasites responsables appartiennent au genre *Plasmodium*, *P. falciparum* est le plus répandu et à l'origine des infections les plus graves. Sa transmission se fait par piqûres de moustiques appartenant au genre *Anopheles*. Cinq espèces sont présentes en Afrique, dont *Anopheles gambiae* que l'on rencontre dans la plus grande partie de l'Afrique Sub-Saharienne et qui a la particularité d'avoir une capacité de

Introduction

transmission très élevée. Ceci en fait le principal vecteur du paludisme. Comme pour toute maladie, l'idéal est de pouvoir « prévenir », or il n'existe pas encore de vaccin. (Caroline , 2010).

Le moyen le plus efficace aujourd'hui pour prévenir la transmission du paludisme est d'éviter d'entrer en contact avec le vecteur d'où l'importance de la lutte anti vectorielle. Cette mesure nécessite d'avoir des connaissances solides sur le vecteur c'est à dire : connaître son mode de vie, son habitat, ses préférences trophiques etc. (Caroline , 2010).

De nos jours, l'influence de l'environnement, physique ou humain, individuel ou social, et réinsérée dans la chaîne de causalité et parmi les déterminants de la santé. Il est intéressant de voir comment l'environnement est réintroduit comme acteur par une triple démarche : celle de l'écologie, connaissance nouvelle ou mode, selon le cas, qui a popularisé, jusqu'à la caricature, le risque pour la santé, «des pollutions » mai qui a ramené l'attention sur l'importance pour l'homme du milieu où il vit ; celle de l'épidémiologie, discipline jeune, qui étudie l'importance relative de chaque facteurs environnementaux ;et la prise de conscience enfin, que tout ne s'explique pas par une causalité simple. L'Homme joue un rôle primordial dans l'accouplissement du développement du plasmodium en étant l'hôte de la multiplication asexuée du parasite. Mais la viabilité du parasite ainsi que le succès de cette multiplication dépend de plusieurs facteurs propres à l'hôte qui prennent en considération son histoire, sa génétique et des facteurs exogènes tributaires de son environnement.

Appuyé sur quelques exemples, ce travail montre que les sociétés, les communautés humaines ne son pas égales face à la maladie. Certaines créent les conditions favorables à sa propagation. D'autre ont mis en place des rapports avec l'environnement qui constituent autant de facteurs sociaux de résistance à la maladie (Tiana , 2003).

Pour mieux comprendre l'épidémiologie du paludisme et estimer sa situation actuelle dans le sud Algérien, ainsi que comprendre le rôle des études entomologiques dans le contrôle du paludisme nous avons effectué une étude Bio-écologique et systématique du complexe *Anophèles* dans trois régions du sud climatiquement différents (Laghouat à climat aride et froid ;Ghardaia à climat aride sec et chaud ; Ouargla à climat désertique et chaud),grâce à la présence des cas du paludisme dans ces derniers régions ainsi que l'existence des vecteurs principaux de cette épidémie.

2.4 Présentation des zones d'étude :

Notre étude a porté sur trois zones et bioclimatiques différentes, selon un itinéraire transect Sud (Figure 01).

- 1) La wilaya de Laghouat qui est une désertique sec et froid. (Donnée climatique, 2013).
- 2) La wilaya de Ghardaia qui est une zone désertique sec et chaud. (Donnée climatique, 2013).
- 3) La wilaya de Ouargla qui est une zone saharienne. (Donnée climatique, 2013).

Dans chaque zone nous avons choisi.

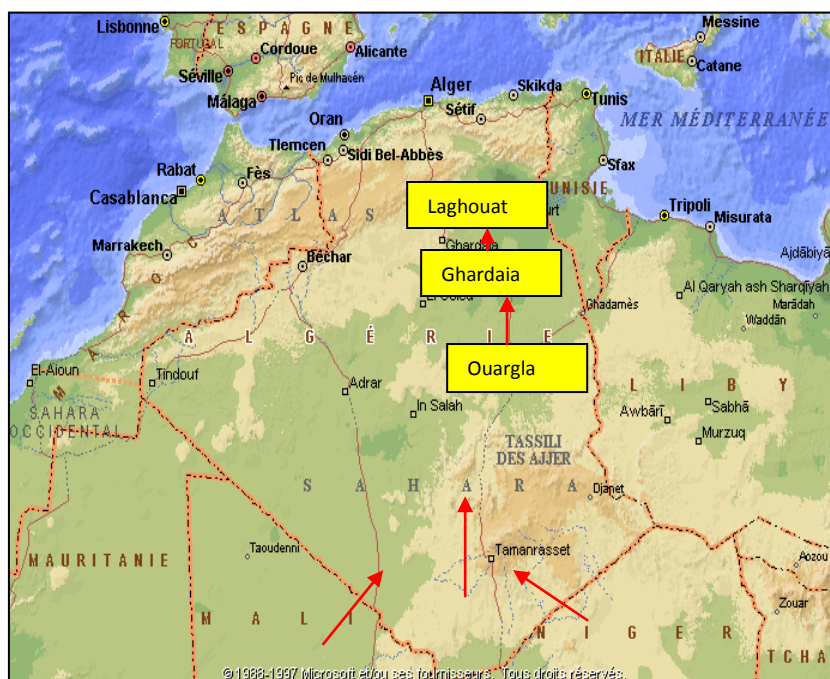


Figure 01 : Localisation des zones d'études (Source D-map.com)

2.1.2 Wilaya de Laghouat :

- **Situation géographique :**

De par sa position géographique et ses caractéristiques climatiques, la Wilaya de Laghouat fait partie du groupe des neuf Wilaya pastorales du pays ainsi que des Wilaya du Sud (Élévation : 769 m ; latitude : 33,80565 N ; longitude : 2,88219 E.) Sa superficie est de 400.00km². La wilaya fait partie des wilayas du sud de l'Algérie. Sur le plan administratif, la Wilaya est composée de 10 Daïras et 24 communes. La population totale de la wilaya est estimée à 520 188 habitants (2010), soit une densité de 20 habitants par Km². (ANDI ; 2013).

Matériel Et méthode

Elle est limitée par les wilayas suivantes :

Au Nord : Tiaret

Au Sud : Ghardaïa

A l'Est : Djelfa

A l'Ouest : El-Bayadh



Figure 02 : représentation de la wilaya de Laghouat (AND, 2013).

- **Données météorologiques :**

Laghouat bénéficie d'une faible pluviométrie qui fait d'elle une des régions les plus sèches d'Algérie, se situant dans l'étage bioclimatique Sub-saharienne et froid, le minimum absolu observé a lieu en janvier avec 6,1°C. et le maximum en juillet avec 35,4°C. La région, particulièrement sa partie lacustre, la pluviométrie reçoit une moyenne annuelle de 62,21 millimètres. La vitesse annuel moyenne du vent : 16,1m/s. (**Donnée climatique .2013**).

2.1.3 Wilaya de ghardaia :

- **Situation géographique :**

La vallée du M'zab, habitée par les Mozabites, (Elevation : 489 m ; latitude : 32,4833 N ; longitude : 3,68333 E.), a une population de 93423 habitants (estimation 2013) et est située au coeur d'un plateau rocheux, la Hammada, traversée par l'oued M'zab. La wilaya couvre une superficie de 86 560 km². Les escarpements rocheux et les oasis composent le paysage dans lequel sont localisées les villes du M'Zab : Berriane, Guerrara, Zelfana, Metlili et beaucoup plus au Sud, l'oasis d'El- Ménée. C'est une région très active où le secteur tertiaire est prépondérant avec le commerce, le tourisme et l'artisanat, mais aussi le développement de l'agriculture phoénicienne (culture du palmier dattier) et l'industrie agro-alimentaire. **D. Hammadi (1), S.C. Boubidi (2), S.E. Chaib (3), A. Saber (1), Y. Khechache (1), M. Gasmi (1) & Z. Harrat (2) .**

Matériel Et méthode

La Wilaya de Ghardaïa est limitée :

Au Nord par les Wilayas de Laghouat et de Djelfa.

A l'Est par la Wilaya d'Ouargla.

Au Sud par la wilaya de Tamanrasset, et

A l'Ouest par les wilaya d'El Bayadh et d'Adrar.



Figure 02 : représentation de la wilaya de Laghouat (AND, 2013).

- **Climat :**

Etés très chauds, Hivers doux **Température:** de 28,9° à 38,7° (max) en été ; 8,8° à 17,7° en hiver (donne climatique 2013). Les précipitations, très faibles et irrégulières, varient entre 13 et 68 mm sur une durée moyenne de quinze jours par an. L'alimentation en eau s'effectue par des forages de 350 à 500 m de profondeur pour atteindre l'eau de la nappe albiennaise. Certaines années, de manière exceptionnelle, comme au début du siècle dernier, en 1991 et en automne 1994, de violentes crues de l'Oued M'zab ont déferlé sur la vallée, causant de sérieux dégâts et des pertes humaines (**Hammadi ,et al 2009**).la vitesse annuel moyenne du vent 14,7Km/h.

2.1.4 Wilaya de Ouargla :

- **Situation géographique :**

La vallée de Ouargla, qui s'étend sur une superficie d'environ 288700 hectares, est orientée du sud-ouest au nord-est sur une longueur d'environ 55 km. (Élévation : 123 min , 315 max , moy 219 ; latitude : 31,9629 N ; longitude : 5,34193 E). Il s'agit d'une cuvette endoréique formée par le prolongement de l'exutoire naturel du grand bassin-versant du Sahara septentrional. Les trois grandes municipalités d'Ouargla, de Rouissat et d'Ain Beida forment une seule entité urbaine où vivent environ 200 000 habitants. Cette région, non loin de la zone pétrolifère de Hassi Messaoud, a connu un essor économique considérable pendant les trente dernières années. Elle est approvisionnée en eau à partir de la nappe phréatique et de la nappe albiennaise. Plusieurs centaines de puits ont été creusés. Leur Lla wilaya est située dans la partie sud du pays. Elle est limitée:

- Au Nord, par les wilayas de Djelfa, Biskra et El Oued
- Au Sud, par Illizi et Tamanrasset
- A l'Est, par la Tunisie

A l'Ouest, par Ghardaïa

entretien étant habituellement défectueux, la gestion de l'eau, particulièrement le drainage dans le secteur urbain et agricole, est problématique. La remontée des eaux de la nappe phréatique pose un sérieux problème écologique et sanitaire. Ce phénomène a engendré la multiplication des mares, constituant autant de gîtes de reproduction pour les moustiques, notamment pour les anophèles (**Hammadi (1), S.C. Boubidi (2), S.E. Chaib (3), A. Saber (1), Y. Khechache (1), M. Gasmi (1) & Z. Harrat (2)**).

- **Donnée météorologique :**

La wilaya de Ouargla est caractérisée par un climat saharien, avec une pluviométrie très réduite (21 mm , 22mm) des températures élevées 35°,43°à (max) en été une forte évaporation et par une faiblesse de la vie biologique de l'écosystème. Les températures moyennes mensuelles enregistrées au mois le plus chaud (juillet) sont de 48° C à Touggourt et de 50° C à Hassi Messaoud (**Donnée climatique**). Alors que celles du mois le plus froid (janvier) sont de 19 C à Touggourt et de 9,7° C à Ouargla.(**Andi ; 2013**).

2.2 Facteurs climatiques et édaphiques :

- Les effets des changements climatiques: se classent parmi les facteurs de risque dans le sens où ils déplacent l'aire de distribution des vecteurs tropicaux plus efficaces vers le nord et favorisent le peuplement ou le repeuplement des anciens foyers .
- Les projets de développement : mise en valeur des terres , création de barrages, voies de communication terrestres , contribuent à modifier les régions dans le sens d'une plus grande réceptivité.
- L'extension de la chimiorésistance: l'absence de standardisation du traitement antipaludique et de la disponibilité des médicaments antipaludiques .
- La circulation intense de réservoirs de parasites .
- La lenteur et la dilution de l'information . Le fléchissement de la vigilance+++
- Remontée des eaux
- Dégradation de l'environnement
- Présence d'anophèles vectrices (A.sergentiA.multiclore)
- Forte immigration de pays d'endémie palustre (MALI++,NIGER) Surtout non déclarés .

2.3 Stations d'études :

2.3.1 Choix des stations :

La présente étude a été réalisée au sein de cinq stations appartenant à trois régions bioclimatiques différentes, deux sites sont retenus dans chaque zone : un site péri-urbain (à la périphérie de la ville) et un site rural. Après examen de l'environnement des stations d'études, 10 gîtes sur douze potentiellement favorables au développement des larves d'*Anophèle* 5 stations ont été sélectionnés (Tableau 1). Quatre(04) gîtes pour la région d'Laghouat zone désertique, quatre(04) gîtes pour la région de Ghardaïa (région aride) et deux (02) gîtes pour la région d'Ouargla région saharienne.

2.3.2 Description des stations (voir annexes) :

Tableau01 : Récapitulatif des stations d'étude (coordonnées, 2013).

Régions		Stations d'étude	Coordonnées géographiques		Altitude (m)
			Latitude	Longitude	
Laghouat	01	Rural (R) : Lalmaya (Laghouat)	0033,504°	002 ,10191°	915
	02	Péri-Urbain (PU) : Oued mezzi (laghouat)	0033,8065°	002,88219°	769
Ghardaïa	03	Rural (R) : Ammi zekri (Ghardaia)	0032,4833°	003,68333°	489
	04	Péri-Urbain(PU) : Bahiman (Ghardaia)	0032,4833°	003,68333°	489
Ouargla	05	Rural(R) : Timesa (Ouargla)	0031,9629°	005,34193°	315

Station 01 (R) Lalmaya : C'est un site rural, de la ville de Laghouat situé près de la daïra de Tadjrouna, qui contient Oued Lalmaya et barrage Lalmaya qui présentant des petites mares dans ses cotés riche en végétation surtout les algues.

Station02 (PU) Oued mezzi : C'est un site péri-urbain, de la wilaya de laghouat. Contient deux gites présentant de l'eau claire. Caractérisée par des végétation basses dispersées par des sols sableuse.

Station 03 (R) Ammi zekri : c'est un site rural de la ville de ghardaia, un gite ouvert et exactement une marre temporaire d'eau claire à coté d'Oued M'zab.

Station 04 (PU) Bahiman : c'est un site péri-urbain à la périphérie de la ville de Ghardaia .c'est un gite ouvert, présentant une marre temporaire de l'eau claire à coté d'Oued M'zab.

Station 05 (R) Timesa: c'est une site rural de la commune de sedikhoulid .c'est c'est un gite ouvert présentant de l'eau claire à coté d'un palmier.

2.4 Présentation des modèles biologique (*Les Anophèles*) :

2.4.1 Position Systématique :

Les moustiques sont des Arthropodes, Insectes, Diptères (Figure 02). On recense plus de 3300 espèces décrites. Dans la **famille** des *Culicidae* : (trompe piqueuse-suceuse) ,**Sous-ordre** des Nématocères :*Nematocera*(antennes longues), **l'ordre** des Diptères :*Diptera*(1paired'ailes + haltères), la **Classe** des Insectes :*Insecta*(pièces buccales exposées, pattes à plus de 5 segments, thorax développé +ailes, yeux composés +ocelles), la **Super-classe** des Hexapodes : *Hexapoda*(3paires de pattes, trachées) ,**Embranchement** des Arthropodes :*Euarthropoda*(corps et pattes segmentés) ,Série des Métazoaires :*Invertebrata* (organismes pluricellulaires mobiles =animaux)(Brunhes et al., 1999). il existe actuellement 35 **genres** dont le genre *Anopheles*qui comprend environ 400 espèces classées en 6 **sous genres**. Parmi c.es espèces, seule une cinquantaine peut transmettre le paludisme, dont *An. gambiae*. Les principaux vecteurs du paludisme sont, pour l'Afrique : *An. gambiae*s.s.,*An. arabiensis*, *An. funestus*, *An. niliet An. Moucheti* (**Caroline, 2010**).

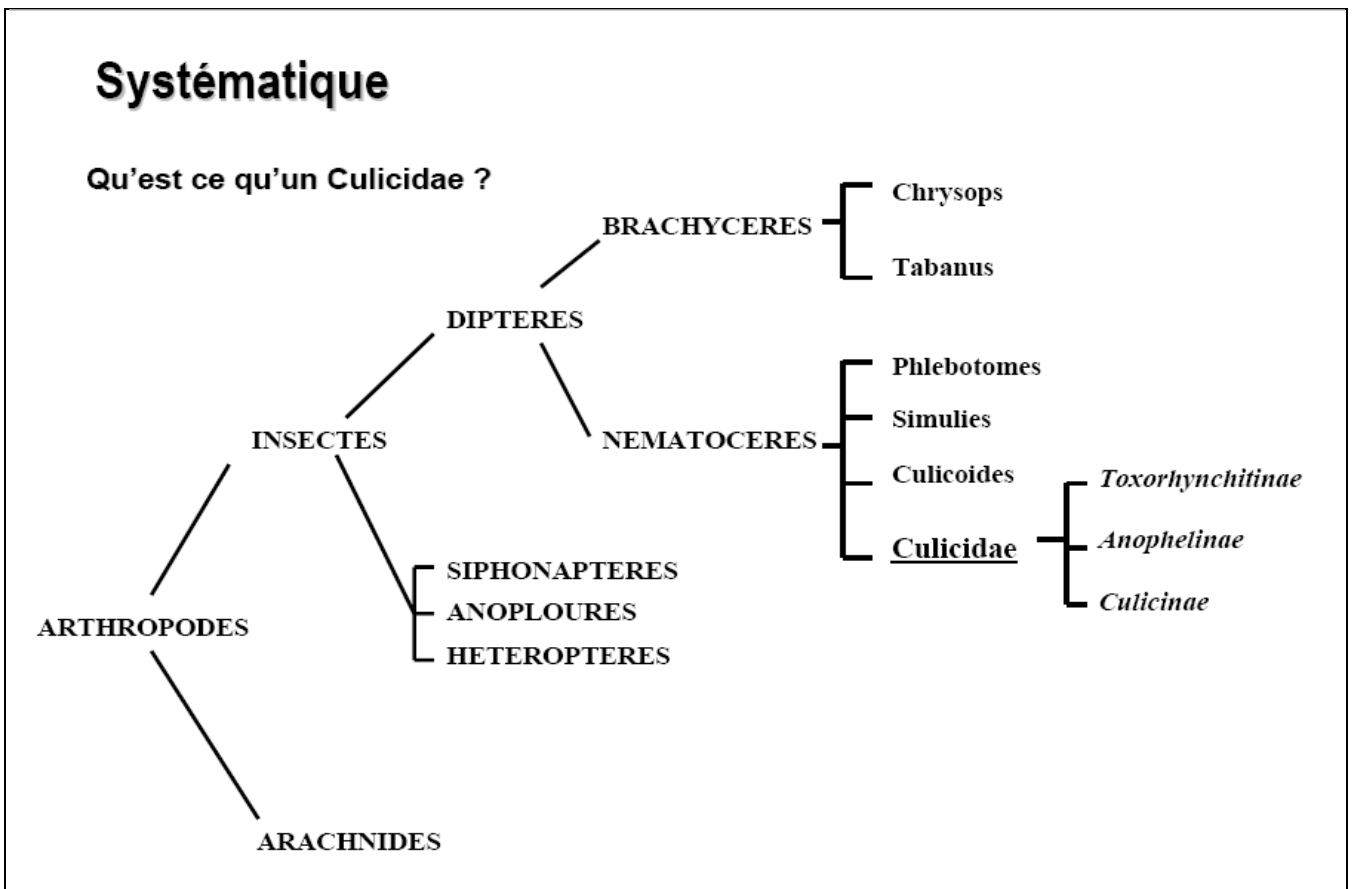


Figure 02 : Systématique des Culicidae (Carolin ;2010).

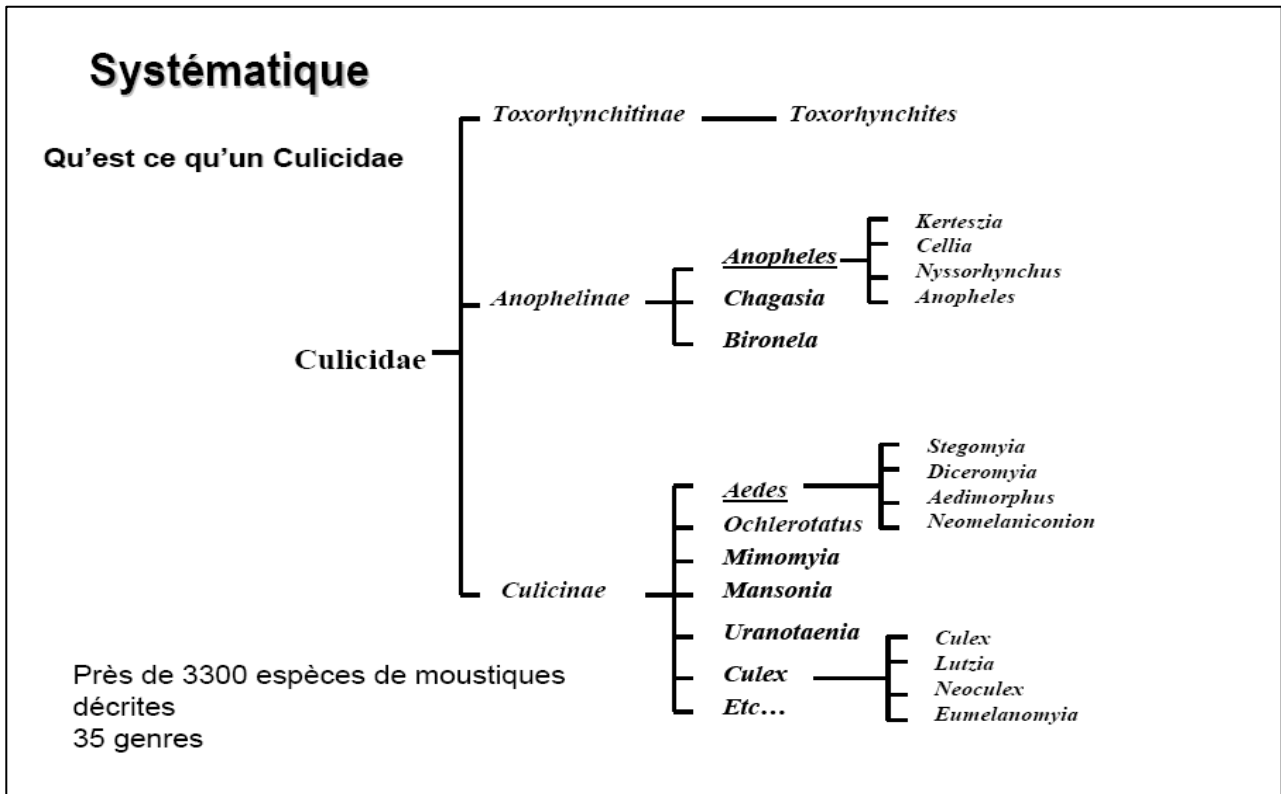


Figure 02 : Systématique des Culicidae (Carolin ;2010).

2.4.2 Morphologie :

Les moustiques sont des insectes à métamorphose complète (insectes holométaboles) de sorte que l'adulte, la larve et la nymphe ont des morphologies très différentes, adaptées à leurs modes de vie, aquatique pour les stades préimaginaux et aérien pour le stade adulte ou imaginal. La morphologie externe des larves et des adultes permet la différenciation rapide au niveau de la sous-famille (*Anophelinae* versus *Culicinae*) et des genres. Au niveau spécifique, la morphologie externe permet aussi de différencier les espèces entre elles. Cependant, dans le cas d'espèces jumelles, il faut souvent faire appel à des techniques complémentaires : croisements, cytogénétique, analyses isoenzymatiques, biologie moléculaire. (Pierre et al.,2009).

2.4.3 Eléments de biologie :

Seule la femelle du moustique a besoin de prendre un repas sanguin alors que le mâle se nourrit exclusivement de nectar de fleurs, jus sucrés et exsudats végétaux. La prise d'aliments sucrés n'est pas limitée aux mâles, puisque les femelles ont également besoin de sucre comme source d'énergie pour voler. Le repas sanguin n'est pas essentiel à la survie de la femelle, mais il est crucial pour la production des oeufs et la ponte. Après l'accouplement, la femelle anophèle cherche un hôte à piquer, de préférence la nuit. Les pièces buccales sont capables de pomper le sang par le canal alimentaire et,

Matériel Et méthode

en même temps, injecter de la salive (pouvant contenir les sporozoïtes infectants) par le canal salivaire (Figure 4).(Caroline , 2010).

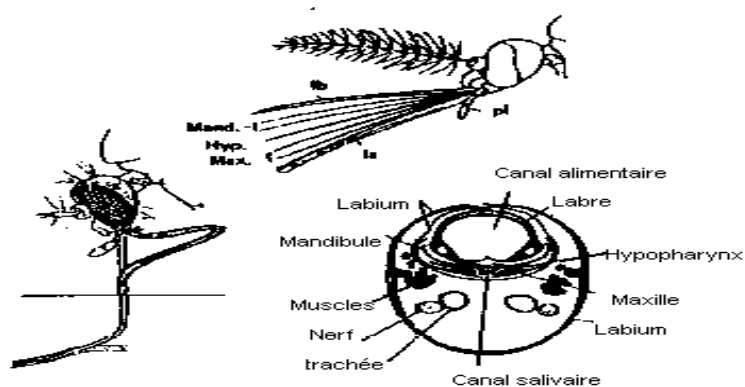


Figure 03 : pièces buccales d'un moustique où l'on voit la superposition du canal alimentaire et du canal salivaire. (Carolin ,2010).

Après le repas sanguin, les femelles digèrent le sang et partent à la recherche d'un lieu de ponte approprié. Cette séquence (repas sanguin, maturation des oeufs et ponte) est répétée plusieurs fois au cours de la vie du moustique et s'appelle le cycle trophogonique (ou cycle gonotrophique). La durée de ce cycle dépend de l'espèce, mais surtout de la température externe. Chez *An.gambiae*, par exemple, le cycle dure 48 heures lorsque la moyenne de température jour/nuit est de 23°C. Le nombre d'oeufs pondus après chaque cycle varie en fonction de l'espèce (environ 200 à 300). Les préférences des différentes espèces pour les sites de ponte sont extrêmement variables, le choix dépendant de la présence ou non de végétation aquatique, de l'ensoleillement, de la qualité de l'eau (douce ou saumâtre) etc. En général, les anophèles préfèrent une eau pure, non polluée.(Caroline, 2010).

2.4.3.1 L'adulte :

La copulation a lieu aussitôt après que le moustique adulte soit sorti de la pupa. La femelle ne copule généralement qu'une seule fois, parce qu'elle reçoit à cette occasion assez de sperme pour féconder tous les lots d'oeufs successifs. Normalement, elle ne prend son premier repas sanguin qu'après la copulation, mais parfois le premier repas sanguin peut être pris par une femelle encore vierge. Le premier lot d'oeufs se développe après un ou deux repas sanguins (suivant les espèces), tandis que les lots suivants ne demandent qu'un seul repas de sang. Les habitudes de nourriture et de repos des moustiques sont d'une grande importance dans les programmes de contrôle et pour cette raison, elles

Matériel Et méthode

doivent être bien comprises. La plupart des espèces d'anophèles piquent la nuit. Certaines piquent juste après le coucher du soleil, d'autres piquent plus tard, aux environs de minuit ou même aux petites heures matinales. Certaines espèces entrent dans les maisons pour piquer (**endophages**), d'autres préfèrent piquer à l'extérieur (**exophages**). Après que le moustique ait pris son repas de sang, il se repose pendant une courte période. Les moustiques qui sont entrés pour piquer se reposent habituellement sur un mur, sous le mobilier ou sur des vêtements pendus dans la maison. Ils sont dits **endophiles**. Ceux qui piquent à l'extérieur se reposent habituellement sur des plantes, dans des trous, sur des arbres, sur le sol ou d'autres endroits frais et sombres sont dits **exophiles**. (OMS.,2003).

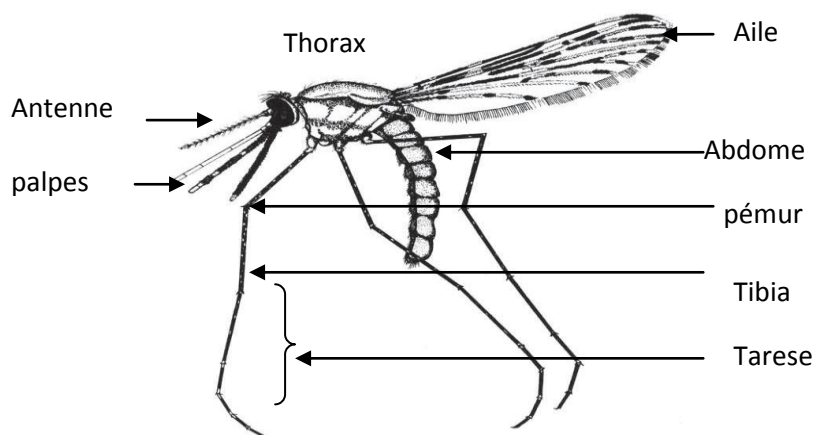


Figure 04: Adulte femelle d'Anophèles, d'après (HOLSTEIN, 1949).

L'adulte comporte trois parties bien distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen.

2.4.3.1.1 La tête :

La tête porte quatre éléments remarquables :

- 1) Deux gros yeux composés (avec de nombreuses ommatidies) (photo 11) mais pas d'yeux simples (« ocelles »).
- 2) Deux antennes (de 15 articles) avec un fort dimorphisme sexuel. Les mâles ont des antennes avec des soies longues et plumeuses (« antennes plumeuses ») (photo 12) comprenant les organes récepteurs de l'olfaction, pour la perception des phéromones, et de l'audition (pour la perception de certaines vibrations). (Pierre C et al.,2009).



Photo 01

Photo 02

Yeux composés d'Anopheles. Antenne d'Anopheles sundaicus male (gauche) et femelle (droite).

Les femelles ont des antennes avec des soies verticillees, courtes et moins fournies que celles des males (« antennes glabres »). Elles portent de nombreux chemorecepteurs olfactifs qui servent pour le reperege et la localisation de l'hote pour le repas de sang (fig. 11). (Pierre C et al.,2009).

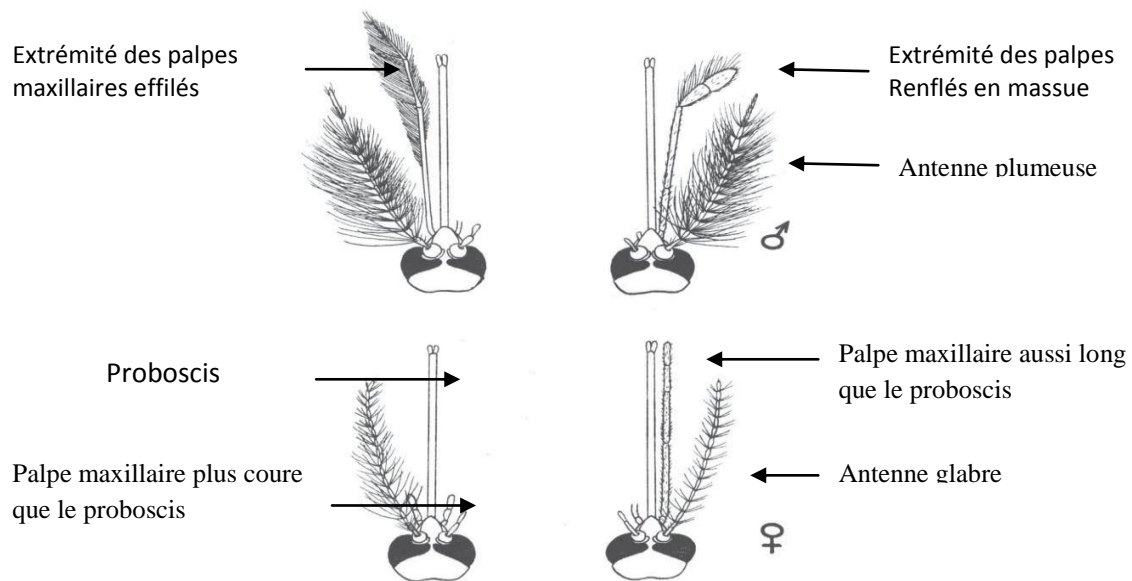


Figure 05 : Schéma de têtes de Culicinae (a gauche) et d'Anophelinae (a droite) male (haut) et femelle (bas), d'apres HOLSTEIN, 1949.

2.4.3.1.2 Le thorax :

Le thorax est composé de trois parties: le **prothorax**, le **més thorax** et le **métathorax** (fig. 2.7). Les soies sur ces parties du thorax sont appelées soies prothoraciques, mésothoraciques et métathoraciques. Les surfaces inférieure et supérieure portent des soies. Sur la face inférieure du thorax, il y a 3 groupes de soies de chaque côté, chaque groupe comptant 4 soies (groupe **pleural prothoracique**, groupe **pleural mésothoracique** et le groupe **pleural métathoracique**. Ces groupes sont importants pour l'identification des espèces.

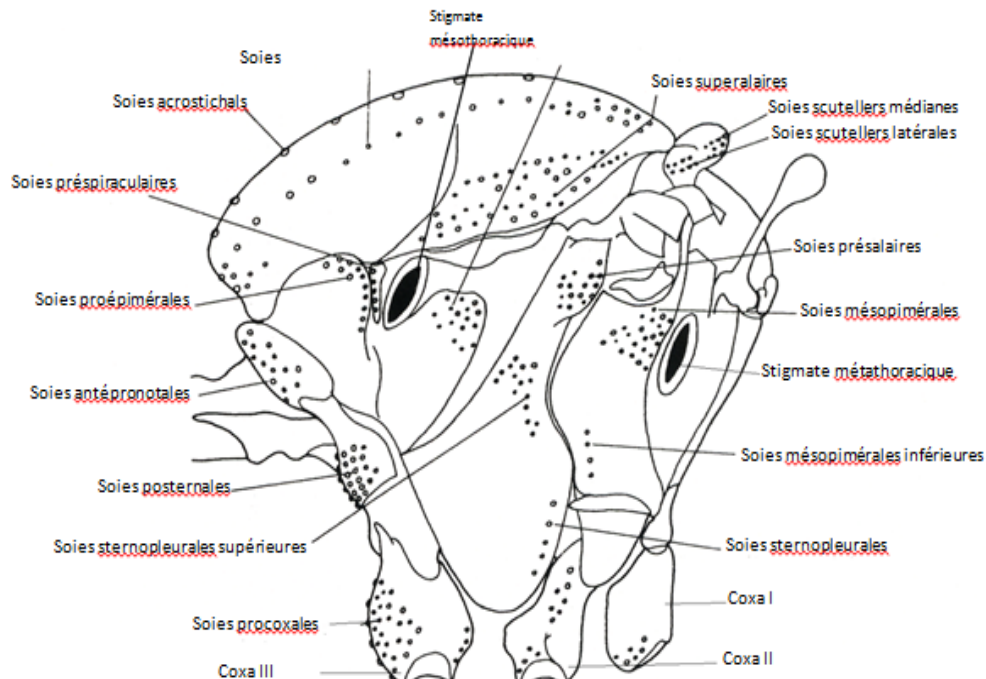


Figure 06: Morphologie schématique du thorax chez les Anohpèle, indiquant l'emplacement des principaux groupes de soies utilisés en taxonomie (Becker et al., 2003, dont la légende a été complétée).

2.4.3.1.3 L'abdomen :

L'abdomen comprend 10 segments dont au moins 7 sont bien visibles (fig. 10). L'abdomen porte également des écailles, en nombre variable, qui sont utilisées pour la détermination (avec, par exemple, la présence de « touffes latérales d'écailles saillantes » chez *An. pharoensis* et les espèces du sous-genre *Nyssorhynchus*). Les 7 premiers segments sont comparables et composés de 2 plaques chitineuses rigides : une dorsale (tergite) et une ventrale (sternite) maintenues par une membrane pleurale souple qui va permettre à l'abdomen de la femelle de se distendre lors de l'alimentation sanguine et de l'oogenèse. C'est dans l'abdomen que sont situés l'intestin moyen (= estomac) et les deux ovaires qui vont fortement grossir au cours du cycle gonotrophique. Les stigmates respiratoires s'ouvrent au niveau de cette membrane pleurale. Chez la femelle, le 8^e segment reste bien visible, le 9^e segment « genital », portant le vagin, est réduit à une petite plaque tergale à laquelle font suite les deux cerques dorsaux, sous lesquels s'ouvre le rectum porté par le 10^e segment « anal ». Rectum et vagin sont séparés par une plaque vaginale bien visible, le vagin est fermé par deux lèvres. Chez le mâle, la situation est plus compliquée. Peu après la naissance, l'extrémité abdominale subit une hémirrotation de 180° qui dure environ 24 h, les tergites des

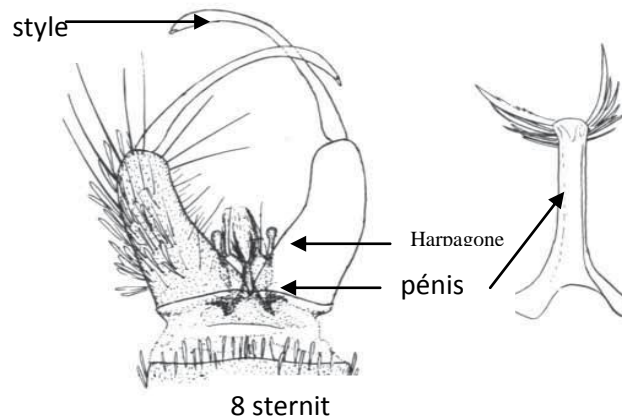


Figure 07 : Genitalia de l’Anophele male, d’après GILLIES et DE MEILLON, 1968

trois derniers segments passent alors en position ventrale et dans le même mouvement les sternites passent en position dorsale ; au niveau du 8e segment se croisent l’intestin qui devient dorsal et le spermiducte qui devient ventral. Le 9e segment (génital) est très modifié, avec le 10e, il constitue l’hypopigium (ou genitalia) dont la morphologie, très complexe et variable, permet de reconnaître les différentes espèces de *Culex*, d’*Eretmapodites*, d’*Aedes*, de *Coquillettidia* en particulier. Par contre, ce n’est pas un bon critère spécifique chez les *Anopheles*. A l’extrémité de l’abdomen, le male porte des claspers ou forcipules (composés chacun de 3 articles) (fig. 16), assimilables à des pinces qui lui permettent d’accrocher la femelle au moment de la copulation ; en position médiane se trouve le pénis ou phallosome, de forme et d’ornementation variables selon les espèces. (Pierre et al.,2009).

Encadre 01 :Le sexe se reconnaît aisément chez les anophèles adultes. (Pierre et al.,2009).

	Chez le male	Chez la femelle
Tête avec antennes	Plumeuses	Glabres
Extrémité de l’abdomen	Genitalia visibles	Cerques

2.4.3.2 Les œufs :

Un moustique femelle ne copule qu’une fois dans sa vie. Habituellement, après la copulation, elle a besoin d’un repas de sang pour faire mûrir le premier lot d’œufs. Un repas sanguin est généralement pris tous les deux jours, conduisant à la maturation du lot d’œufs suivant. Chaque lot comporte 100 à 150 œufs qui sont déposés sur la surface de l’eau lors de la ponte. Les sites d’oviposition sont très variables : petites quantités d’eau dans des empreintes de pas, des flaques d’eau de pluie ou collections plus grandes comme des rivières, canaux, marécages, lacs, rizières. Chaque espèce de moustique

Matériel Et méthode

préfère une variété bien déterminée de surface aquatique pour déposer ses œufs. Un moustique femelle continue à pondre pendant toute son existence. La plupart des femelles pondent 1 à 3 fois, mais certaines peuvent pondre jusqu'à 5 à 7 fois. Dans les meilleures conditions tropicales, la durée de vie des moustiques est de 3 à 4 semaines. (OMS,2003) . Les œufs, brun-noirs (Figure5), en forme de bateau (0,2 x 0,5 mm) flottent à la surface de l'eau et éclosent 2-3 jours après la ponte. (Caroline, 2010).

2.4.3.3 Larve :

Une larve sort de l'œuf après un ou deux jours et flotte parallèlement juste sous la surface de l'eau car elle a besoin de respirer de l'air. Elle se nourrit de particules présentes dans l'eau. Si on la dérange, elle plonge rapidement vers le fond mais elle reviendra sans tarder à la surface pour respirer. Il y a quatre stades larvaires ou **instars**. La larve qui sort de l'œuf est appelée le **premier instar**. Après un jour ou deux, elle mue, abandonnant son enveloppe et devient ainsi le **second instar**, suivi par le **troisième** et le **quatrième instar**, à des intervalles d'environ deux jours chacun. La larve reste au stade de quatrième instar pendant trois ou quatre jours ou plus, avant de se changer en puppe. Le temps total passé au stade larvaire est généralement de huit à dix jours à la température normale de l'eau en milieu tropical. Si la température est plus basse, les stades aquatiques prendront plus de temps pour se développer. (OMS.,2003).

Morphologiquement, la larve (fig. 4) se compose de trois parties : la tête, le thorax et l'abdomen.

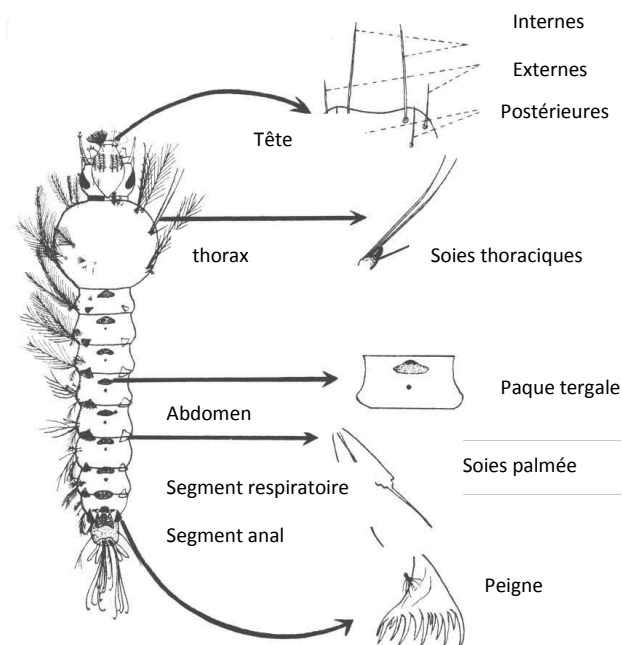


Figure 08 : Larve d'Anopheles, d'après M. HOLSTEIN, 1949 (Pierre.C et al., 2009).

2.4.3.3.1 La Tête :

La tête porte les 2 antennes, 2 gros yeux composés, une paire de brosses buccales qui servent à créer un courant d'eau apportant les particules alimentaires au niveau de la bouche qui est en position ventrale ; on estime qu'une larve de stade IV peut ainsi brasser et filtrer 0,5 à 2 litres d'eau par jour. Au repos, la larve d'anophèle se tient parallèlement sous la surface de l'eau, la face dorsale vers le haut. Lorsque la larve s'alimente, grâce à la capacité de torsion du cou, sa tête fait une hémirrotation (180°) et la bouche arrive au niveau de la surface, les brosses buccales brassent alors l'eau et filtrent les particules alimentaires (levures, bactéries, micro-planctons, micro-algues, grains de pollen, etc.) qui, si elles sont sélectionnées, sont alors broyées entre les mandibules et le labiohypopharynx puis ingérées dans la cavité buccale. Lorsque le repas est achevé, la tête se tourne de nouveau et reprend sa position initiale. Chez les anophèles, la larve s'alimente en surface (= *surface feeder*), tandis qu'elle s'alimente en profondeur chez les autres moustiques de la sous-famille Culicinae. La tête comporte de nombreuses soies qui sont utilisées pour la diagnose spécifique (identification des espèces), notamment les soies preclypeales internes et externes (fig. 10). A l'éclosion, la larve de stade I mesure 1 à 2 mm ; elle présente, sur la tête, une dent d'éclosion (photo 8) qui a servi à percer, et ouvrir, le chorion de l'œuf. Cette dent n'existe pas chez les stades ultérieurs. (*Pierre.C et al., 2009*).

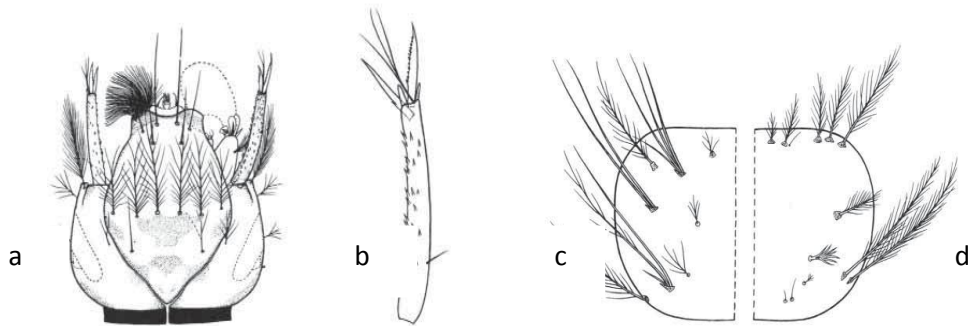


Figure 09 : Tête et thorax de larve d'*Anopheles* : a) vue dorsale de la tête ; b) antenne ; c) vue ventrale du thorax ; d) vue dorsale du thorax d'après GILLIES et DE MEILLON, 1968.

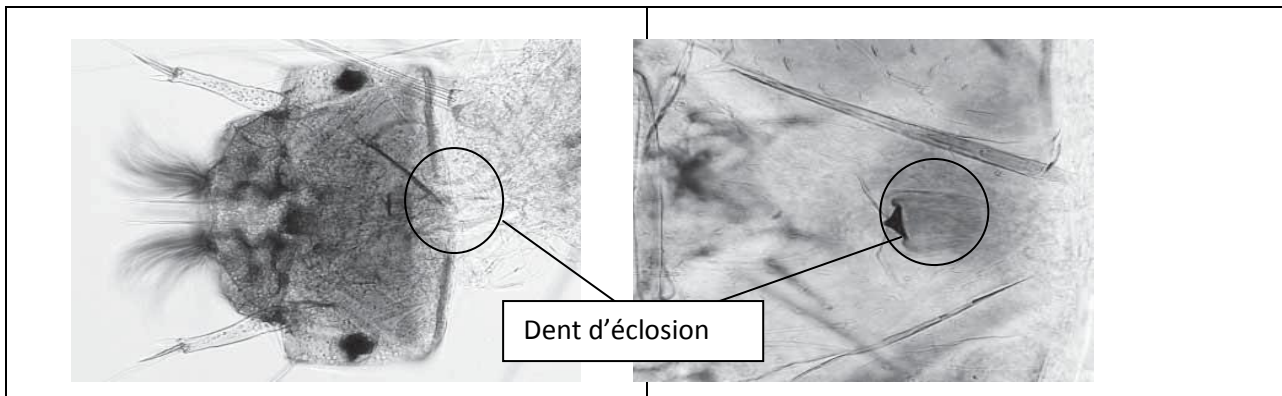


Photo 03 : Vue dorsale de la tête d'une larve d'*Anophelesgambiae*, stade I, avec agrandissement de la dent d'éclosion.

2.4.3.3.2 Le thorax :

La liaison entre la tête et le thorax se fait par l'intermédiaire d'une membrane, au niveau du cou, qui permet la rotation à 180° de la tête lors de l'alimentation. Le thorax n'apparaît pas segmenté, mais il se compose de 3 segments coalescents (pro- méso- et métathorax), chacun portant de nombreuses soies dont la forme et la taille diffèrent (fig. 5) selon leur implantation (les soies ventrales sont différentes des dorsales) et selon les espèces. Ces soies ont reçu une numérotation (chetotaxie) et sont utilisées pour la diagnose spécifique. Au niveau du prothorax se situent les 2 glandes salivaires qui présentent, chez les larves de stade IV-fin, des chromosomes polytènes dont l'examen cytomorphologique a été mis à profit pour la reconnaissance des espèces et des « formes chromosomiques » dans le cas des complexes d'espèces jumelles, notamment chez *An. Gambiae* (COLUZZI, 1966 ; COLUZZI & SABATINI, 1967) ou des formes Folonzo ou Kiribina chez *An. Funestus* ; (COSTANTINI *et al.*, 1999).

2.4.3.3.3 L'abdomen :

Il comprend 9 segments bien visibles, chacun portant différentes ornements, notamment la plaque tergale et les plaques accessoires, des soies, simples ou branchues ou palmées, etc. qui sont utilisées pour reconnaître les différentes espèces. Les soies palmées abdominales, présentes sur la face dorsale, jouent en quelque sorte un rôle d'ancres flottantes et elles participent au maintien de la larve horizontalement sous la surface de l'eau au repos. Les 7 premiers segments sont morphologiquement comparables (fig. 6) mais de grandes modifications apparaissent au niveau du 8e segment (= segment respiratoire) et du 9e segment (= segment anal) (fig10).

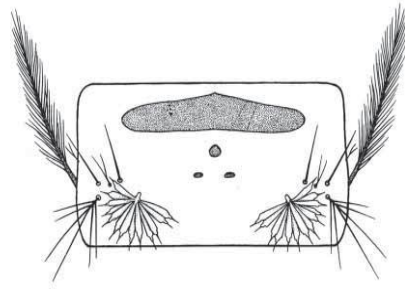


Figure 10 : Segment abdominal d'une larve d'*Anophèles*, d'après GILLIES et DE MEILLON, 1968

Le 8e segment porte :

- Latéralement, un peigne de chaque cote (peigne du 8e segment ou pecten pour les auteurs anglo-saxons), excroissance cubculaire portant des dents dont la forme est utilisée en systématique, et dont la larve se sert pour « peigner » ses brosses buccales ;
- Dorsalement, 2 stigmates respiratoires qui sont au niveau de la cuticule du segment lui-même, et dont les ouvertures sont fermées par des valves stigmatiques quand la larve plonge. La larve d'*Anophèles* ne possède pas de siphon, contrairement aux Culicinae.

Le 9e segment (= segment anal) n'est pas dans le prolongement du corps ; il porte une plaque sclerifiée, ou selle, plus ou moins importante selon les espèces, de nombreuses soies utilisées en systématique, dont l'une est modifiée pour constituer une « brosse ventrale » qui sert aux déplacements de la larve et 2 paires de papilles anales, qui entourent l'anus, et qui serviraient à l'équilibre osmotique de la larve. Les larves d'*Anophèles* sont facilement reconnaissables des larves d'*Aedes* et de *Culex* grâce à 2 caractères majeurs :

- au repos, la larve d'*Anophèle* se tient parallèle sous la surface de l'eau tandis qu'elle se tient verticale ou oblique chez les autres genres ;
- les stigmates respiratoires affleurent au niveau de la cuticule chez les *Anophèles* alors que chez les *Aedes* et *Culex* (et autres Culicinae), ils sont situés à l'extrémité d'un siphon respiratoire (fig. 8 a) plus ou moins long ou plus ou moins trapu selon les espèces et le biotope. Ce siphon porte des épines réunies sous la forme d'un « peigne du siphon » (ou « comb » des auteurs anglo-saxons) et des soies dont la forme et la position sont utilisées pour la diagnose spécifique. Chez les *Mansonia*, l'extrémité du siphon respiratoire, chez les larves

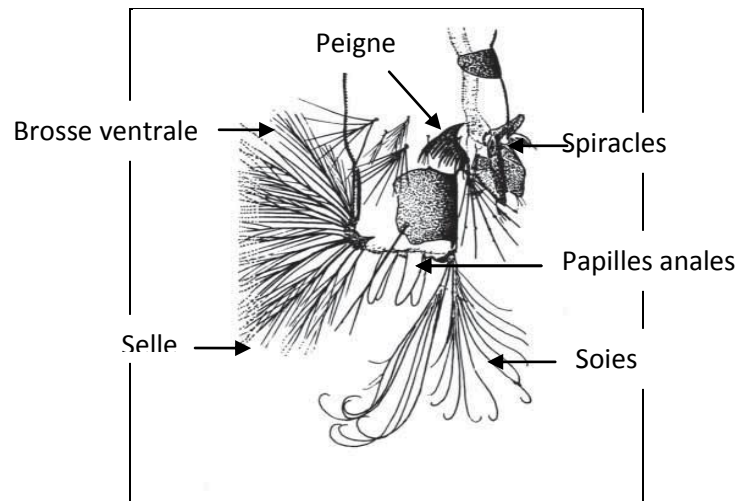


Figure 11 : Vue laterale du segment anal d'une larve d'*Anopheles*, d'après SERVICE, 1980

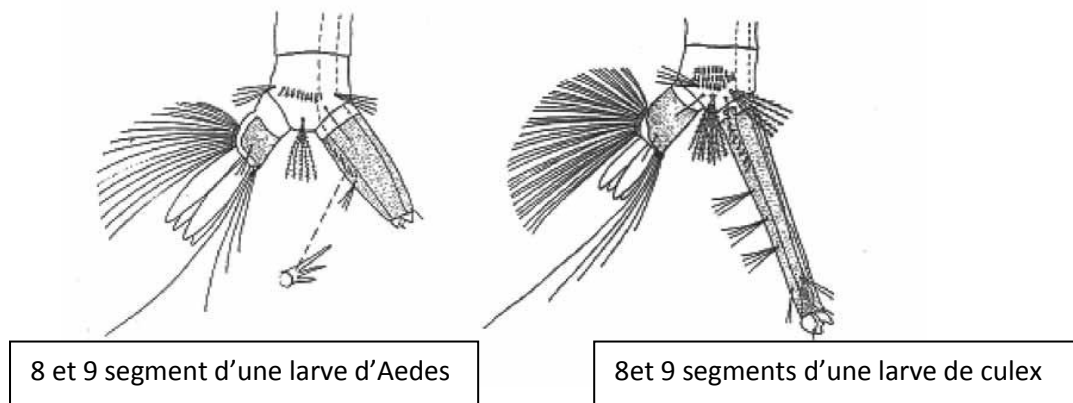


Figure 12 : a Derniers segments abdominaux et siphon respiratoire des *Aedes* et des *Culex*, d'après SERVICE, 1980

comme chez les nymphes, est transformée en appareil spécialisée qui leur permet de percer les plantes, de rester fixes a la végétation aquatique, sous la surface de l'eau, et de respirer a travers les canaux aérifères de ces plantes (fig. 8 b). Les larves d'anophèles vivent dans l'eau, s'alimentent, effectuent des mues, mais elles respirent l'air atmosphérique.

La duree de vie larvaire est d'une a deux semaines selon les espèces et les conditions écologiques (dont la température), mais elle est augmentée dans le cas d'hibernation qui peut s'effectuer a l'état larvaire en zones tempérées, chez *An. clavigeret* *An. Plumbeus* par exemple.

2.4.3.4 La nymphe (Pupe) :

La pupe (nymphe) est le stade pendant lequel une transformation majeure a lieu, le passage de la vie aquatique à la vie aérienne de l'adulte. La pupe a la forme d'une virgule. Elle reste sous la surface, ne se nourrit pas et plonge au fond de l'eau si elle est dérangée. Le stade nymphal dure 2 à 3 jours après

Matériel Et méthode

quoï la carapace de la puppe se fend, le moustique adulte émerge et se repose temporairement à la surface de l'eau jusqu'à ce qu'il soit capable de s'envoler.

2.4.4 L'anatomie interne des adultes :

L'anatomie interne des anophèles est typique de celle des insectes. Elle est composée de plusieurs appareils dont les plus immédiatement perceptibles à la dissection sont les appareils digestif et génital (fig. 17). (Pierre.C et al., 2009).

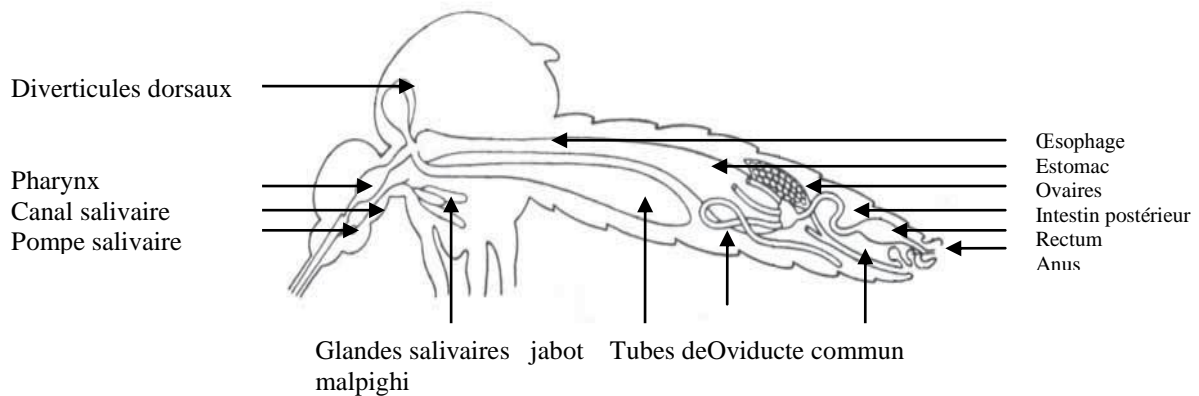


Figure 13 : Anatomie interne d'un moustique femelle, d'après BRUCE-CHWATT, 1985.

2.4.4.1 L'appareil digestif :

Il comprend :

- le cibarium au niveau de la cavité buccale, puis le pharynx qui lui fait suite ; les pompes cibariale et pharyngienne permettant l'absorption du sang ;
- l'intestin antérieur, ou œsophage, auxquels aboutissent les canaux du jabot et des deux diverticules dorsaux ;
- un volumineux estomac, ou intestin moyen (*midguten* anglais), où se fait la digestion du sang ;
- un intestin postérieur qui se termine à l'anus ; les « tubes de Malpighi » débouchent à la limite entre intestins moyen et postérieur. En position latéro-ventrale, au niveau du prothorax, sont situées les glandes salivaires (une paire de glandes trilobées) avec un lobe médian court et deux lobes latéraux (tous deux identiques) plus longs chez les Anophelinae, alors que les trois lobes sont de



Figure 14 : Glande salivaire trilobee d'*Anophelinae* (a gauche) et de *Culicinae* (a droite), d'après *RUSSELL et al., 1963*

même taille chez les *Culicinae* (fig. 18). Le lobe médian et les lobes latéraux diffèrent par leurs structures histologiques et par la composition des sécrétions qui forment la salive. Le canal salivaire est revêtu de cuticule sur toute sa longueur jusque dans la portion proximale des lobes latéraux, mais pas dans la portion distale de ces lobes ni dans le lobe médian (WRIGHT, 1969). Classiquement, la recherche de sporozoïtes de *Plasmodium* s'effectue en observant sous un microscope optique les glandes salivaires fraîchement disséquées et placées dans une goutte d'eau physiologique (photo 14). La salive est synthétisée par les glandes salivaires, puis est éjectée *via* le canal salivaire à l'extrémité distale de l'hypopharynx lors de la pique, dès l'insertion des stylets. La salive contient de nombreuses protéines (KERLIN & HUGUES, 1992 ; ARCA *et al.*, 2002 ; CALVO *et al.*, 2006 ; CORNELIE *et al.*, 2007) présentant différentes fonctions, certaines empêchent la coagulation et l'agrégation des plaquettes (YOSHIDA *et al.*, 2008), d'autres ont un rôle digestif (phosphatase, estérase, aminopeptidase, glycosidase) ou vasodilatateur (peroxidase) (JAMES & ROSSIGNOL, 1991 ; CHAMPAGNE & RIBEIRO, 1994 ; CHAMPAGNE *et al.*, 1995). La salive est impliquée dans les deux phénomènes liés à la pique du moustique : le repas sanguin et la transmission de pathogènes. Les protéines salivaires sont libérées dans le derme de l'hôte et participent activement aux relations homme/vecteur, notamment en inhibant la réaction hémostatique et la réaction immunitaire de l'hôte engendrées par la pique (RIBEIRO, 1995). Les propriétés pharmacologiques de la salive du moustique peuvent être classées en 3 mécanismes principaux de la réaction hémostatique de l'hôte. En effet, les protéines salivaires agissent comme des inhibiteurs de l'agrégation des plaquettes, des vasodilatateurs et des inhibiteurs de la coagulation sanguine. L'enzyme apyrase, qui hydrolyse l'ATP et l'ADP, représente l'inhibiteur majeur de l'agrégation plaquettaire et semble présente chez l'ensemble des arthropodes hématophages (JAMES & ROSSIGNOL, 1991). L'activité vasodilatatrice implique les protéines tachykinines et catechol oxydase/peroxidase alors qu'un inhibiteur de la

Matériel Et méthode

thrombine a été identifiée chez les *Anophèles* comme un inhibiteur de la coagulation (FRANCISCHETTI *et al.*, 1999). De par ces effets pharmacologiques, principalement décrits dans les années 1980-1990, l'identification de toutes les protéines dans la salive de moustique (nommée « sialome ») représente actuellement une voie intéressante de l'étude des relations homme-vecteur. Des bases de données de gènes exprimant des protéines susceptibles d'être secrétées au moment de la pique ont été mises à disposition pour les *Anophèles*, même si la fonction de nombreuses protéines reste putative ou inconnue (ARCA *et al.*, 1999a, 1999b, 2002 FRANCISCHETTI *et al.*, 2002). Grâce à cette caractérisation du sialome, les recherches à venir pourront déterminer la fonctionnalité de ces protéines salivaires afin :

- d'identifier leur rôle pharmacologique,
- d'évaluer leur effet respectif sur l'immunomodulation locale chez l'hôte mammifère,
- de déterminer leur rôle sur la transmission de *Plasmodium*.

2.4.4.2 L'appareil génital de la femelle :

Il est composé par deux ovaires, dont les oviductes externes se joignent pour former un oviducte impair ou commun (avec ses ampoules), un vagin, une spermatheque et une glande annexe (fig. 19). Chaque ovaire est composé d'un grand nombre d'ovarioles, variables selon les espèces, qui aboutissent radialement à un oviducte interne. L'évolution des ovarioles se fait en 5 stades, dits de CHRISTOPHERS (1911) (fig. 20) :

- stade I : le follicule est arrondi avec un oocyte bien visible en position distale et 7 cellules nourricières ;
- stade II : le follicule s'ovalise, le vitellus apparaît et occupe jusqu'à la moitié du follicule ; ce stade est souvent divisé en II début, II moyen (ou « stade de repos » en attente d'un repas de sang) et II fin ;

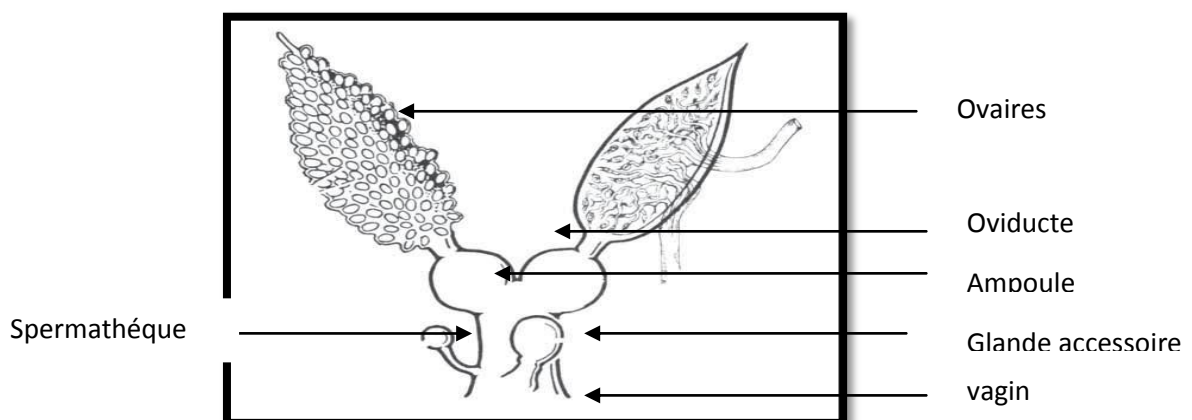


Figure 15 : Appareil génital d'un *Anophèles* femelle, d'après BRUCE-CHWATT, 1985

Matériel Et méthode

- stade III : le follicule est de forme ovale et le vitellus occupe entre la moitié et les 3/4 du follicule ; ce stade est aussi souvent divisé en III débute, III moyen et III fin (c'est à la fin de ce stade que les chromosomes polytènes des cellules nourricières sont bien visibles) ;
- stade IV : le vitellus occupe pratiquement tout le follicule (> 9/10) qui est de forme ovale ;
- stade V : présence des flotteurs, le chorion couvre tout l'œuf ; à la fin de ce stade, l'œuf est mature et prêt à être pondu.

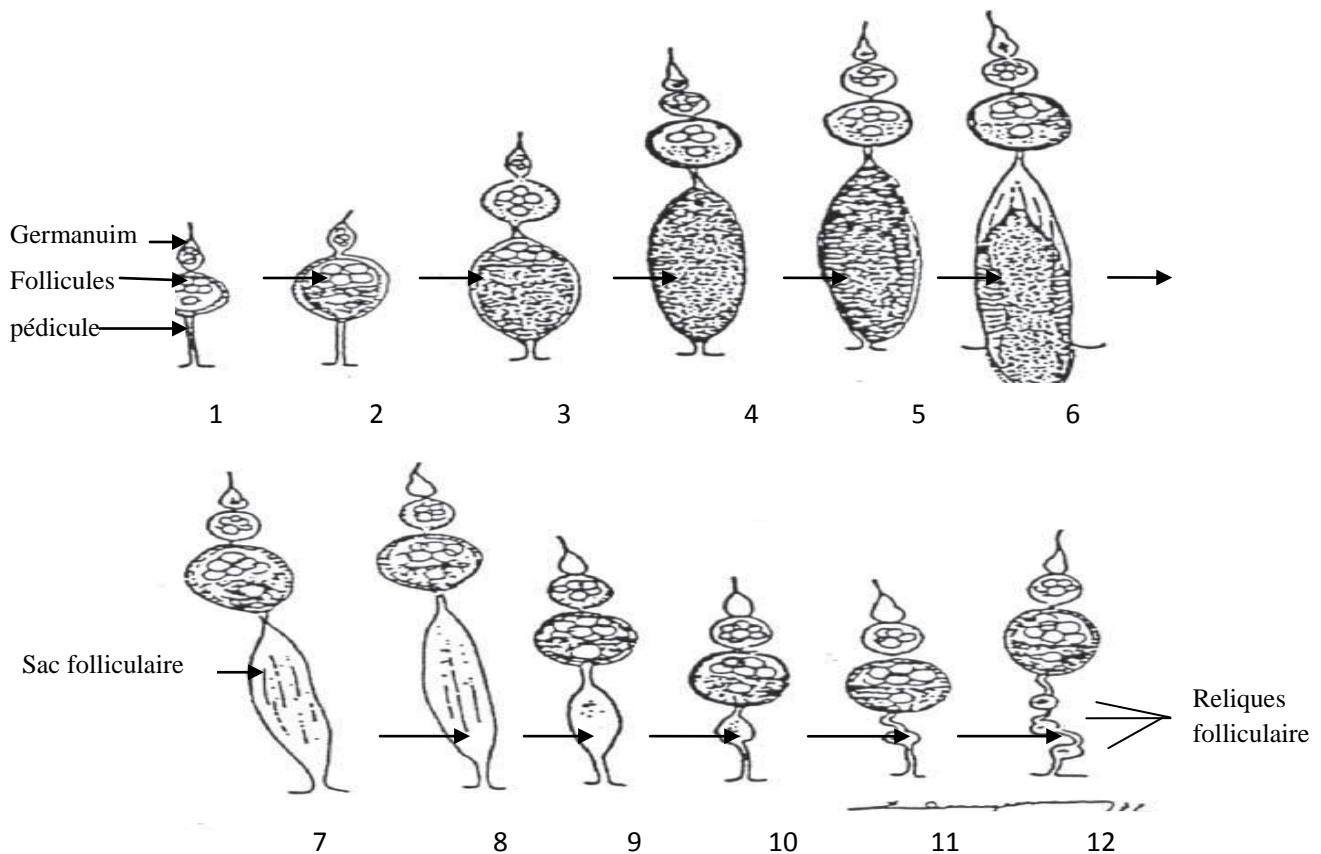


Figure 16 : Evolution, maturation des ovarioles d'Anophèles (Pierre C ;et al 2009).

(les stades de Christophers sont indiqués en chiffres romains), d'après DETINOVA, 1962 MER (1936) distingue un stade supplémentaire N avant le stade I, le follicule est rond et constitué de 8 cellules indifférenciées, les ovaires sont souvent à ce stade lors de l'émergence ; et un stade I-II où des globules de vitellus se forment autour du noyau pour constituer une sorte de couronne tandis que l'ovariole commence à s'ovaliser. La femelle est généralement fécondée par un seul mâle mais des fécondations multiples ont été démontrées par analyses génétiques des spermatozoïdes stockés dans la spermatheque (TRIPET *et al.*, 2003). La spermatheque permet à la femelle de stocker et de conserver les spermatozoïdes fonctionnels. Lors de la ponte, les spermatozoïdes sont acheminés depuis la spermatheque, via le canal spermathecal dont le débouché est proche du vagin (DETINOVA, 1962). L'œuf, avant d'être libéré est maintenu dans une position précise avec le

Matériel Et méthode

micropyle du chorion juste en regard du débouche du canal spermathecal. C'est ainsi qu'un spermatozoïde pénètre dans l'œuf pour le féconder. (*Pierre.C et al., 2009*).

2.4.6 Critères de reconnaissance morphologique des anophèles par rapport aux autres Culicinae :

Tableau 02 : représentatif de morphologie des anophèles par rapport aux autres culicinae .

	Anophelinae	Culicinae	
	Anophèles	Aedes	Culex
ŒUFS	Pondus isolement sur l'eau. Avec des <i>flotteurs</i> lateraux generaleme bien visibles.	Pondus isolement a cote de l'eau Pas de flotteurs visibles. Resistent a la dessiccation.	Pondus regroupes en barquettes(ou nacelles).
LARVE	<i>Au repo</i> sous la surface de l'eau. parallele Stigmates respiratoire <i>sans siphon</i> .	<i>Au repos</i> : oblique par rapport a la surface de l'eau. <i>Siphon respiratoire</i> long et trapu et presence d'un peigne.	
NYMPHE	<i>Trompettes respiratoires</i> courtes evasees.	<i>Trompettes respiratoires</i> longues et fermees.	
ADULTE	<i>Position au repos</i> generaleme oblique par rapport au support <i>Femelle</i> : Palpes maxillaires aussi longs que la trompe <i>Mâle</i> :Palpes maxillaires :extremitesrenflees	<i>Position au repos</i> : parallele au support. <i>Femelle</i> : Palpes maxillaires <la trompe. <i>Mâle</i> : Palpes maxillaires : extremiteseffilees	




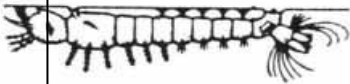
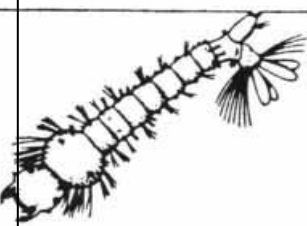
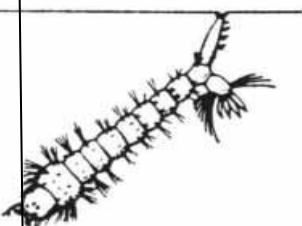
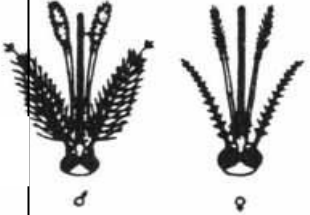
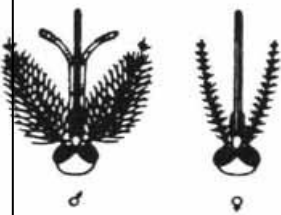
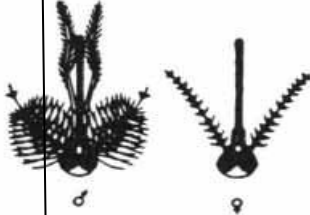
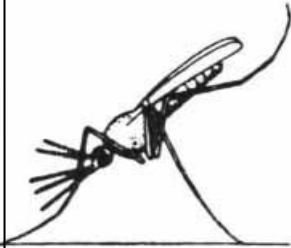


	Anophelinae		Culcinae	
	Anopheles	Aedes	Culex	
Oeufs				
Larve				
Nymphe				
Adulte				

Figure 17 : Principales caractéristiques morphologiques permettant de différencier les Anophelinae des Culicinae, d'après BRUCE-CHWATT, 1985.

2.4.7 Bio –écologie :

2.4.7.1 Cycle biologique :

Dans le cycle biologique des moustiques, il y a quatre stades: l'œuf, la larve, la puppe (nymphe) et l'adulte. Le temps pris par chaque stade pour se développer dépend de la température de l'eau et d'autres facteurs ; Plus la température est élevée, plus ce temps est court (**Caroline,2010**).

Les larves passent par quatre stades de développement, elles se nourrissent de nombreux micro-organismes animaux et végétaux. A la quatrième mue, les larves se transforment en nymphes dont la durée de vie est très courte (1 à 2 jours). A la fin de son évolution, la nymphe se positionne sous la surface de l'eau et l'insecte adulte émerge. Le moustique reste quelques instants à la surface de l'eau, le temps nécessaire au durcissement de sa cuticule et en particulier de ses ailes. Il reste proche de son gîte pendant environ 2 jours, et quelque soit son sexe, il se nourrit uniquement du suc des végétaux. L'accouplement a généralement lieu dans les 24 à 48 heures suivant l'éclosion imaginale (Figure 5).

Les femelles vivent environ 2 à 3 semaines. La durée de vie moyenne des moustiques a d'importantes conséquences quant à leur efficacité en tant que vecteur : seulement un faible pourcentage des femelles de chaque population vit suffisamment longtemps pour être capable de transmettre le paludisme (c'est-à-dire suffisamment longtemps pour permettre le temps développement complet du parasite chez le vecteur).(Caroline, 2010).

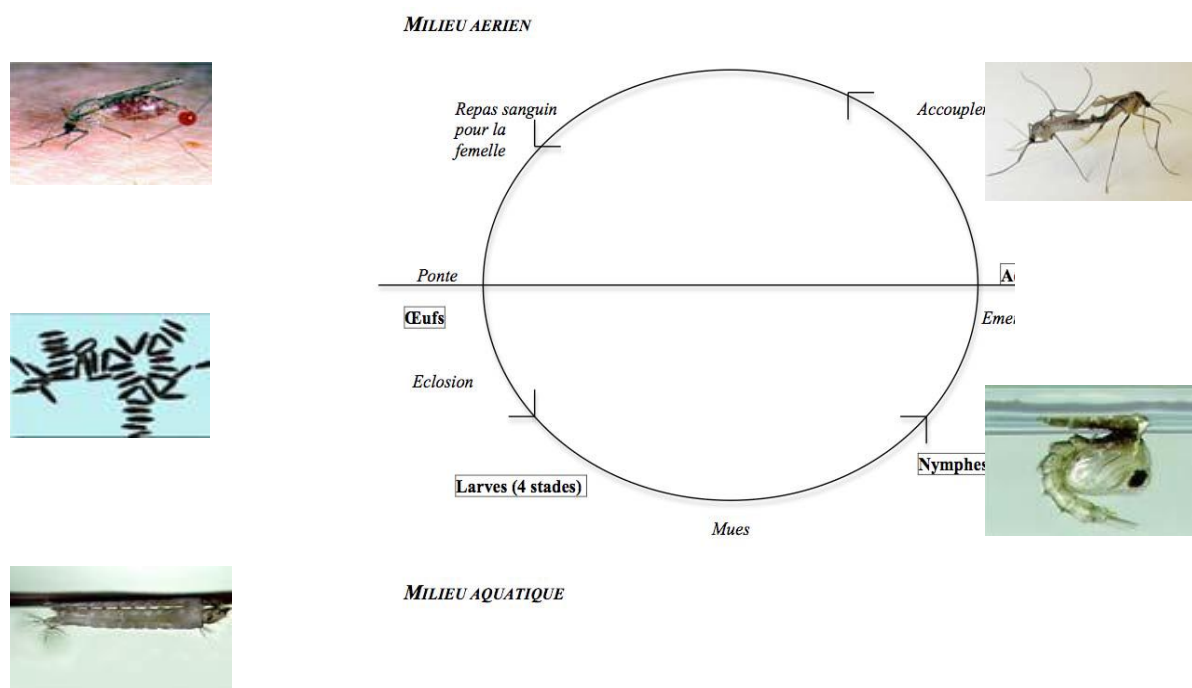


Figure 18 : Cycle biologique d'un anophèle. Le développement se fait dans le milieu aquatique (œuf-larve-nymphes) et dans le milieu aérien (adulte-accouplement-prise du repas sanguin pour les femelles –ponte.(Caroline F 2010).

2.4.7.2 Biologie larvaire :

Au niveau de la biologie larvaire trois éléments fondamentaux sont à retenir.

- La durée de vie larvaire est variable selon les espèces et les conditions de température. En zones tropicales, la phase aquatique des anophèles dure de 1 à 3 semaines. En zones tempérées, le stade larvaire peut durer plusieurs semaines, ou mois, car certaines espèces peuvent hiberner à l'état larvaire comme *An. claviger* (KASAP, 1986 ; SIMSEK, 2006). À l'opposé, il a été trouvé, en Égypte, des larves d'*An. pharoensis* dans des casiers rizicoles où la température était de 40 °C. Les températures estivales sur *An. Merus* produisent des larves de petite taille à l'origine d'adultes dont les ailes sont relativement courtes (LE SUEUR & SHARP, 1991).
- Les larves (et les nymphes) vivent dans l'eau mais ont une respiration aérienne, une particularité biologique utilisée dans la stratégie de lutte anti-larvaire qui vise à empêcher les larves et les nymphes d'atteindre la surface et de respirer, ce qui entraîne alors leur asphyxie.
- Les gîtes larvaires sont très variés ; des anophèles peuvent se développer dans :
 - les eaux douces (*An. gambiae*) ou saumâtres (*An. melas* et *An. merus*) en Afrique sub-saharienne, respectivement sur la façade occidentale et orientale, *An. Aquasalis* en Amérique du Sud ; *An.*

Matériel Et méthode

sundaicuss.l. en Asie du Sud-Est dans la péninsule indochinoise), voire sursalées (*An. azaniae* en Somalie) ;

- des sites ensoleillés (*An. gambiae*, *An. arabiensis* en Afrique tropicale, *An. Pseudopunctipennis* et *An. albimanus* en Amérique ; *An. sundaicuss.l.* en Asie du Sud-Est) ou dans les forêts ombragées (*An. diruss.l.* dans le Sud-Est asiatique, *An. Vestitipennis* en Amérique centrale)

- les eaux stagnantes (*An. gambiae*, *An. funestus*, *An. diruss.l.*, *An. vestitipennis*) ou dans les eaux courantes, petites rivières (*An. labranchiae*, *An. minimuss.l.*) ou grandes rivières (*An. moucheti*, *An. nili*, *An. darlingi*) ;

- les flaques d'eaux temporaires ensoleillées (gîte typique d'*An. gambiae*) ou flaques résiduelles dans le lit des rivières (gîte typique d'*An. pseudopunctipennis*) ou relativement permanentes comme les rizières (*An. gambiae*, *An. arabiensis*, *An. coustani*, *An. pharoensis*) ou marécages (*An. albimanus*) ;

- des gîtes sans végétation dressée (*An. gambiae*) ou avec végétation dressée (*An. funestus*, *An. pharoensis*, *An. albimanus*, *An. sundaicuss.l.*) ou avec présence d'algues filamenteuses vertes (*An. pseudopunctipennis*) ou cyanophytes (*An. albimanus*) ;

- des gîtes naturels comme les marais et les marécages, les trous d'arbres (*An. plumbeus*), les trous de rochers, les vasques des feuilles engainantes des broméliacées (anophèles du sous-genre *Kerteszia*), ou des gîtes anthropiques comme les citernes (*An. Gambiae* en Grande Comore, *An. arabiensis* en Somalie, *An. stephensii* en Inde ou *An. Minimus* à Hanoï, *An. dirus* s.l. au Myanmar), les puits et céanes (*An. arabiensis* à Djibouti et à Dakar), les traces de pneus sur le sol, les empreintes de pas humains ou de sabots, les trous d'emprunt de terre pour la fabrication des briques, etc. Certaines espèces ont des contraintes écologiques strictes. Les larves d'*An. Bwambae* (du complexe *An. gambiae*) sont inféodées aux eaux natronnées de la forêt de Semliki en Ouganda (WHITE, 1985). Au contraire, d'autres ont une grande amplitude écologique : les larves d'*An. melas* et *An. merus* (également du complexe *An. gambiae*), d'*An. sundaicus* s.l. et d'*An. pseudopunctipennis* peuvent vivre aussi bien en eau douce qu'en eau saumâtre. Les larves d'*An. pseudopunctipennis* se développent dans des gîtes salés alimentés par l'océan jusqu'à des gîtes d'eau douce à une altitude de 3 200 m dans la cordillère des Andes (MANGUIN et al., 1996b). *An. gambiae* s.s. est observé des forêts dégradées du Congo aux zones de savanes présahariennes (COETZEE et al., 2000) ainsi qu'en zone urbaine comme en zone rurale (COLUZZI, 1994), dans des gîtes naturels (flaques) ou anthropiques (céanes).

De façon générale, les larves d'anophèles se développent dans des eaux relativement propres contrairement aux larves de *Culex quinquefasciatus* qui peuvent se développer dans des eaux souillées de matières organiques et se retrouvent alors abondamment dans les zones urbaines où l'hygiène n'est pas assurée. Cependant, des larves d'*An. Gambiae* ont pu être récoltées dans des drains pollués en zones urbaines (Abidjan, Dakar, Brazzaville, Yaoundé, etc.), mais cela reste peu fréquent.

Matériel Et méthode

La connaissance des gîtes larvaires permet :

– d’associer certaines espèces d’anophèles à certaines formations végétales, par exemple *An. moucheti*, entre autres, se développe parmi les plantes flottantes du genre *Pistia*, ce qui permet de dresser des cartes écologiques identifiant les gîtes, actuels ou potentiels, afin de prendre des mesures préventives ;

– de comprendre l’influence des conditions environnementales sur la transmission (intensité et dynamique) du paludisme. De façon générale, les aménagements agricoles, comme la riziculture ou la pisciculture, peuvent entraîner une forte augmentation de la densité anophélienne s’accompagnant (ou non) d’une accentuation de la transmission du paludisme selon les conditions entomologiques et épidémiologiques initiales de la zone concernée : paludisme stable ou instable (MOUCHET, 1998 ; CARNEVALE *et al.*, 1999). En zones de paludisme instable, des poussées épidémiques de paludisme, liées à la riziculture, ont été notées sur les hautes terres centrales de Madagascar (LAVENTURE *et al.*, 1966 ; MOUCHET, 1998) et dans la plaine de la Rusizi au Burundi (COOSEMANS *et al.*, 1984) ; de grandes mesures de lutte antivectorielle ont dû être prises (LANTOARILALA *et al.*, 1998), associées à la prise en charge des cas, pour stopper les épidémies. Au Sud-Vietnam, les densités d’*An. epiroticus* (espèce du complexe Sundaicus) ont fortement augmenté avec l’explosion des élevages de crevettes dans le delta du Mékong ; toutefois, cette pullulation reste une nuisance et ne s’est pas traduite jusque-là par une augmentation de la transmission palustre (TRUNG *et al.*, 2005 ; DUSFOUR *et al.*, 2004). La surveillance de ce vecteur doit cependant être renforcée pour éviter toute flambée épidémique. En zones de paludisme stable, la riziculture accroît les surfaces des gîtes favorables aux anophèles et, par la même, les densités de piqûres sans que cela se traduise automatiquement par une augmentation particulière de la transmission et de la morbidité palustre comme cela a été observé dans la vallée du Kou au Burkina Faso (ROBERT *et al.*, 1989). Cependant, le rythme de la transmission peut être influencé par les phases de la riziculture, en plus des variations saisonnières classiques. Par exemple, en zones de savane septentrionale de Côte d’Ivoire, dans les villages proches de bas-fonds aménagés pour une riziculture irriguée (autorisant 2 récoltes par an), il a été noté des poussées de transmission et du taux d’incidence des accès palustres en saison sèche lors de la récolte de la deuxième culture (HENRY *et al.*, 2003). Ainsi, avant toute opération de modifications de l’environnement, à visée agricole ou sanitaire, l’écologie larvaire des espèces locales, ou des espèces qui pourraient s’y implanter, doit être bien connue (HERREL *et al.*, 2001). Les risques ainsi créés ou augmentés doivent être évalués et éventuellement être accompagnés de la mise en œuvre des mesures adaptées de lutte préventive (COOSEMANS & MOUCHET, 1990 ; MOUCHET & BRENGUES, 1990 ; MOUCHET *et al.*, 1993 ; MOUCHET, 1999 ; IJUMBA *et al.*, 2002a, 2002b).

2.4.7.3 La biologie de l’adulte :

Matériel Et méthode

Est caractérisée par deux comportements principaux : l'alimentation et la reproduction qui, chez la femelle, s'accompagnent de la dispersion à la recherche successive de l'hôte vertèbre, du site de repos et du gîte de ponte. L'ensemble de ces comportements s'inscrit dans le «cycle gonotrophique» qui ne concerne évidemment que la femelle puisque le male se nourrit exclusivement de jus sucrés et n'est pas hématophage. (*Pierre.C et al., 2009*).

2.4.7.4 Emergence et accouplement :

Les premiers jours de la vie imaginale permettent le durcissement de la cuticule, la prise d'alimentation sucrée et la maturation des organes sexuels. Un délai de 24 heures est nécessaire à la femelle pour que ses pièces buccales durcissent assez pour pouvoir percer l'épiderme des hôte-vertèbres et prendre un repas de sang. L'alimentation sucrée concerne les males et les femelles. Elle procure les substances énergétiques (hydrates de carbone) nécessaires pour le vol. Chez les femelles, elle peut aussi stimuler le début de développement des ovarioles, du stade N ou I au stade II moyen. L'alimentation sucrée est prise par la femelle tout au long de sa vie et à n'importe quel moment de son cycle biologique selon ses besoins. L'accouplement se fait peu après l'éclosion imaginale chez la femelle (2^e ou 3^e jour), avant ou après le premier repas de sang. Les males sont fertiles après le 3^e jour de vie imaginale, ce délai est nécessaire pour le bon fonctionnement des organes reproducteurs après l'hémirrotation de 180° de l'appareil génital et de l'extrémité abdominale. L'accouplement peut être précédé d'un essaimage des males observable à quelques mètres du sol et qui attire l'attention des chercheurs depuis longtemps (ANNETT *et al.*, 1902 ; CAMBOURNAC & HILL, 1940 ; RUSSELL & RAO, 1942 ; MUIRHEAD-THOMSON, 1951 ; NIELSEN & HAEGER, 1960 ; CHARLWOOD *et al.*, 2002 ; DIABATE *et al.*, 2006). Cet essaimage se forme généralement au crépuscule, mais aussi parfois à l'aube, à des heures très répétitives, et à des localisations parfois très constantes du jour au lendemain, voire d'une année à l'autre. Les essaims peuvent varier de quelques dizaines à plusieurs milliers de males. Il semble que les stimuli qui attirent la femelle dans un essaim seraient d'ordre optique, olfactif (phéromones) et auditif tandis que le male serait attiré par la fréquence des vibrations des ailes de la femelle. Les males des différentes espèces auraient des fréquences de battement des ailes caractéristiques et ces essaims réagiraient à plusieurs sons (NACHTIGALL, 1974). En Inde, il a été observé des essaims regroupant deux espèces, *An. sudaicuset An. subpictus*, les modalités de reconnaissance spécifique par les femelles entrant dans de tels essaims n'ont pas été déterminées. La copulation peut se dérouler entièrement en vol ou bien commencer en vol et se poursuivre lorsque le couple (la femelle accrochée par les clasps du male) est au sol. Cette copulation est de courte durée (quelques secondes) et le male rejoint ensuite l'essaim dans l'attente d'autres partenaires. La plupart du temps une seule insémination est réalisée au cours de la vie

de chaque femelle. Dans le cas de plusieurs copulations, il était admis que seule la première serait efficace en termes de transfert de spermatozoïdes dans la spermatheque. Mais récemment TRIPET *et al.* (2003) ont montré l'existence de multiples inséminations par l'analyse ADN des spermatozoïdes de la spermatheque de femelles sauvages d'*An. gambiae*; cette polyandrie a été observée chez 2,5 % des spermatheques (sur 239 étudiées). Peu après la copulation, les voies génitales des femelles contiennent un bouchon de fécondation (« spermatophore ») qui proviendrait à la fois de la sécrétion des glandes accessoires du mâle et des glandes génitales de la femelle. Ce bouchon de fécondation se dissout en quelques heures si bien que sa présence signe une copulation récente (GILLIES, 1956, 1958). La copulation peut avoir lieu avant ou après le premier repas de sang (BRENGUES & COZ, 1973) (fig. 22). Elle ne doit pas être confondue avec la fécondation des ovarioles par les spermatozoïdes stockés dans la spermatheque et qui a lieu lors de la ponte.

2.4.7.5 Age physiologique et longévité :

Dans la nature, l'évaluation de la durée de vie des adultes est complexe car de nombreux paramètres interviennent, notamment l'espèce et les conditions écologiques et climatiques générales et locales telles que le degré d'humidité ou la température, l'influence des prédateurs, etc.

Dans des conditions d'élevage précises, *An. annularis* survit 17 jours alors qu'*An. Subpictus* ne survit qu'une semaine (MAYNE, 1930). Dans la nature, on considère que la longévité moyenne est de 3 à 4 semaines pour les principaux vecteurs de *Plasmodium* en Afrique sub-saharienne (GILLIES, 1961 ; GILLIES & WILKES, 1965), mais elle est très variable selon les espèces. En Europe septentrionale, avec le phénomène d'hibernation, *An. atroparvus* pourrait survivre de 6 semaines à 6 mois selon les conditions extérieures. (RUSSELL *et al.*, 1944).

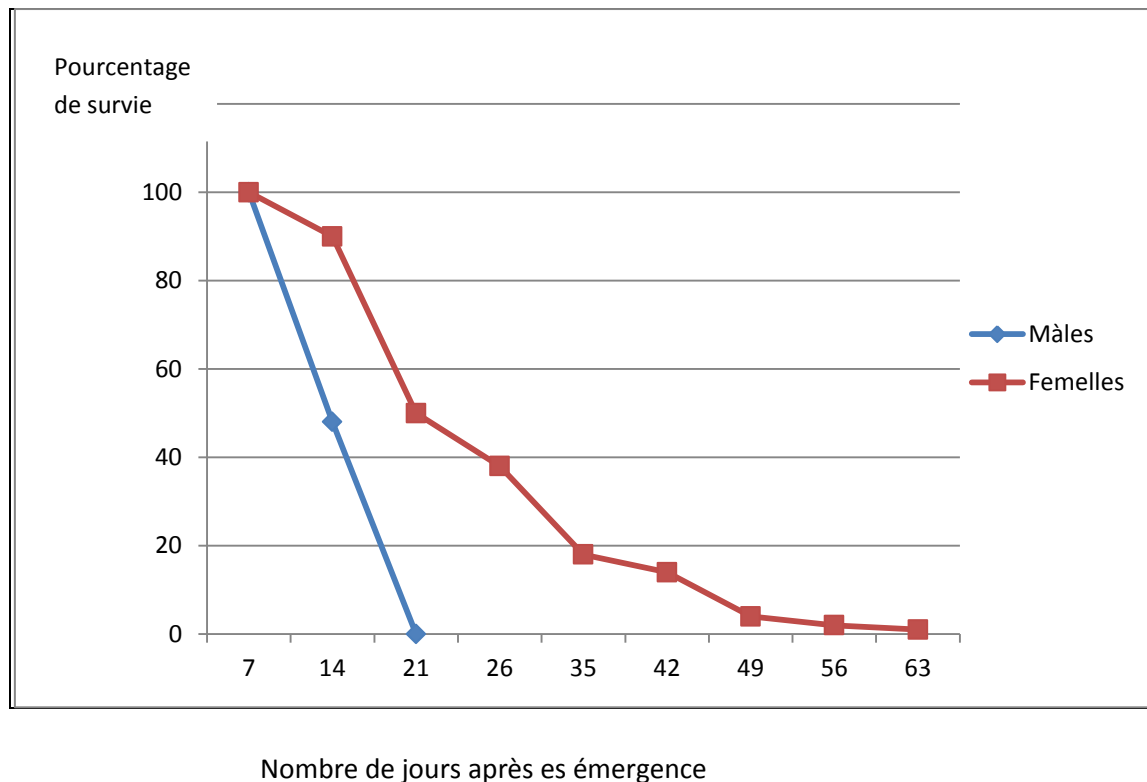


Figure 19 : :Longévité des males et femelles d'*Anophèles quadrimaculatus* au laboratoire, d'après Keener, 1945, in BOYD, 1949.

La durée de vie des males est nettement inférieure à celle des femelles (fig. 25) et se limite à quelques jours. L'estimation de la longévité des femelles est la base du calcul du risque de propagation du paludisme (MACDONALD, 1957). En effet, seules les femelles ayant une espérance de vie élevée peuvent transmettre les plasmodies puisqu'il faut au moins 10-12 jours pour que s'accomplisse le développement sporogonique complet de *P. falciparum* dans les conditions climatiques habituelles en Afrique (8 jours pour *P. vivax*). De nombreuses techniques ont été développées pour déterminer l'âge physiologique des femelles d'anophèles (HAMON *et al.*, 1961a, 1961b ; DETINOVA, 1962) et suivre ainsi l'évolution, naturelle ou induite, de la structure en âge des populations (femelles jeunes/femelles âgées). Parmi les techniques envisagées, on peut citer l'examen :

- des écailles des ailes (PERRY, 1912) ;
 - des modifications de la taille des ampoules des oviductes (MER, 1932 ; POLOVODOVA, 1941) ;
 - d'hydracariens ectoparasites, davantage présents sur le corps des femelles néonatales (GILLET, 1957) ;
 - de la présence d'un bouchon de copulation chez les jeunes femelles (GILLIES, 1956) ;
 - de l'accroissement du nombre de stries sur les apodemes intrathoraciques (SCHLEIN & GRATZ, 1973).
- Les méthodes de détermination de l'âge physiologique des femelles d'anophèles relèvent surtout des travaux des écoles russes (KOJEVNIKOV, 1903 ; DETINOVA, 1962) en se basant sur l'évolution de l'appareil génital femelle. Actuellement, on retient deux méthodes : – Celle de

Matériel Et méthode

POLOVODOVA (1949) qui consiste à dénombrer les dilatations sur le pédicule (ou « reliques folliculaires », fig. 20), ce qui implique des dissections fines des ovaires et leur observation minutieuse ; chaque dilatation signe le passage d'un oeuf mur donc un cycle gonotrophique complet. En connaissant la durée du cycle gonotrophique, il est alors possible d'estimer l'âge chronologique des spécimens et la structure d'âge de la population considérée. La méthode est précise mais longue et ne paraît pas s'appliquer à toutes les espèces ; elle convient bien à *An. maculipennis*, mais les ovaires d'*An. gambiae* semblent mal se prêter à ce type d'examen, quoique des études complètes aient été menées à bien, notamment en Tanzanie (GILLIES & WILKES, 1965).

– Celle de DETINOVA (1962) consiste à examiner l'état de déroulement des extrémités des tracheoles sur les ovaires (fig. 26). Chez la femelle neonate, l'ovaire est petit (1 mm) et il grossit au cours de la maturation suivant la digestion du sang pour atteindre 3 à 4 mm lorsque les ovarioles sont au stade V, puis il diminue de taille (après la ponte) tout en restant de taille supérieure à celle enregistrée initialement. Les ovaires ont un métabolisme intense et ont besoin de beaucoup d'oxygène de l'air qui leur parvient *via* un système tracheen très développé. Chez les femelles nullipares, les extrémités des fines trachées et trachéales se présentent enroulées sous forme de « pelotes » de 17 à 31 µm de longueur pour une largeur de 7 à 20 µm. Ces pelotes se déroulent pendant la croissance de l'ovaire et au terme de la première oogenèse, elles sont entièrement déroulées. Il s'agit là d'un processus irréversible de sorte que la présence de tracheoles déroulées traduit une femelle *pare*, sans que l'on puisse connaître le nombre de pontes que cette femelle a effectuées, elle peut être « paucipare » ou « multipare ». L'avantage de la méthode de Detinova est sa rapidité. Les ovaires des femelles sont facilement extraits de l'abdomen (fig. 27) pour être placés dans une goutte d'eau et isolés pendant quelques heures jusqu'à dessiccation complète. Leur examen, à sec, au microscope, permet facilement d'observer la présence, ou l'absence, des pelotons et d'assigner le spécimen « nullipare » ou « pare ». Cet examen est possible tant que les ovarioles n'ont pas dépassé le stade III de Christophers. Ces informations permettent alors d'estimer le taux quotidien de survie (noté **p** dans les modèles) de la population anophélienne considérée, si elle est en équilibre. Plusieurs formules ont été développées (COZ *et al.*, 1961).

$$P = \sqrt[l]{P/(NP + P)}$$

La formule de base est : **p** = ou P = nombre de femelles paires ; NP = nombre de femelles nullipares dans l'échantillon examiné et *l* = durée moyenne du développement gonotrophique.

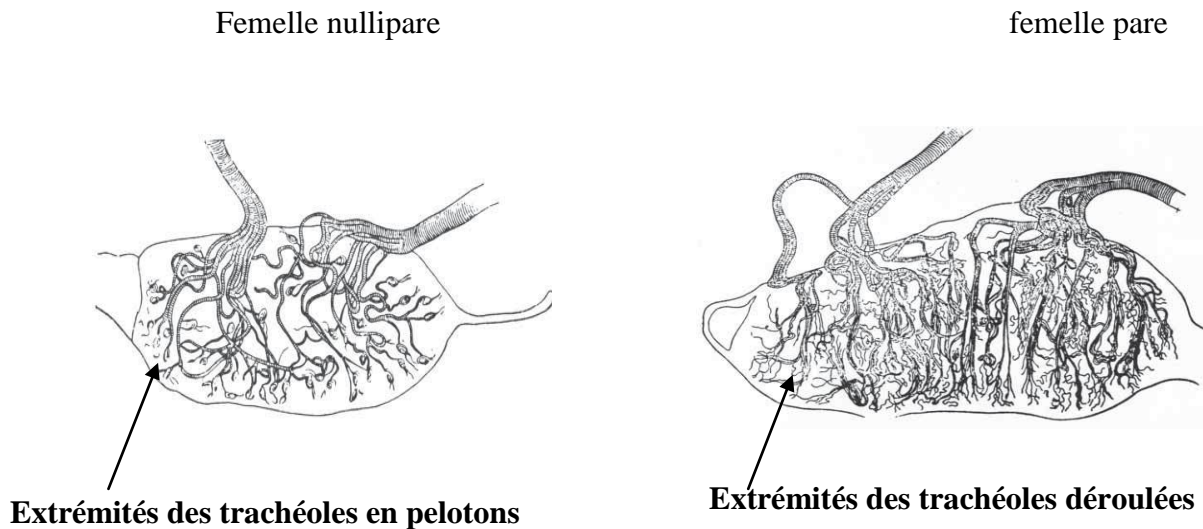


Figure 20 : Détermination du stade physiologique selon les extrémités des tracheoles, d'après
DETINOVA, 1963

A partir de ce paramètre p relatif à la population *anophélienne*, en considérant que la courbe de survie est régulière tout au long de l'âge des adultes (fig. 28), et connaissant la durée du développement sporogonique de l'espèce plasmodiale concernée, il est possible d'estimer (MACDONALD, 1957 ; BLACK, 1968) :

- le pourcentage de spécimens p qui, théoriquement, pourraient dépasser l'âge épidémiologiquement dangereux et pourraient donc transmettre les plasmodies ;
- l'espérance de vie des anophèles ($1/-\ln p$), [ou $\ln p$ désigne le logarithme népérien de p], en jours ;
- leur espérance de vie infectante ($p n / -\ln p$), en jours.

populations naturelles n'est pas constante, les femelles jeunes et les femelles âgées Malgré ses imperfections, car la durée de vie des différentes tranches d'âge dans les populations naturelles n'est pas constante, les femelles jeunes et les femelles âgées

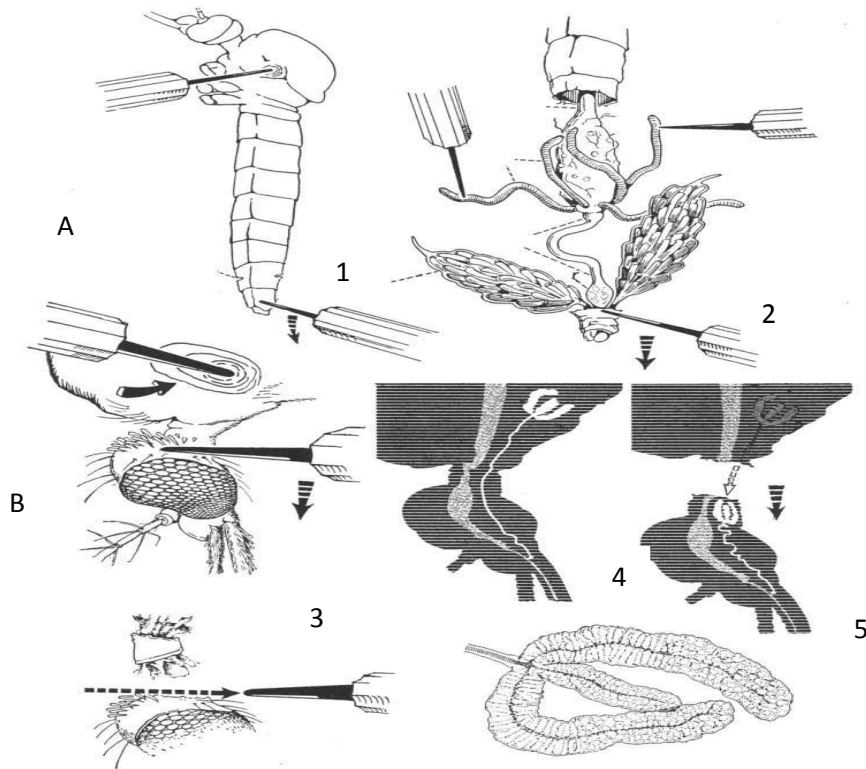


Figure 21 :Dissection et isolement des ovaires,de l'estomac et des glandes salivaires.

A – Dissection de l'estomac

1 : encoches dans le tegument avant traction sur l'extrémité abdominale ;

2 : extraction des organes abdominaux ;

ia : intestin antérieur ;

es : estomac ;

ip : intestin postérieur ;

tm : tubes de Malpighi ;

r : rectum ; o : ovaire.

B – Dissection des glandes salivaires

3 : position de départ ;

4 : position naturelle des glandes salivaires dans le thorax ;

5 : rétraction des glandes salivaires dans la tête après rupture du cou ;

6 : aspect d'une glande salivaire trilobee, d'après RUSSELL *et al.*, 1963

2.4.7.6 Fécondité :

La fécondité varie selon les espèces, l'âge, la saison, etc. Pour *An. gambiae*, le nombre moyen par ponte est de l'ordre de 150 œufs et la fécondité diminue avec l'âge. Pour les femelles hibernantes d'*An. maculipennis*, la fécondité est réduite (pontes de printemps) par rapport aux femelles ayant un cycle normal (pontes d'été). Le nombre total d'œufs pondus par une femelle est essentiellement fonction de sa longévité ; on a pu enregistrer une fécondité de 2 500 œufs pondus par des spécimens d'*An. Labranchiae* en 10 pontes, tandis que des estimations de 12 à 13 cycles gonotrophiques ont pu être faites chez des femelles sauvages.

2.4.8 Ethologie et écologie des adultes :

2.4.8.1 Préférences alimentaires et comportements trophiques :

Les **préférences trophiques** varient suivant les différentes espèces de moustiques. Certains préfèrent prendre du sang chez l'homme plutôt que chez les animaux, ils sont appelés **anthropophiles**, tandis que d'autres, qui préfèrent le sang des animaux sont appelées **zoophiles**. Bien entendu, ceux qui préfèrent l'homme sont les plus dangereux, car ils sont susceptibles de transmettre la maladie d'homme à homme .

D'une façon générale, les pièces buccales des Culicidae – et en particulier celles des mâles – sont adaptées à piquer et à sucer les sucs végétaux et le nectar des fleurs (Becker et *al.*, 2003). Donc les moustiques mâles ne sont pas hématophages ; de ce fait ils se déplacent assez peu à partir du gîte dont ils sont issus, et ne pénètrent que rarement dans les habitations.

Les moustiques femelles absorbent également des jus sucrés d'origine végétale, mais ont pour la plus par un régime hématophage. Cependant, la prise d'un repas de sang par les femelles, est nécessaire pour la maturation des œufs (**Carnevale et Robert, 2009**).

En ce qui concerne le mécanisme de la piqûre, le labium se replie à la surface des téguments, les stylets vulnérants pénètrent et recherchent un capillaire sanguin qu'ils cathétérissent. La salive est injectée à plusieurs reprises durant la pénétration des pièces buccales. La quantité de sang ingérée peut varier de 4 à 10 µl (Rodhain et Perez, 1985). La plupart des espèces digèrent en dehors des habitations sur des plantes, des arbres, des herbes ou dans des crevasses, des trous d'arbre, dans les anfractuosités des berges des rivières elles sont dites exophiles. D'autres, au contraire, et en particulier beaucoup de celles qui piquent à l'intérieur, digèrent dans les habitations ou les étables elles sont dites endophiles (Callot et Helluy, 1958). Il existe chez certaines espèces de Culicidae, des souches dites « autogènes », où les femelles sont capables d'élaborer des œufs fertiles (leur premier lot d'œufs) sans avoir effectué de repas de sang. Celles qui ne possèdent pas cette faculté elles sont dite anautogènes (Séguy, 1923, 1955 ; Matile, 1993).

Comportement des anophèles :

La plupart des espèces d'anophèles piquent la nuit.

- Certaines piquent juste après le coucher du soleil, d'autres, piquent plus tard, aux environs de minuit ou même aux petites heures matinales.

Matériel Et méthode

- Certaines espèces entrent dans les maisons pour piquer (**endophages**), d'autres préfèrent piquer à l'extérieur (**exophages**). Après que le moustique ait pris son repas de sang, il se repose pendant une courte période.
- Les moustiques qui sont entrés pour piquer se reposent habituellement sur un mur, sous le mobilier ou sur des vêtements pendus dans la maison. Ils sont dits **endophiles**.
- Ceux qui piquent à l'extérieur se reposent habituellement sur des plantes, dans des trous, sur des arbres, sur le sol ou d'autres endroits frais et sombres sont dits **exophiles**

2.4.8.2 Hibernation et estivation :

Les phénomènes d'hibernation et d'estivation, ou diapause, des culicidés et des anophèles ont fait l'objet de nombreuses études physiologiques sur les phénomènes de dissociation gonotrophique (GUELMINO, 1951, 1952 ; WASHINO, 1977 ; CAI *et al.*, 2003) et de transmission de virus par les femelles hibernantes (DANIELOVA, 1975). Dans les régions tempérées, des anophèles hibernent à l'état de femelles inséminées. Certaines espèces, comme *An. messeae* en Europe du Nord, présentent une diapause complète (JAENSON & AMENESHEWA, 1991) et survivent à partir des réserves stockées dans les corps gras sans s'alimenter. Mais des repas de sang peuvent aussi être pris avant l'entrée en hibernation sans affecter la longévité des femelles. Pendant cette hibernation les femelles peuvent conserver le virus Bataï et le transmettre lors de la reprise des comportements de pique (BELETSKAIA & ALESKEEV, 1988). D'autres espèces, comme *An. atroparvus*, présentent une semi-hibernation avec dissociation gonotrophique (LACHMAJROWA, 1952). Les changements de photopériode (raccourcissement de la durée d'éclaircissement) et la diminution de la température entraînent une modification de la régulation hormonale de l'oogenèse et l'absence de développement des oeufs. La femelle peut conserver une certaine activité de vol et, de temps en temps, d'alimentation sanguine, mais celle-ci sert à la constitution des réserves énergétiques et non à la production des oeufs. La réactivation du processus de régulation alimentation-oogenèse se fait au printemps avec, de nouveau, la possibilité de transmission des plasmodies. WALLACE ET GRIMSTAD (2002) ont récemment montré que les anophèles qui hibernent à l'état adulte, comme *An. quadrimaculatus* et *An. punctipennis* aux Etats-Unis, pouvaient supporter des températures de - 15 °C et - 17 °C respectivement grâce à des mécanismes physiologiques particuliers (*freeze-avoidance strategy*) ; pour passer l'hiver, ils peuvent se réfugier dans différents sites (*hibernacula*) dont les microclimats restent à étudier. *An. punctipennis* prendrait un repas de sang pendant l'hiver (WASHINO & BAILEY, 1970). Le maintien de faibles populations anophéliennes a été observé pendant la saison sèche au nord du Mali, du Nigeria et du Burkina Faso (TAYLOR *et al.*, 1993). L'examen du polymorphisme des inversions chromosomiques (essentiellement du chromosome II) chez *An. gambiae* et *An. arabiensis* montre la

forte pression de sélection exercée par les conditions environnementales avec un cline des fréquences d'inversions entre les zones humides et seches (TOURE *et al.*, 1998a, 1998b) Au nord du Senegal, SIMARD *et al.* (2000), par l'examen des structures génétiques (microsatellites) des populations d'*An. arabiensis* de la zone sahelienne pendant 4 années successives, ont apporte de forts arguments pour le maintien sur place de populations a faible densité et de façon cachée et dispersée (*diffuseddeme scenario*). Ces études revelent aussi l'existence de flux géniques entre des populations anopheliennes distantes d'environ 250 km indiquant la possibilité de diffusion de certains gènes comme ceux de la résistance aux insecticides ou ceux impliqués dans l'accomplissement du développement sporogonique (COLLINS & BESANSKY, 1994 ; CRAMPTON *et al.*, 1994). Quant au maintien d'une population et (ou) a l'arrivee de nouvelles populations avec les changements de saison et le déplacement du FIT, la question reste d'actualité notamment dans le cadre de mise en oeuvre et d'évaluations d'opérations de lutte anti vectorielle.

2.4.9 Intérêt médical et rôle vectoriel:

Les Culicidae constituent le tout premier groupe d'insectes d'intérêt médical. Les moustiques sont vecteurs de 3 groupes d'agents pathogènes pour l'homme : Plasmodium, filaires des genres Wuchereria et Brugia ainsi que de nombreux arbovirus. Plus de 150 espèces de Culicidae relevant de 14 genres ont été observé porteuses de virus impliqués dans des maladies humaines (Mattingly, 1971). C'est par sa trompe qui lui sert à piquer que le moustique transmet les pathogènes à l'homme ou aux animaux.

2.3.9.1 Définition de Le paludisme :

Le paludisme est une maladie pouvant être mortelle, due à des parasites transmis par un moustique infecté (genre *Anopheles*). L'Organisation Mondiale de la Santé estime qu'un enfant en meurt toutes les trente secondes. En 2006, on comptait 247 millions de cas de cas dans le monde (OMS, 2009). L'Afrique apparaît comme le continent le plus touché : c'est là que vivaient 90 % des hommes impaludés (Rodhain, 1999).

Trois acteurs sont impliqués : le parasite, le moustique et l'homme. Les parasites responsables de la maladie appartiennent au genre *Plasmodium*. Chez l'Homme, quatre espèces peuvent conduire à la maladie : *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae* et *Plasmodium ovale*. *Plasmodium falciparum* est l'espèce la plus dangereuse car responsable de la quasi totalité des décès dus au paludisme. Le moustique, l'hôte définitif, est une femelle appartenant au genre *Anophèles*, vecteur exclusif de cette maladie. L'homme, hôte intermédiaire, est le seul hôte réservoir.

Matériel Et méthode

Ces acteurs sont en fait liés par le cycle de développement du parasite (Figure 2). Au cours de son repas sanguin, la femelle anophèle inocule à l'homme la forme infectante du parasite : les sporozoïtes. Ces sporozoïtes passent dans le sang puis migrent vers le foie via les vaisseaux sanguins. La phase exoérythrocytaire se met en place. Les sporozoïtes envahissent alors les hépatocytes et s'y multiplient. Ils évoluent en schizontes contenant plusieurs milliers de jeunes parasites appelés mérozoïtes. Puis la cellule éclate, libérant ainsi les mérozoïtes qui pénètrent alors les hématies par endocytose pour poursuivre leur développement. La phase suivante est dite érythrocytaire. Les mérozoïtes peuvent évoluer en trophozoïtes puis en schizontes qui libèrent à nouveau des mérozoïtes (étape cyclique), ou bien évoluer en gamétocytes. Ces derniers se différencient en gamétocytes mâles et femelles et sont ingérés par un anophèle femelle au cours du repas sanguin. C'est cette étape qui permet au moustique de devenir infectant et de représenter un danger pour l'homme, car contrairement à ce dernier, le moustique ne pâtit pas de la présence du parasite dans son organisme. La première phase au sein du moustique est la sporogonique. Les gamétocytes parviennent dans l'estomac du moustique où ils se transforment en gamètes. Les gamètes femelles sont fécondés et il en résulte un zygote qui évolue en ookinète. Ce dernier s'implante au niveau de la paroi stomacale et évolue en oocyste. Une division méiotique et plusieurs mitoses conduisent au développement de sporozoïtes. L'éclatement de l'oocyste libère ces éléments mobiles dans l'hémolymphe. Ils gagnent ensuite les glandes salivaires du moustique, qui est alors infectant, et pourront être inoculés à l'homme avec la salive lors d'une prochaine piqûre. Il faut environ 10 à 18 jours, selon les conditions environnementales, pour permettre au parasite de finir son cycle sporogonique au sein du moustique.

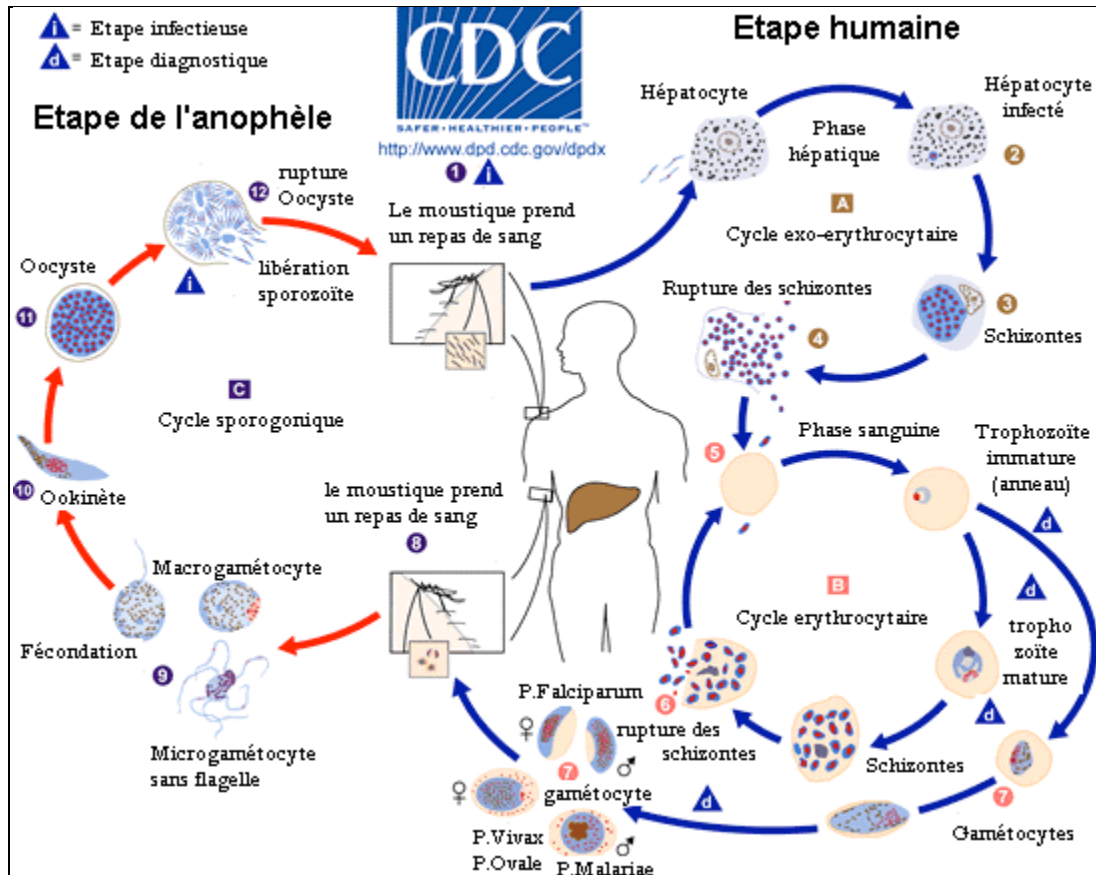


Figure 22 : Cycle de développement d'un Paludisme. L'homme est l'hôte intermédiaire et l'anophèle l'hôte définitif (source : CDC).(Caroline ,2010).

Il existe plusieurs espèces d'anophèles, dont les préférences trophiques et environnementales varient. Certaines espèces piquent les humains à l'extérieur des maisons (exophagie), d'autres à l'intérieur (endophagie). Le comportement piqueur du moustique (endophagie ou exophagie) et l'heure de la piqûre sont d'importants facteurs dans l'épidémiologie du paludisme. Après avoir complété leur repas sanguin, les femelles doivent trouver un endroit favorable pour se reposer et digérer le sang : soit à l'intérieur des maisons (espèces endophiles) soit à l'extérieur des maisons dans toute une série d'abris naturels (espèces exophiles). La femelle de la plupart des espèces d'anophèles prend son repas sanguin sur des animaux à sang chaud, surtout des mammifères, mais certaines espèces piquent exclusivement soit les humains soit les animaux. Le degré d'anthropophilie ou de zoophilie varie en fonction de l'espèce. L'une des raisons pour lesquelles *An.gambiae* est un excellent vecteur du paludisme est son degré d'anthropophilie élevé (Coluzziet al., 1979).

Les conditions environnementales ont un effet sur la survie et le comportement des anophèles. En termes de transmission du paludisme, la température est un facteur particulièrement important car la température externe affecte directement la durée du cycle trophogonique et la durée du cycle

Matériel Et méthode

sporogonique du parasite. En d'autres mots, plus le parasite met de temps à compléter sa maturation, moins il y a de chances que le moustique vive suffisamment longtemps pour transmettre l'infection. Les conditions microclimatiques, particulièrement l'humidité, affectent l'entrée des moustiques dans les maisons. Les exophiles peuvent devenir endophiles et vice versa. On comprend dès lors l'intérêt de s'intéresser aux adaptations à l'aridité.

Manifestations :

- Fatigue généralisée
- Perte d'appétit
- Vertiges
- Hyperthermie (fièvre), le plus souvent irrégulière au début. Signe trompeur souvent interprété à tort comme un signe de guérison qui retarde la démarche de consultation auprès des ressources médicales.
- Frissons
- Céphalées (maux de tête)
- Troubles digestifs (embarras gastrique), nausées, vomissements, douleurs abdominales
- Myalgies (douleurs musculaires)
- Ictère

Diagnostic du paludisme : frottis ou goutte épaisse :

Ils permettent d'établir un diagnostic d'espèce en ne nécessitant qu'un microscope optique et des colorants d'un coût modéré. La qualité du résultat dépend cependant beaucoup de l'expérience de la personne réalisant cet examen.

Un rappel de la technique et des caractères de chaque espèce plasmodiale est essentiel.

1. Technique du frottis sanguin :

Le prélèvement doit se faire au moment de l'acmé thermique, soit par prélèvement capillaire au bout du doigt avec confection immédiate du frottis et de la goutte épaisse, soit par ponction veineuse avec prélèvement dans un tube contenant un anticoagulant (par exemple EDTA) et réalisation secondaire des lames d'examen. Le frottis doit être effectué avec soin de manière à ne comporter qu'une couche cellulaire.

La coloration ne doit pas comporter de dépôts de colorants qui gêneraient considérablement la lecture des lames et pourraient être cause d'erreur.

Le frottis, après coloration au Giemsa, sera lu avec la plus grande attention, à

Matériel Et méthode

l'immersion, pendant 30 minutes environ, avant de rendre un résultat négatif. Le fait de trouver un élément parasitaire ne justifie pas l'arrêt de la lecture de la lame, il peut en effet exister un polyparasitisme.

2. Technique de la colorisation au Giemsa :

-recouvrir les lames d'alcool méthylique pendant 3 minutes, puis de Giemsa pendant 20 minutes pour le Giemsa lent, 10 minutes pour le Giemsa rapide :

-rincer à l'eau neutre ;

-sécher ;

-lire la lame à l'immersion.

Solution de Giemsa : Giemsa : 1ml, eau neutre qsp : 10 ml

3. Technique de la goutte épaisse

Il s'agit d'une technique de concentration utilisable également pour les recherches de trypanosomes et micro filaires :

-Dépôt du sang : déposer, sur une lame de verre dégraissée, une grosse goutte de sang (2 fois le volume utilisé pour un frottis).

-Défibrination : en cas de prélèvement capillaire, pour empêcher la coagulation, avec le coin d'une autre lame ou la pointe d'un vaccinostyle, étaler régulièrement le sang sur une surface de 1 cm de diamètre, en tournant régulièrement pendant 2 minutes.

-Séchage : retourner la lame et laisser sécher à plat sur un support, soit pendant 24 heures à la température ambiante soit pendant 1 heure à l'étuve à 37°C. Ne jamais fixer à la chaleur ou à l'alcool.

-Déshémoglobination : recouvrir abondamment la goutte épaisse du mélange : Giemsa : 3 gouttes, eau neutre : 2 ml.

Laisser agir pendant 5 à 10 minutes jusqu'à décoloration complète. Fixer ensuite à l'alcool méthylique.

-Coloration : jeter le liquide avec précaution (risque de décollement de la pellicule de sang) et remplacer immédiatement par le mélange : Giemsa : 1 ml, eau neutre qsp : 10ml. Laisser agir 20 minutes puis rejeter le liquide avec précaution. Laver à l'eau du robinet, en faisant couler le liquide très délicatement sur la lame. Sécher à l'air.

2.4 Echantillonnage des populations de *L'anophèle* :

2.5.1 Etude systématique de genre des anophèles dans les trois région Laghouat,

Ghardaia Ouargla :

Nous avons réalisé des captures du 26 Avril au 30 mai 2014. Au niveau de cinq stations appartenant à trois régions bioclimatiques différentes, deux sites sont retenus dans chaque zone : un site péri-urbain (à la périphérie de la ville) et un site rural. Après examen de l'environnement des stations d'études, 10 gîtes sur douze potentiellement favorables au développement des larves d'*Anophèle* 5 stations ont été sélectionnés (Tableau 1). Quatre(04) gîtes pour la région d'Laghouat zone désertique, quatre(04) gîtes pour la région de Ghardaia (région aride) et deux (02) gîtes pour la région de Ouargla région saharienne.

- L'échantillonnage des larves c'est fait grâce au Dipping (la technique de la louche)(Silver, 2008), au moins 200 larves de *L'Anophèle* ont été capturées à partir de chacun des 10 gîtes.

-On n'a réalisé 10 coups de louche (1 litre d'eau par louche) en bordure de chaque gîte larvaire.

Matériel Et méthode

Tableau 03 : Estimation de nombre des larves dans les trois régions.

Nbr du louche	Nombre approximatif de Stade pré-imaginaux région de Laghouat		Nombre approximatif de Stade pré-imaginaux région de Ghardaia		Nombre approximatif de Stade pré imaginaux région de Ouargla
	Gite 01 Lalmaya	Gite 02 Lalmaya	Gites 01 Ammi-zekri	Gite02 Bahiman	Gite 01 Ain Timsik
01	02	02	03	03	02
02	03	02	10	02	02
03	01	01	12	03	05
04	02	01	06	04	11
05	02	02	03	04	07
06	04	03	04	03	03
07	02	02	05	02	13
08	01	02	08	02	02
09	03	01	04	04	03
10	02	01	03	03	02
Total	22	17	54	18	50

La densité larvaire de chaque gîte a été estimée par la technique des « classes ».

- Une fois prélevés, les échantillons sont mis dans des récipients en plastique munis d'un couvercle. Pendant toute la phase de collecte, les récipients n'ont pas été fermés hermétiquement et ont été installés à l'ombre, afin de limiter la mortalité des larves jusqu'à ce qu'elles soient ramenés au laboratoire.

2.5.2 Estimation de la densité larvaire :

Le nombre de larves et de nymphes est estimé à chaque coup de louche, on donne un nombre approximatif de stade pré-imaginaux qui est attribué à une classe selon le tableau suivant:

Tableau 04 :Estimation de la densité larvaire

Classe	Nombre approximatif de Stade pré-imaginaux
1	0 et < 1
2	10 (1 - 10)
3	50 (11 - 50)
4	100 (51 - 100)
5	500 et > 100

2.6 Méthodes de laboratoire adoptées :

Les techniques utilisées au laboratoire consistent en six volets, soit la préparation et le montage des larves, l'identification au laboratoire de l'espèce recueillie sur le terrain, l'étude de la biologie de la reproduction (estimation de cycle de la vie et la mise en couple)

2.6.1 Tri des larves (voir annexes) :

À l'aide d'une pipette souple, les larves sont triées de façon à ne garder que l'espèce *Anophéle* dans les bacs. Celles-ci sont déposées vivantes dans une goutte d'eau distillée dans un verre de montre et sont observées et identifiées sous loupe binoculaire à l'aide d'un logiciel d'identification (Les Culicidae de l'Afrique Méditerranéenne, IRD, 1999).

2.6.2 Mise en élevage (voir annexes) :

Les larves ainsi triées sont mises en élevage en insectarium dans des bacs en plastiques (30 cm x 10 cm x 5 cm) à raison de 10 larves par litre d'eau distillée et par bac. Les larves sont nourries à l'aide de croquettes pour chat riche en protéines.

Dès leurs apparition les nymphes sont placées une à une dans des tubes a essais avec 10 ml d'eau distillée où elles effectueront leurs émergence. Cette opération est reconduite pour toutes les populations recueillie.

2.6.3 Mise en couple (voir annexes)

Après émergence des adultes, ces derniers sont mis en couple dans des gobelets en carton d'un volume de 50 cl dans lesquels on a préalablement introduit une petite boîte de Petrie contenant un peu d'eau distillée et sans couvercle qui servira de lieu de ponte.

Les gobelets sont soigneusement couverts par un tulle moustiquaire maintenu avec un élastique et sur lequel est déposé un bout de coton imbibé d'une solution contenant 10% de sucre. Ainsi on doit former **10 couples** pour chaque gîte échantillonné. Le couple est maintenu ainsi entre 3 à 5 jours afin de permettre la maturation sexuelle des mâles et des femelles et permettre leur accouplement.

2.5.6 Gorgement des femelles (voir annexes)

Après la mise en couple, les femelles de chaque gîte sont retirées à l'aide d'un aspirateur à bouche et placées dans une cage cubique (25 cm x 25 cm x 25 cm) recouverte d'un tulle moustiquaire. Ces femelles ne reçoivent pas de jus sucré pendant 24 heures afin d'exciter leurs envies de piquer. Par la suite on place un lapin dans la cage métallique contenant les 20 femelles. Cette opération s'effectue durant toute la nuit. Très tôt le matin on retire les femelles, qui se sont gorgées, sont mises individuellement dans un gobelet après avoir retiré les mâles. Les autres femelles sont maintenues dans la cage afin de refaire une ou deux essais de gorgement les nuits suivantes.

Remettre la solution sucrée, une fois que la femelle s'est nourrie de sang. Pour les 10 couples sans repas de sang, proposer la solution sucrée en continu.

Résultats

3. Résultats :

L'étude menée durant la période s'échelonné entre le 26 Avril et le 30 Mai 2014, avait pour but de mieux appréhender l'étude systématique et bio-écologique des *Anophèles* et leur rôle dans la transmission du paludisme, préciser le statut taxonomique du complexe *Anophèlnaie*, trois zones ont été étudiées : Laghouat (zone désertique et froid), Ghardaia (zone aride) et Ouargla, (zone saharienne). La structure des populations de *Anophéle* a été abordée en analysant : (I) l'écologie et biologie des espèces, (II) leurs positions taxonomique et (III), une étude statistique du cas du paludisme dans les trois régions.

3.1 Etude systématique des Anophèles dans les trois régions :

3.1.1 Estimation de la densité Moyenne larvaire :

Dans chaque gîte visité on détermine la densité larvaire dans (Tableau 04). Les densités moyennes les plus élevées ont été remarqué dans les sites suivants : ER. Ouargla ; ER Ghardaia ; ER .Laghouat (Lalmaya gite 01 et 02) , par contre des autre endroits ER Laghouat (Houwita ; tadjmout ; Ain madhi) la densité larvaire des Anophèles nulle .(Cf tableau 05).

Tableau 05 : la densité Moyenne larvaire des Anophèles.

Station	Densité Moyenne(Nb Larves)
R.Lalmaya (Laghouat)	05
PR. Oued Mezzi(Laghouat)	00
R. Ammi-zekri(Ghardaia)	07
R.Bahiman(Ghardaia)	05
R.Aintemshik (Ouargla)	09

Résultats

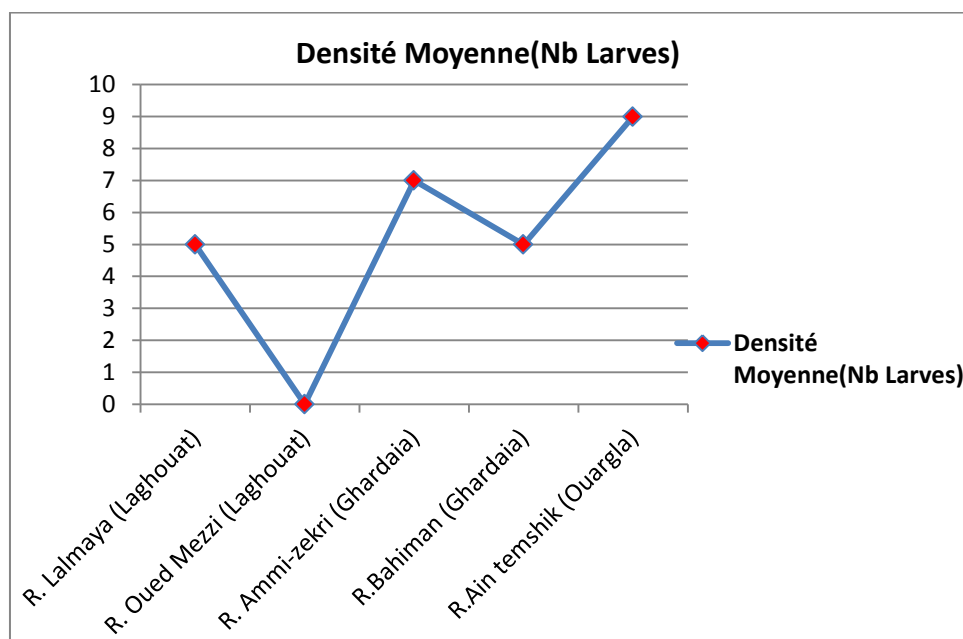


Figure 23 : pourcentage des espèces des Anophèles dans Les trois région.

D'après la (Figure 14) nous remarquons que la densité larvaire est inversement proportionnelle à la concentration de l'eau du gîte en matière organique. Plus le gîte est chargé en matière organique plus la densité des larves baisse. Confirmant, les théories selon lesquelles la densité des larves est plus importante dans les eaux claires.

3.1.2 Abondance et diversité :

Le tableau qui suit met en évidence l'abondance et la diversité des anophèles récoltées sur l'ensemble des Cinq gites dans les trois régions.

Tableau 06 : abondance et diversité des Anophèles collectées dans la région de Laghouat de gite 01 de lalmaya.

Famille		Espèce	Effectif Total	Abondance
<i>Anophelinae</i>	1	<i>An.labranchaie</i>	19	86,36%
	2	<i>An.Rufisbrousesi</i>	03	13,63%
		Total	22	

Sur la totalité des 22 des Anophèles capturées nous pouvons distinguer 02 espèces différentes dont la deuxième espèce faisant partie de la sous-espèce des anophélineae.

Résultats

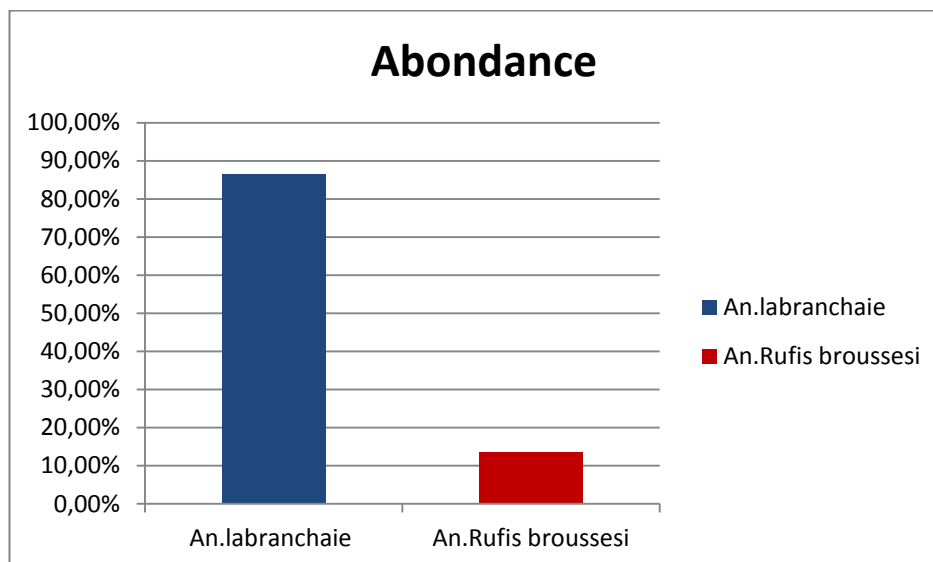


Figure : 24 pourcentage des espèces des Anophèles dans Lalmaya (gite 01).

La figure ci-dessus nous montre une nette dominance de *An.labranchiaie* sur l'autres espèce avec une abondance de 22individu représentant 86,36% de la totalité des Anophèles capturés dans le premier gite de lalmaya. L'autres espèce sont nettement moins abondantes avec des effectifs totale03individus il s'agit de *An.rufips broussesi*.

Chez la deuxième gite nous avons trouvé 17 individus de la même espèce présente dans le tableau suivante :

Tableau 07 : abondance et diversité des Anophèles collectées dans la région de Laghouat (gite 02) de lalmaya.

Famille		Espèce	Effectif Total	Abondance
<i>Anophelinae</i>	1	<i>An.labranchiaie</i>	17	100%
	2	<i>An.Rufisbroussesi</i>	00	00%
		Total	17	

Résultats

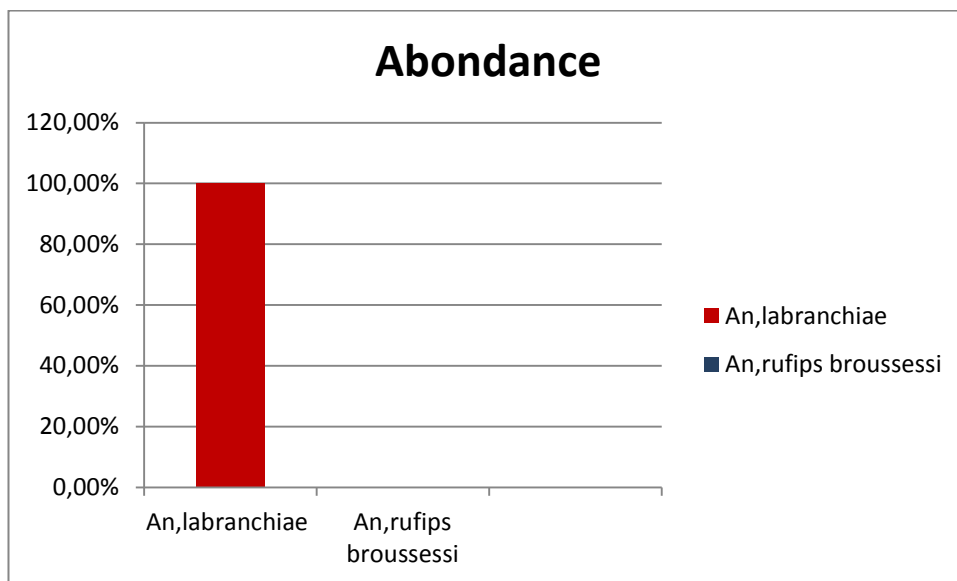


Figure : 25pourcentage des espèces des Anophèles dans Lalmaya (gite 02).

Cette figure nous montre une dominance de un seule espèces *An.Labbranchiae* avec une abondance de 17 individus représentant respectivement 100% de la totalité des Anophèles capturés dans la deuxième gite, est également représentée avec un effectif de 00 individu représentant 0% de l'effectif.

Pour le premier de gites (Ammi zekri) de Ghardaia , nous avons récolté un effectif total de 54 individus appartenant à 5 espèces différentes réparties de la manière suivante :

Tableau 08 : abondance et diversité des Anophèles collectées dans la région de Ghardaia de gite Ammi-zekri.

Famille		Espèce	Effectif Total	Abondance
<i>Anophelinae</i>	1	<i>An. Sergentiisergentii</i>	10	18,51%
	2	<i>An. Multicolor</i>	02	3,70%
	3	<i>An. Labranchaie</i>	10	18,51%
	4	<i>An. Cineruse</i>	16	29,62%
	5	<i>An. Dthali</i>	16	29,62%
		Total	54	

Résultats

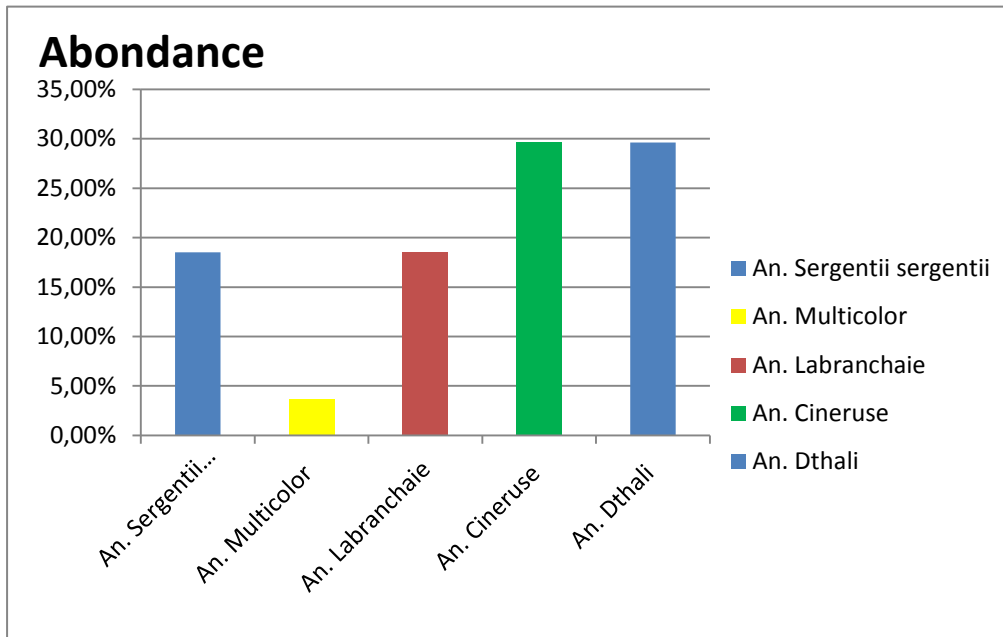


Figure : 26 pourcentage des espèces des Anophèles dans Ghardaia de gite Ammi zekri.

La figure précédente démontre une dominance de quatre espèces *An. dthali* et *An.cineruse* avec une abondance de 16 individus représentant 29,62% de l'effectif représentée dans le premier gite suivi de *An.sergentiisergentii* et *An.labranchiaie* avec 10 individus soit 18,51% de l'effectif puis *An.multicolor* avec une abondance de 02 individus soit 03,70% de l'effectif ,cette espèce est moins représentée dans ce gite .

Nous avons dénombré un effectif total de **31** individus de Anophèle appartenant a**05** espèces différentes et réparties comme suit :

Tableau 09 : abondance et diversité des Anophèles collectées dans la région de Ghardaia de gite Bahiman.

Famille		Espèce	Effectif Total	Abondance
<i>Anophelinae</i>	1	<i>An. Sergentiisergentii</i>	06	19,35%
	2	<i>An. Multicolor</i>	00	00%
	3	<i>An. Labranchaie</i>	10	32,25%
	4	<i>An. Cineruse</i>	10	32,25%
	5	<i>An. Dthali</i>	05	16,12%
		Total	31	

Résultats

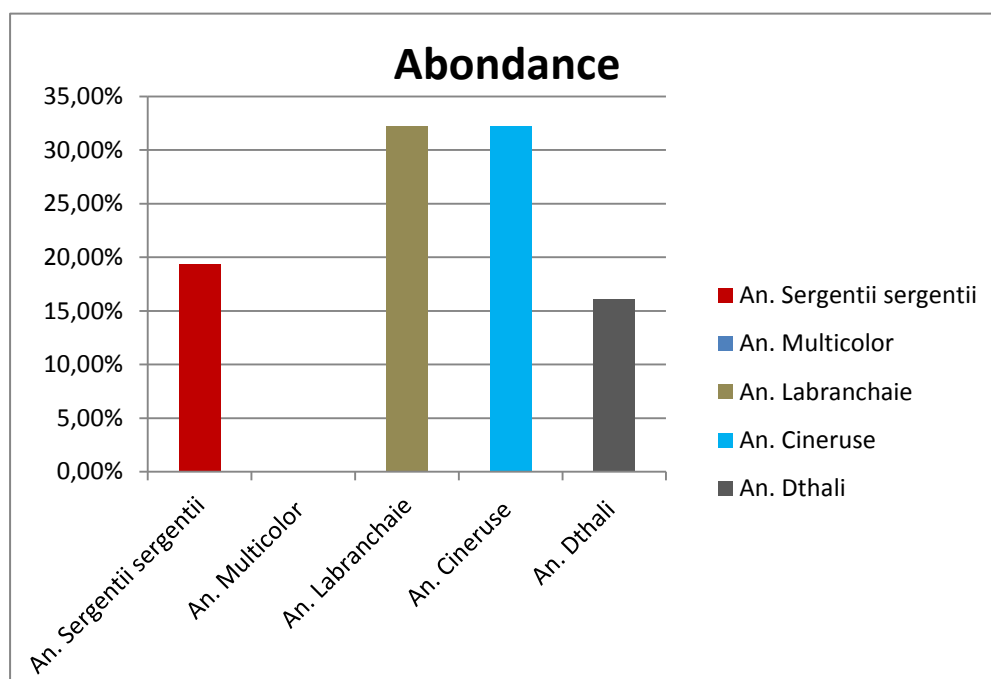


Figure : 27 pourcentage des espèces des Anophèles dans Ghardaia de gite Bahiman.

La figure précédente démontre une dominance de Cinq espèces *An. Labbranchia* et *An. cineruse* avec une abondance de 10 individus représentant 32,25% de l'effectif capturé dans ce gite suivi de *An. sergentisergenti* avec 06 individus soit 19,35% de l'effectif présentée puis, *An. dthali* avec une abondance de 5 individus soit 16,12% de l'effectif présentée puis, *An. multicolor* n'existe pas dans ce gite.

Le tableau qui suit met en évidence l'abondance et la diversité des Anophèles récoltées dans le gite de timshakde Ouargla.

Tableau 10 : abondance et diversité des Anophèles collectées dans la région de Ouargla de gite Timsea.

Famille		Espèce	Effectif Total	Abondance
<i>Anophelinae</i>	1	<i>An. Sergentiisergentii</i>	31	62%
	2	<i>An. Multicolor</i>	16	32%
	3	<i>An. Dthali</i>	03	06%
		Total	50	

Résultats

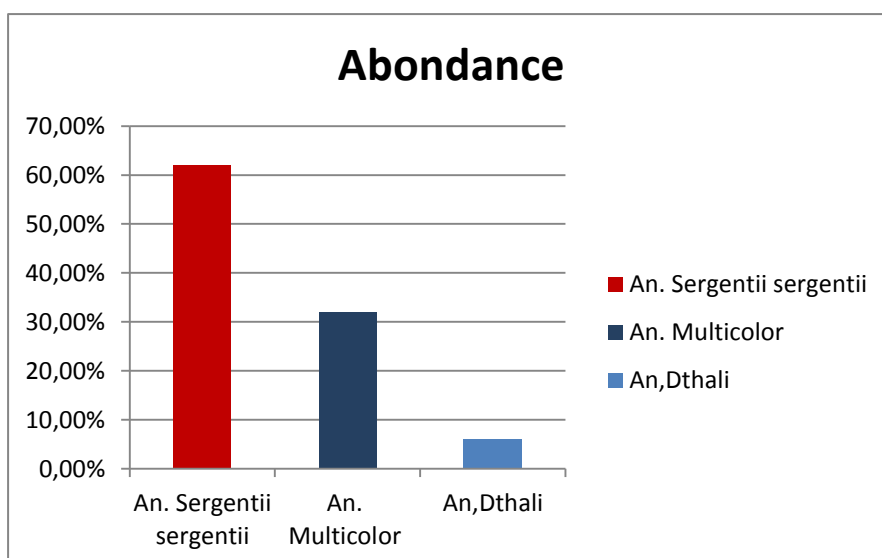


Figure : 27 pourcentage des espèces des Anophèles dans Ghardaia de gite Bahiman.

D'après la figure ci-dessus nous pouvons remarquer que les espèces de Anophèle les plus abondantes sont *An.sergentiisergentii* avec 31 individu capturé représentant 62% de la totalité de l'effectif capturé, *An.multicolor* avec 16 individus représentant 32% d'autres cependant sont moins bien représentées tel que et *An.dthali* avec 03 individu représentant 6% de la totalité de l'effectif représentée dans cette gite.

3.1.2.1–Richesses totales et moyennes

La richesse est l'un des paramètres fondamentaux caractéristiques d'un peuplement (RAMADE, 1984). D'après BLONDEL (1979) la richesse totale S est le nombre des espèces du peuplement pris en considération. Quant à la richesse moyenne s, elle correspond au nombre moyen des espèces présentes dans un échantillon du biotope (RAMADE, 2003).

Tableau 11 : Richesse totale et moyenne du peuplement de l'anophèle dans les trois régions.

Station Richesse	Laghouat		Ghardaia		Ouargla
	LalmayaG 01	Lalmaya G02	Ammi zekri	Bahiman	Timsea
Richesse T	02	01	05	04	03
Richesse M	1,5		3,5		03

Il est à constater que les valeurs de la richesse moyenne sont variables dans chacune des stations d'étude (Tab.10). La valeur la plus élevée est obtenue au niveau de Ghardaia ($s = 03,5$ espèces). Elle est suivie par Ouargla ($s = 03$). La valeur la plus faible est notée au niveau de lalmaya de la wilaya de Laghouat ($s = 01,5$).

Résultats

3.1.3 Identification et description des espèces :

Notre capture de anophèle s'est effectuée dans le 03 régions (Laghouat, Ghardaia, Ouargla) essentiellement sur le gîte du lalmaya et sur les deux gîtes de Ghardaia (Ammi zekri , Bahiman) sur une période qui s'étend du 26 Avril 2014 au 30 Mai 2014. A la lumière de cette phase d'échantillonnage, nous avons dénombré un effectif total de 300 Anophèle. Sur la base du logiciel de J. Brunhes et al. 1999 en 6 espèces Cf (tableau 12).

Tableau 12 : classification des espèces de Anophèle capturées.

Famille		Espèce
<i>Anophelinae</i>	1	<i>An. sergentisergenti</i>
	2	<i>An. Multicolor</i>
	3	<i>An. Labranchaie</i>
	4	<i>An. cenereus</i>
	5	<i>An. Rufipsbrousesi</i>
	6	<i>An. Dthali</i>

1. *An.labranchiae* :

An la branchie est le seul représentant en Afrique méditerranéenne du complexe « maculipennis » on peut le rencontrer depuis les gones côtières jusqu'à 1900 mètres d'altitude il atteint aussi les gones sahariennes . petites dépressions couvertes de végétation) sont au printemps, les gîtes les plus productifs de cette espèce .Les femelles les gîtes larvaires sont des plus varies (mares, rivières, canaux, bassins, rizières, creux d'arbres, etc) ils sont généralement ensouillés l'eau peut être douce ou légèrement saumâtre mais toujours exposée au Maroc les dayas (essentiellement endophiles sont aussi très anthropophiles on peut trouver des adultes au repos dans les anfractuosités de rocher ou dans les haies de roseaux l'hiver est passé à l'état adulte et les femelles pondent des les premiers beaux jours .Dans les gones de plaine et de piémont an la branchie est le vecteur majeur du paludisme au Maghreb (**Brunhes J. et al., 1999**).

2. *An. cenereus* :

Au cenereuse a été tout d'abord signalé dans le sud de l'Europe et en Afrique méditerranéenne sous le nom d'an cinereus Hispaniola et en Afrique méditerranéenne sous le nom d'an cinereus cette décision à été confirmée par ramdale en 1998 Il à par ailleurs été longtemps confondu avec an .turkhudi . il est ubiquiste et abondant dans tout le Maghreb de puis la gone littorale jusqu'aux régions sahariennes plus rare à l'est elle a été signalée en Israël, en Palestine, en Jordanie , en Arabie saoudite et au Yémen . ses larves se développent

Résultats

essentiellement dans des flaques encombrées d'algues vertes dont elles se nourrissent et qui se trouvent sur le bord des torrents et dans des canaux d'irrigation mal entretenus . l'eau de ces gîtes peut être douce ou légèrement salée . les adultes sont très opportunistes , ils piquent l'homme et les animaux et se réfugient aussi bien dans les maisons que dans les étables .Bien qu'il soit répondeur et agressif cet anophèle a été rarement trouvé porteur de sporozoïtes **(Brunhes J. et al., 1999)**.

3. *An. multicolores* :

Cette espèce se rencontre typiquement dans les régions arides et subdésertique de toute l'Afrique méditerranéenne du Maroc à l'Égypte . en dehors de ces régions , son aire de répartition se prolonge jusqu'au Pakistan . Les larves se développent dans l'eau saumâtre des régions présahariennes elles supportent des concentrations allant de 5 à 50-60g/litre de sel mais ne se trouvent jamais dans l'eau des flaques situées en bord de mer , elle se rencontrent par contre dans de l'eau riche en matières organiques . Les adultes sont nombreux à la fin de l'été et au début de l'automne leur capacité de dispersion est très grande. Les femelles sont surtout exophiles et zoophages mais elles peuvent aussi piquer l'homme . Leur rôle de vecteur de paludisme est réel mais peu important du fait de sa biologie imaginaire. **(Brunhes J. et al., 1999)** .

4. *Anopheles Dthali* :(*d'thali Patton ,1905*)

An. d'thali remonte en Algérie au nord jusqu'à la frange des Hauts Plateaux, à Ain Sefra. Il a été observé pour la première fois à Djanet en 1933 par FOLEY (17). Beaucoup plus tard, SENEVET l'a signalée à Beni Abbes et à Tindouf, dans le Sahara oranais (39, 41). Au Maroc, il a été récolté beaucoup plus au nord, à Chefchaouen, village situé à l'étage subhumide(16). Les larves sont observées dans les gueltas, dans les oueds partiellement asséchés, en association avec *An. hispaniola* et *An. sergenti*. La biologie et le comportement de cette espèce n'ont pas été étudiés. **(Hammadi (1), S.C. Boubidi (2), S.E. Chaib (3), A. Saber (1), Y. Khechache (1), M. Gasmi (1) & Z. Harrat (2)**

6. *Anopheles rufipes brousesi* : Edwards, 1929:

Capturé pour la première fois en 1929 à Djanet (15), c'est une espèce zoophile strictement saharienne qui peut être confondue avec *An. d'thali* et *An. hispaniola* avec lesquelles elle est souvent associée. Les gîtes larvaires sont constitués de petites mares creusées le long des oueds, avec une végétation abondante. La biologie des adultes est mal connue et son rôle vecteur dans la transmission du paludisme reste à préciser. **(Hammadi (1), S.C. Boubidi (2), S.E. Chaib (3), A. Saber (1), Y. Khechache (1), M. Gasmi (1) & Z. Harrat (2))**.

Résultats

6. *An.sergentii sergenti* :

Cette espèce est présente dans toute la région méditerranéenne son aire de répartition s'étend des canaries jusqu'à l'Inde. Les larves se développent essentiellement dans les petits marécages permanents ; dans les cultures irriguées en champs de végétation les larves préfèrent l'eau douce mais elles peuvent aussi se développer dans de l'eau légèrement salée. Les femelles apparaissent essentiellement en automne et en hiver elles sont opportunistes et piquent indifféremment l'homme et les autres mammifères elles se nourrissent aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur des habitations. Cette espèce joue un rôle important dans la transmission du paludisme dans toutes les régions arides et sahariennes de l'Afrique méditerranéenne (**Brunhes J. et al., 1999**)

3.2 Estimation de cycle bioécologique des espèces des Anophèles dans les trois régions :

Il y a environ 400 espèces de moustiques *Anophèles* dont une soixantaine sont capables de transmettre le paludisme, et parmi celles-ci, seulement 15 sont des vecteurs d'importance majeure. Dans le cycle biologique des moustiques, il y a quatre stades: **l'oeuf, la larve, la puppe (nymphe) et l'adulte**. Le temps pris par chaque stade pour se développer dépend de la température de l'eau et d'autres facteurs, Plus la température est élevée, plus ce temps est court. Après son émergence, la femelle démoustique ne copule qu'une fois dans sa vie. Juste après la copulation, la femelle a besoin d'un repas de sang pour faire mûrir le premier lot d'œufs. A chaque ponte la femelle dépose environ **100 à 150 œufs** à la surface de l'eau. Les sites de ponte sont très variables : petites collections d'eau : empreintes de pas, flaques d'eau de pluie, récipients...ou Des collections plus grandes : oueds, canaux d'irrigation, marécages, lacs, rizières. Chaque espèce de moustique préfère une variété bien déterminée de surface aquatique pour déposer ses œufs. Une larve sort de l'œuf après un ou deux jours et flotte parallèlement juste sous la surface de l'eau car elle a besoin de respirer de l'air. Nous avons traité des larves de trois régions (Laghouat, Ghardaia, Ouargla) de stade **L1**. Pour les larves de région de **Laghouat**. Il y a quatre stades larvaires La larve qui sort de l'œuf est appelée larve de **premier stade (L1)**. Après un jour ou deux, elle mue, abandonnant son enveloppe et devient ainsi Larve de **second stade (L2)**, suivi par le **troisième** et le **quatrième stade (L3, et L4)**, à des intervalles d'environ **deux jours chacun** La larve reste au quatrième stade pendant trois ou quatre jours ou plus, avant de s'échanger en nymphe. Le temps total passé au stade larvaire est **huit jours**. Les stades aquatiques prendront plus de temps pour se développer Le stade nymphal dure 2 à 3 jours après quoi l'éclosion de la puppe se fend, le moustique adulte émerge et se repose temporairement à la surface de l'eau jusqu'à ce qu'il soit capable de voler. Pour les larves de région de **Ghardaia** Le temps total passé au stade larvaire est **huit jours** Le stade nymphal dure 2 à 3 jours après quoi l'éclosion de la puppe se

Résultats

fend. Pour les larves de région de **Ouargla** le temps générale passé au stade larvaire est dix jours et le stade nymphal dure 2 à 3 jours après quoi l'acaras se fend .

3.2.1 Estimation des mise en couple :

A l'issue de notre travail nous avons obtenu des résultats importants concernant les mises en couple des différents gites (mise en couple).

1. Gite de Laghouat (lalmaya) :

Tableau 13 : Estimation des mise en couple

Couple	Date	Nombre du mort
C1	1 juin 2014	2 femelle et male
C2	1 juin 2014	2 femelle et male
C3	1 juin 2014	2 femelle et male
C4	1 juin 2014	2 femelle et male
C5	1 juin 2014	2 femelle et male
C6	1 juin 2014	2 femelle et male
C7	3 juin 2014	2 femelle et male
C8	3 juin 2014	2 femelle et male
C9	3 juin 2014	2 femelle et male
C10	3 juin 2014	2 femelle et male

2. Gite de Ouargla :

Tableau 14 : Estimation des mise en couple.

Couple	Date	Nombre du mort
C1	27 avril 2014	2 femelle et male
C2	27 avril 2014	2 femelle et male
C3	27 avril 2014	1 femelle
C4	27avril 2014	2 femelle et male
C5	29avril 2014	2 femelle et male
C6	29avril 2014	1 femelle
C7	29avril 2014	2 femelle et male
C8	01 mai 2014	2 femelle et male
C9	01mai 2014	1 femelle
C10	01mai 2014	2femelle et male

Résultats

3. Gîte de Ghardaïa :

Tableau 15 : Estimation des mise en couple

Couple	Date	Nombre du mort
C1	03mai 2014	2 femelle et male
C2	03mai 2014	2 femelle et male
C3	03 mai 2014	2 femelle et male
C4	05mai 2014	2 femelle et male
C5	05mai 2014	1 male
C6	05mai2014	1 femelle
C7	05mai 2014	2 femelle et male
C8	05mai 2014	1 male
C9	05mai 2014	2 femelle et male
C10	01mai2014	2 femelle et male

3.3 Etude épidémiologique et statistique des cas du paludisme dans les trois régions :

Dans le Sahara algérien, la transmission du paludisme demeure active dans trois foyers principaux : Ouargla, Laghouat et Ghardaïa.

3.3.1 Le paludisme dans le foyer de Ouargla :

Ancien foyer de paludisme, la région de Ouargla est classée comme zone réceptive à transmission saisonnière courte, estivo-automnale, avec possibilité de recrudescence épidémique lorsque les conditions météorologiques sont favorables. La ville de Ouargla a connu dans le passé plusieurs épidémies de paludisme particulièrement meurtrières, telle l'épidémie de 1883-85 qui a fait plus de 800 victimes dans les villages de Said Othba et Beni Thour (33, 37). Les enquêtes épidémiologiques réalisées par la suite (1983 à 1985) ont permis de confirmer l'absence de transmission, mais ont mis en évidence une vulnérabilité particulière de cette région à la réémergence de la maladie (5). L'analyse des données couvrant la période 1990 à 1999, permet de retrouver 21 cas de paludisme à *P. falciparum*, tous importés des zones subsahariennes (22). Au mois de novembre de l'année 2000, une autre épidémie de paludisme, cette fois due à *P. vivax*, a éclaté dans la cité populaire de Sokra (commune de Rouissat), où 25 cas ont été diagnostiqués touchant aussi bien les enfants que les adultes, avec un décès survenu chez un nourrisson (24). Les enquêtes entomologiques réalisées à cette époque dans les habitations et les gîtes larvaires ont mis en évidence la présence d'une seule espèce de vecteur : *Anopheles multicolor*. en 2002, 8 nouveaux cas autochtones de paludisme dû à

Résultats

P. vivax dans les villages de Bouameur et de Bamendil proches de Sokra (26). Depuis 2003 aucun autre cas autochtone n'a été signalé. Par contre, 9 cas à *P. falciparum* importés du Mali ont été déclarés. Une enquête sérologique par le test d'immunofluorescence indirecte (IFI) réalisée en 2007 dans le foyer de Ouargla a montré un taux faible de séropositifs (1,2 %) (3/260). Les 3 séropositifs étaient 2 adultes et un enfant, anciennes victimes de l'épidémie de Sokra en 2000. **(Hammadi (1), S.C. Boubidi (2), S.E. Chaib (3), A. Saber (1), Y. Khechache (1), M. Gasmi (1) & Z. Harrat (2)** et en enregistrée 04 cas en 2008 et puis 07,14,08,05 cas du paludisme enregistrée successivement en les années suivants : 2009,2010,2011 ,2012 et aucun cas signale en 2013.

Le tableau 16 :données la répartition des cas de paludisme autochtone pour les années 2001-2013 dans le premier foyers de Ouargla.

Commune	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	Total
sokra	05	10	06	02	01	00	02	00	01	00	00	05	01	33
Rouissat	20	06	00	00	00	00	00	00	00	03	00	02	00	31
Total	25	16	06	02	01	00	02	00	01	03	00	07	01	64

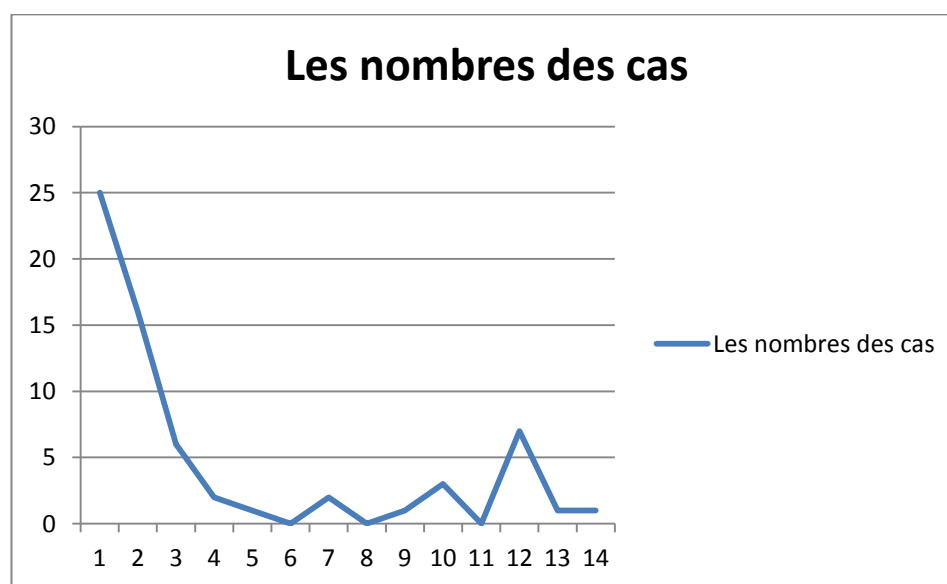


Figure : 29 Représentation des cas du paludisme dans la région de Ouargla .

D'après la figure en remarquer 25 cas épidémique du paludisme en 2001 avec une fluctuation des nombre des cas jusqu'à 2012 (07 cas confirmé) avec un seul cas décès.

Résultats

3.3.2 Le paludisme dans le foyer de Ghardaia :

Le paludisme réapparut dans la ville de Ghardaia en novembre 2004 à partir d'un cas à *P. falciparum* introduit signalé chez une fillette de 3 ans habitant le quartier populaire d'Okba (28). Un mois plus tard, 2 autres cas autochtones se déclaraient chez 2 autres fillettes âgées respectivement de 16 et 18 mois habitant le même quartier. Aucun de ces 3 enfants n'avait quitté la ville de Ghardaia. Leur traitement rapide, l'aspersion des habitations par la deltaméthrine et l'assainissement de l'oued M'zab empêchèrent probablement l'apparition de nouveaux cas. (**Hammadi (1), S.C. Boubidi (2), S.E. Chaib (3), A. Saber (1), Y. Khechache (1), M. Gasmi (1) & Z. Harrat (2)**)

Tableau 17 : Evolution des cas de paludisme par commune de 2001 à 2013.

Commune	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	Total
Ghardaïa	05	02	03	06	02	03	02	04	0	01	03	27	12	70
Bounoura					01				0	0	0	02	04	07
Daïa											02		01	03
El atteuf						01		01				02	14	18
Metlili						01				03			01	05
Zelfana			02											02
Mansourah						01							01	02
Sebseb														00
Hassilefhel														00
El menia	02	04	03	01	04	01	01	01	01	03		04	03	28
Hassi el gara	02	04	02	02		01	04					04		19
Guerrara							01							01
Berriane					01								02	03
Total	09	10	10	09	08	08	08	06	01	07	05	39	38	158

Résultats

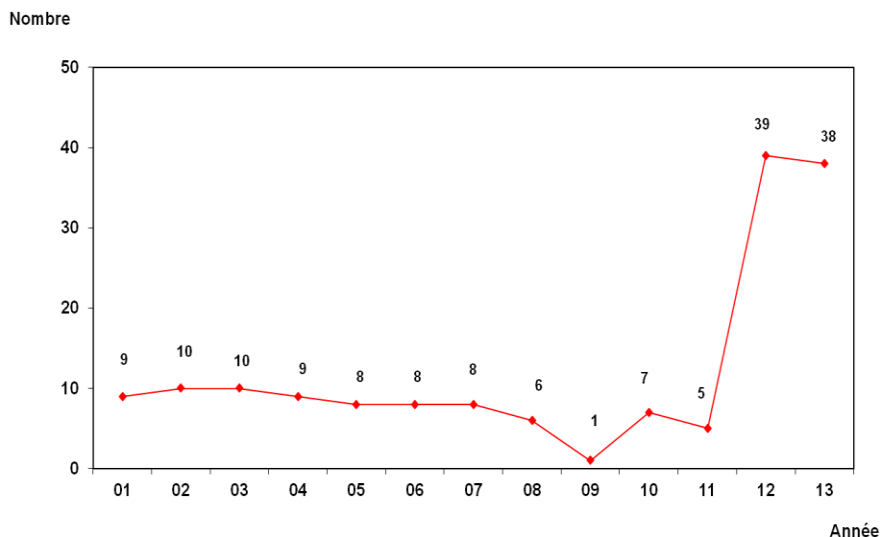


Figure 30 : représentation des cas du paludisme en 2001 à 2013 dans la wilaya de Ghardaia.

La figure ci-dessus nous montre une vraie épidémie en 2012 avec 39 cas confirmés et en 2013 nous avons trouvé 38 cas du paludisme avec un seul cas décédé.

3.3.2 Le paludisme dans le foyer de Laghouat :

Tableau 18: Situation épidémiologique du paludisme de la wilaya de Laghouat pendant deux décennies: (1992-2013) .(La direction de la santé de Laghouat Le 06/03/2014)

Les années	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Les nombres des cas	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Les années	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Les nombres des cas	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	01

Résultats

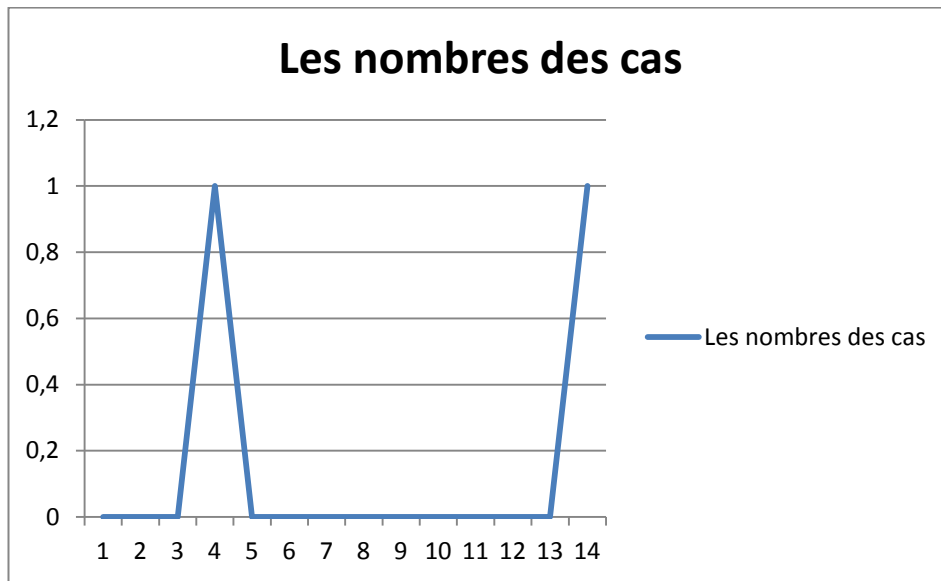


Figure 31: représentatif des cas du paludisme dans la région de Laghouat.

D'après La figure ci-dessus on remarquer le routeur un seul décès chaque décime (1993 , 2004, 2013) qui laisse un grand point d'interrogation .

Discussion

Discussion :

L'entomologie médicale, du paludisme dans le cas présent, est, par définition, une discipline pluridisciplinaire incluant des sciences biologiques (zoologie, entomologie, écologie, parasitologie...) et des sciences humaines (sociologie, démographie, anthropologie...), sans oublier des sciences de l'environnement (climatologie, météorologie, spatialisation...).(**Pieere , 2009**). Cette étude nous a permis de recensées 06 espèces de Anophilinae , dont l'espèce de *An .labranchiae* est la mieux représentées et la plus fréquente, on la rencontre en effet dans les deux gites de **Laghouat** avec un totale de 36d individus et fréquences de 92,38% , elle est suivi par *A.rufips broussesi* avec 03 individus et fréquence de 7,62%. L'analyse d'abondance montre que l' espèce : *A.labranchaie*, dominant que *A.rufis broussesi* est une espèce peu abondant .

Pour la région de **Ghardaia** nous avons trouvée 16 individus et fréquence de 18,82% et après on trouve *A.cinereuse* avec 26 individus et fréquence de 30 % , elle est suivi par *A.dthali* avec 21 individus et fréquence de 24,70% ,et après on trouve *An.labranchaie* avec de 20 individus et fréquence 23,52% et elle suivie par *An.sergentii sergentii* avec 16 individus et fréquence de 18,83% et après on trouve *An.multicolor* avec 02 individus et fréquence de 2,35% . pour la région de **Ouargla** nous avons trouve 31 individus *An.sergenti sergentii* avec une fréquence de 62%, et après on trouve *An. multicolor* avec 16 individus avec une fréquence de 32 % ce espèce peuvent être considérés comme étant les espèces le plus dominante dans notre région d'étude., elle est suivi avec individus 03d'An. dthali avec une fréquence de 6% .ce dernier espèce est relativement peu abondantes.

CONCLUSION

CONCLUSION :

L'inventaire des anophèle dans Les trois régions de Laghouat et Ghardaïa et Ouargla a été réalisé dans dix stations différentes Laghouat:2 espèces ; Ghardaïa 5espèces ;Ouargla :3especies .D'après les résultats obtenus, nous constatons que le sites de Ghardaia présentent une grande richesse totale avec 5espèces, cela est du à la présence des grands gites de différentes natures et l'abondance d'une végétation autour ces eaux claire . De plus, ces endroits sont éloignés de toute intervention humaine. Par contre la richesse dans le station de laghouat avec des faibles valeurs surtout pour la deuxième station de laghouat qui ne renferme que de gites rural à l'opposé des gites naturelles. Nous avons identifié les espèces les plus importantes, à prendre en considération dans une région qui était peu étudiée mais dont l'intérêt grandit dans le contexte climatique actuel. La démarche présentée est relativement simple ; Une enquête entomologique de terrain a permis de compléter les données rares ou éparses et d'estimer l'abondance des espèces dans la région. L'étude spatio temporelle des espèces de anophil capturées indique que certaines d'entre elles ont une période d'apparition bien définie, alors que d'autres au contraire ont une période plus large. Une bonne connaissance de la biologie et de la phénologie des espèces est nécessaire pour estimer le nombre de générations annuelles, les périodes de présence des larves et des adultes, afin de se préparer à la lutte contre ce vecteur.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- Abd El-Rahim IHA, Abd El-Hakim U, Hussein M. *An epizootic of Rift Valley fever in Egypt in 1997*. Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 1999, 18 (3) : 741-748.
- AFSSA. 2004. *Rapport sur la surveillance de l'infection à virus West Nile en France*. Agence Française de sécurité Sanitaire des Aliments, Paris, France. 48p.
- Ahmed T., Hayes C.G. et Baqar S. (1979) *Comparison of vector competence for West Nile virus of colonized populations of Culex tritaeniorhynchus from southern Asia and the Far East*. Southeast Asian. J Trop Med Public Health 10 (4): 498-504.
- Akhter R., Hayes C.G., Baqar S. et Reisen W.K. (1982) *West Nile virus in Pakistan. III. Comparative vector capability of Culex tritaeniorhynchus and eight other species of mosquitoes*. Trans R Soc Trop Med Hyg 76 (4): 449-53.
- Amara Korba Raouf (2011) *Bio-écologie du complexe Culex pipiens (Diptera: Culicidae) responsable de la transmission du virus West Nile et du virus de la Fièvre de la vallée du rift en Algérie*. Mémoire de Master II, Université- Badji Mokhtar –Annaba- Algérie : 57p.
- Jeffrey A. Anderson, Li-Hua Ping, Oliver Dibben, Cassandra B. Jabara1, Leslie Arney, Laura Kincer, Yuyang Tang, Marcia Hobbs, Irving Hoffman, Peter Kazembe, Corbin D. Jones, Persephone Borrow, Susan Fiscus, Myron S. Cohen1, Ronald Swanstrom, and the Center for HIV/AIDS Vaccine Immunology (2010) *HIV-1 Populations in Semen Arise through Multiple Mechanisms*. PLoS Pathog 6(8): e1001053. doi:10.1371/journal.ppat.1001053.
- Aouinty B, Oufara S, Mellouki F, Mahari S, *Évaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (Ricinus communis L.) et du bois de thuya (Tetraclinis articulata (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés : Culex pipiens (Linné), Aedes caspius (Pallas), Culiseta longiareolata (Aitken) et Anopheles maculipennis (Meigen)*. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 2006 10 (2), 67 – 71.
- APHIS. 2004. *West Nile virus*. Animal and Plant Health Inspection Service, United States Department of Agriculture, Washington, États-Unis.
- Arthur RR, el-Sharkawy MS, Cope SE, Botros BA, Oun S, Morrill JC, Shope RE, Hibbs RG, Darwish MA, Imam IZ. *Recurrence of Rift Valley fever in Egypt*. Lancet 342, 1149-1150.
- Afonso, A., P. Hunt, et al. (2006). "Malaria parasites can develop stable resistance to artemisinin but lack mutations in candidate genes *atp6* (Encoding the sarcoplasmic and endoplasmic reticulum Ca²⁺ ATPase), *tctp*, *mdr1*, and *cg10*." Antimicrobial Agents and Chemotherapy 50(2): 480-489.
- Arthur, A. L., A. Weeks, et al. (2008). "Investigating latitudinal clines for life history and stress resistance traits in *Drosophila simulans* from eastern Australia." J Evolution Biol 21: 1470-1479.
- Ayala, F. J. et M. Coluzzi (2005). "Chromosome speciation: humans, *Drosophila*, and mosquitoes." Proc Natl Acad Sci USA 102 Suppl 1: 6535-42.
- ABDEL-MALEK A.A. et ABDEL AAL M.A., 1966 – Study of the dispersion and flight range of *Anopheles sergenti* Theo. in Siwa Oasis using radioactive isotopes as markers. Bull. Wld. Hlth. Org., 35 : 968-973.

- ABDULLA-KHAN R., COETZEE M., HUNT R., 1998a – Description of *Anopheles (Cellia) seretsei* sp. nov. from Kasane, Botswana. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, 14 : 248-252.
- ABDULLA-KHAN R., COETZEE M., HUNT R., 1998b – Bionomics and cytogenetics of *Anopheles seretsei* Abdulla-Khan, Coetzee, and Hunt, a new species from northern Botswana. *J. Am. Mosq. Control Assoc.*, 14 : 253-255.
- ACREE F., TURNER R.B., GOUCK H.K., BEROZA M., SMITH N., 1968 – L-Lactic acid : a mosquito attractant isolated from humans. *Science*, 161 : 1346-1347.
- ADLER M., FOSTER S., GROSSKURTH H., RICHENS J., SLAVIN H., 1998 – *Sexually transmitted infections, guidelines for prevention and treatment*. DFID Health and Population Occasional Paper, London.
- AFRANE Y.A., LAWSON B.W., GITHEKO A.K., YAN G., 2005 – Effects of microclimatic changes caused by land use and land cover on duration of gonotrophic cycle of *Anopheles gambiae* (Diptera : Culicidae) in western Kenya highlands. *J. Med. Entomol.*, 42 : 974-980.
- AFRANE Y.A., ZHOU G., LAWSON B.W., GITHEKO A.K., YAN G., 2006 – Effects of microclimatic changes caused by deforestation on the survivorship and reproductive fitness of *Anopheles gambiae* in western Kenya highlands. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 74 : 772-778.
- AHMADI A., MAC CLELLAND G.A.M., 1985 – Mosquito-mediated attraction of females mosquitoes to a host. *Physiol. Entomol.*, 10 : 251-255.
- Bahnick et Fonseca 2006. *Rapid assay to identify the two genetic forms of Culex (Culex) pipiens L. (Diptera: Culicidae) and Hybrid populations*. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. 75, 251-255.
- Balenghien T. (2003) *Effet du confinement dans la propagation d'une maladie contagieuse au sein d'un réseau structuré de troupeaux*. Mémoire de DEA, Grenoble, Université J. Fourier : 60 p.
- Balenghien T. (2006) *De l'identification des vecteurs du virus West Nile à la modélisation du risque d'infection dans le sud de la France*. Thèse de Doctorat, Grenoble, Université J. Fourier : 235 p, <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00129514/fr/>.
- Baqar S., Hayes C.G. et Ahmed A. (1980) *The effect of larval rearing conditions and adult age on the susceptibility of Culex tritaeniorhynchus to infection with West Nile virus*. Mosq News 40 (2): 165-71.
- Beaver PC, Jung RC: *Animal Agents and Vectors of Human Disease*, ed 5. Philadelphia, Lea & Febiger, 1985.
- Becker N., Petric D., Zgomba M., Boase C, Dahl C., Lane J. and Kaiser A, 2003 – *Mosquitoes and their control*. Ed. Kluwer Academic, New York, 498 p.
- Benyacoub S., Louanchi M., Baba Ahmed R. et al. (1998). Plan directeur de gestion du Parc National d'El Kala et du complexe des zones humides. Projet GEF (Global Environment Facility) Banque Mondiale. 220 p. + 28 cartes. Disponible au Parc National d'El Kala.
- Boukraa S., 2010 – *Bio-systématique des moustiques (Diptera : Culicidae) dans et aux alentours des fermes d'élevage en Belgique*. Mémoire Ingénieur, Gembloux Agro Bio-Tech, Université de LIEGE, Belgique. 109 p.
- Bridgen Anne, Friedemann Weber, John K. Fazakerley, and Richard M. Elliott, (2001) *Bunyamwera bunyavirus nonstructural protein NSs is a nonessential gene product that contributes to viral pathogenesis*. PNAS 2001 98 (2) 664-669; doi:10.1073/pnas.98.2.664

- Brownie J, Shawcross S, Theaker J, Whitcombe D, Ferrie R, Newton C, Little S (1999). *The elimination of primer dimer accumulation in PCR*. Nucleic acids research 25, 3235-3241.
- Brunhes J., Rhaim A., Geoffroy B., Angel G. et Hervy J.P, 1999 – *Les Culicidae d'Afrique méditerranéenne*. Logiciel de l'Institut de Recherche pour le Développement (I.R.D.), Montpellier, ISBN 2-7099-1446-8.
- Bruno Gomes, Carla A Sousa, Maria T Novo, Ferdinando B Freitas, Ricardo Alves, Ana R Côte-Real, Patrícia Salgueiro, Martin J Donnelly, António PG Almeida and João Pinto. *Asymmetric introgression between sympatric molestus and pipiens forms of Culex pipiens (Diptera: Culicidae) in the Comporta region, Portugal*. BMC Evolutionary Biology 2009, 9:262.
- Bullini. 1982. *The electrophoretic approach to the study of parasites and vectors*. Parasitologia. 27, 1-11.
- Bryan, J. H., M. A. Di Deco, *et al.* (1982). "Inversion polymorphism and incipient speciation in *Anopheles gambiae* s.s. in the Gambia, West Africa." *Genetica* **59**: 167-176.
- Caroline, F. 1984. POLYMORPHISME CHROMOSOMIQUE ET ADAPTATION A L'ARIDITE CHEZ *ANOPHELES GAMBIAE SENSU STRICTO* 1-66. 2010.
- Callot J., et Helluy J., 1958 – *Parasitologie médicale*. Ed. Médicales Flammarion, Paris, 645 p.
- Calzolari *et al.* 2009. *West Nile surveillance in mosquitoes in Emilia-Romagna (Italy)*. Proceeding papers 5th European Mosquito Control Association Workshop. Abstract 1.8. 32-33.
- Carnevale P. et Robert V., 2009 – *Les anophèles. Biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle*. Ed. I. R. D., Marseille, 389 p.
- CDC. 2004. *West Nile virus*. Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, Etats-Unis. <http://www.cdc.gov/ncidod/dvbid/westnile>.
- Cornel A.J., Jupp P.G. et Blackburn N.K. (1993) *Environmental temperature on the vector competence of Culex univittatus (Diptera: Culicidae) for West Nile virus*. J Med Entomol 30 (2): 449-56.
- Coluzzi, M. (1992). "Malaria vector analysis and control." *Parasitology Today* **8**(4): 113- 118.
- Coluzzi, M., V. Petrarca, *et al.* (1985). "Chromosomal inversion intergradation and incipient speciation in *Anopheles gambiae*." *Bull. Zool.* **52**: 45-63. Coluzzi, M., A. Sabatini, *et al.* (1979). "Chromosomal differentiation and adaptation to human environments in the *Anopheles gambiae* complex." *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* **73**(5): 483-497.
- Cooper, G. M. (1999). *La cellule : une approche moléculaire*. Edition : De Boeck. 674p.
- Dohm, D.J., M.L. O'Guinn, M.J. Turell, 2002a. *Effect of environmental temperature on the ability of Culex pipiens (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile virus*. J. Med. Entomol., 39: 221-225.
- Doby, J. M. & Mouchet, J. (1957) *Bull. Soc. Path. exot*, 50,945-957.
- Durand J. P., L. Richecoeur, C. Peyrefitte, J.P. Boutin, B. Davoust, H. Zeller, M. Bouloy, H. Tolou (2002). *La Fièvre De La Vallée Du Rift : Infections Sporadiques De Militaires Français Hors Des Zones D'Épidémies Actuellement Connues*. *Med Trop* 2002; 62 : 291-294.

- Durand et al. 2004. *Virus West Nile: à nouveau en France chez l'homme et les chevaux*. Rev Prat. 54, 703-710.
- El Harrack et al, 1997. *Isolement du virus West Nile au Maroc*. Virology 1, 248-249.
- El Mamy et al, 2010. *Généralités sur La Fièvre de la Vallée du Rift*. 5ème colloque International francophone de Microbiologie Animale, Marrakech du 03 au 06 avril 2011.
- Erickson S.M., Platt K.B., Tucker B.J., Evans R.B., Tiawsirisup S. et Rowley W.A. (2006) *The Potential of Aedes triseriatus (Diptera: Culicidae) as an Enzootic Vector of West Nile Virus*. J Med Entomol. 43 (5): 966-70.
- Farajollahi, Ary, Fonseca, Dina M. Kramer, Laura D. Kilpatrick, A. Marm "Bird biting" mosquitoes and human disease: A review of the role of Culex pipiens complex mosquitoes in epidemiology. Infection, Genetics and Evolution, v.11, no.7, 2011 Oct, p.1577(9) (ISSN: 1567-1348).
- Faran, M. E., M. J. Turell, W. S. Romoser, R. G. Routier, P. H. Gibbs, T. L. Cannon, and C. L. Bailey. 1987. *Reduced survival of adult Culex pipiens infected with Rift Valley fever virus*. Am. J. Trop Med. Hyg. 37: 403-409.
- Faran ME, Romoser WS, Routier RG, Bailey CL 1988. *The distribution of Rift Valley virus in the mosquito Culex pipiens as revealed by viral titration of dissected organs and tissues*. Am. J. Trop. Med. Hyg. 39: 206-213.
- Fernando (C.H.), 1964. - *Report on a study of some freshwater habitats in Rangoon with special reference to the ecology of Culex pipiens fatigans*. J. Ceylon med. Sci., 13, 78-112.
- Fonseca et al. 2004. *Outbreak of West Nile virus in North America response*. Science 306, 1473-1475.

- Fanello, C., F. Santolamazza, et al. (2002). "Simultaneous identification of species and molecular forms of the *Anopheles gambiae* complex by PCR-RFLP." Medical and Veterinary Entomology **16**(4): 461-4.
- Favia, G., A. della Torre, et al. (1997). "Molecular identification of sympatric chromosomal forms of *Anopheles gambiae* and further evidence of their reproductive isolation." Insect Molecular Biology **6**(4): 377-83.
- Folk, D. G., C. Han, et al. (2001). "Water acquisition and partitioning in *Drosophila melanogaster*: effects of selection for desiccation resistance." The Journal of Experimental Biology **204**: 3323-3331.
- Fontenille, D., A. Cohuet, et al. (2003). "[Systematics and biology of *Anopheles* vectors of *Plasmodium* in Africa, recent data]." Médecine tropicale : revue du Corps de santé colonial **63**(3): 247-53.
- Gibbs, A. G. (2002). "Water balance in desert *Drosophila*: lessons from non-charismatic microfauna." Comparative Biochemistry and Physiology **133**: 781-789.
- Gray, E. M., K. A. C. Rocca, et al. (2009). "Inversion 2La is associated with enhanced desiccation resistance in *Anopheles gambiae*." Malar J **8**: 215.

- Gray, E. M. et T. J. Bradley (2005). "Physiology of desiccation resistance in *Anopheles gambiae* and *Anopheles arabiensis*." *Am J Trop Med Hyg* **73**(3): 553-9. Holt, R. A., G. M. Subramanian, *et al.* (2002). "The genome sequence of the malaria mosquito *Anopheles gambiae*." *Science* **298**(5591): 129-49.
- (Hammadi (1), S.C. Boubidi (2), S.E. Chaib (3), A. Saber (1), Y. Khechache (1), M. Gasmi (1) & Z. Harrat (2)
- Hunt, R. H., M. Coetzee, *et al.* (1998). "The *Anopheles gambiae* complex: a new species from Ethiopia." *Trans R Soc Trop Med Hyg* **92**: 231-235.
- Hamon, J., Sales, J. & Eyraud, M. (1963) *Riv. Malar.*, 42, 54.
- Harbach et al. 1984. *Culex (Culex) molestus Forskal: Neotype designation, description, variation and taxonomic status*. Proceeding Entomological Society Wash 86, 521-542.
- Hardy, J. L., Houk, E. J., Kramer, L. D. & Reeves, W. C. (1983). *Intrinsic factors affecting vector competence of mosquitoes for arboviruses*. *Annu Rev Entomol* 28, 229–262.
- Hayes C.G., Basit A., Bagar S. et Akhter R. (1980) *Vector competence of Culex tritaeniorhynchus (Diptera: Culicidae) for West Nile virus*. *J Med Entomol* 17 (2) : 172-7.
- Hegh E., 1921 – *Les moustiques, mœurs et moyens de destruction*. Ed. Imprim. Indust. & Financ., Bruxelles, 239 p.
- Hubalek and Halouzka. 1999. West Nile virus fever: a re-emerging mosquito-borne viral disease in Europe. *Emerging Infectious Diseases* 39, 113-120.
- Kirby, M. et S. Lindsay (2004). "Responses of adult mosquitoes of two sibling species, *Anopheles arabiensis* and *An. gambiae s.s.* (Diptera: Culicidae), to high temperatures." *Bulletin of Entomological Research* **94**(05): 8. Koella, J. et E. Lyimo (1996). "Variability in the relationship between weight and wing length of *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae)." *J Med Entomol* **33**(2): 261-264.
- Molineaux, L. et G. Gramiccia (1980). "The Garki Project." WHO publication: 15.
- Mutabingwa, T. K. (2005). "Artemisin-based combination therapies (ACTs): Best hope for malaria treatment but inaccessible to the needy!" *Acta Tropica* **95**: 305-315.
- Molineaux, L. et G. Gramiccia (1980). "The Garki Project." WHO publication: 15.
- Mutabingwa, T. K. (2005). "Artemisin-based combination therapies (ACTs): Best hope for malaria treatment but inaccessible to the needy!" *Acta Tropica* **95**: 305-315.
- OMS (2009). "Aide-mémoire N°94 Paludisme." OMS.
- Pacqué, M. (2004). "Prévention et traitement du paludisme pendant la grossesse." *Global Health Technical Briefs*.
- Petrarca, V., G. Sabatinelli, *et al.* (1990). "The *Anopheles gambiae* complex in the Federal Islamic Republic of Comoros (Indian Ocean): some cytogenetic and biometric data." *Parassitologia* **32**: 371-380.
- Pombi, M., B. Caputo, *et al.* (2008). "Chromosomal plasticity and evolutionary potential in

the malaria vector *Anopheles gambiae sensu stricto*: insights from three decades of rare paracentric inversions." *BMC Evol Biol* **8**(309).

- Powell, J., V. Petrarca, *et al.* (1999). "Population structure, speciation and introgression in the *Anopheles gambiae* complex." *Parassitologia* **41**: 101-113.
- Petrarca, V., G. Sabatinelli, *et al.* (1990). "The *Anopheles gambiae* complex in the Federal Islamic Republic of Comoros (Indian Ocean): some cytogenetic and biometric data." *Parassitologia* **32**: 371-380.
- Pombi, M., B. Caputo, *et al.* (2008). "Chromosomal plasticity and evolutionary potential in the malaria vector *Anopheles gambiae sensu stricto*: insights from three decades of rare paracentric inversions." *BMC Evol Biol* **8**(309).
- Powell, J., V. Petrarca, *et al.* (1999). "Population structure, speciation and introgression in the *Anopheles gambiae* complex." *Parassitologia* **41**: 101-113.
- Ramos H.-C. et Brunhes J., 2004 – *Insecta, Diptera, Culicidae, Uranotaenia. Faune de Madagascar 91*. Ed. IRD Édition, CIRAD, MNHN-Paris, Montpellier, 463 p.
- R Development Core Team (2009). R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienne, Austria. ISBN 3- 900051-07-0, URL <http://www.R-project.org> 57
- Rishikesh, N., M. A. Di Deco, *et al.* (1985). "Seasonal variations in indoor resting *Anopheles gambiae* and *Anopheles arabiensis* in Kaduna, Nigeria." *Acta Tropica* **42**: 165-170.
- Robert, V., G. Le Goff, *et al.* (1994). "Early sporogonic development in local vectors of *Plasmodium falciparum* in rural Cameroon." *Mem Inst Oswaldo Cruz* **89**(2): 23-26.
- Rodhain, F. (1999). Les maladies à vecteurs. Edition : PUF. Collection : QSJ 3494. ISBN 10 : 2130502164 – ISBN 13 : 9782130502166. 127p.
- RICHARD A., LALLEMANT M., TRAPE J.-F., CARNEVALE P., MOUCHET J., 1988b – Le paludisme dans la region forestiere du Mayombe, Republique du Congo. II- Observations parasitologiques. *Ann. Soc. Belge Méd. Trop.*, 68 : 305-316.
- RICHARD A., LALLEMANT M., TRAPE J.-F., CARNEVALE P., MOUCHET J., 1988c – Le paludisme dans la region forestiere du Mayombe, Republique du Congo. III- Place du paludisme dans la morbidite generale. *Ann. Soc. Belge Méd. Trop.*, 68 : 317-329.
- RICHMAN A.M., BULET P., HETRU C., BARILLAS-MURY C., HOFFMANN J.A., KAFALOS F.C., 1996 – Inducible immune factors of the vector mosquito *Anopheles gambiae* : biochemical purification of a defensin antibacterial peptide and molecular cloning of preprodefensin cDNA. *Insect Mol. Biol.*, 5 (3) : 203-210.
- RICHMAN A.M., DIMOPOULOS G., SEELEY D., KAFATOS F.C., 1997 – *Plasmodium* activates the innate immune response of *Anopheles gambiae* mosquitoes. *EMBO J.*, 16 : 6114-6119.
- RICKMAN L.S., JONES T.R., LONG G.W., PARANELLO S., SCHNEIDER I., PAUL C.F., BEAUDOIN R.L., HOFFMAN S.L., 1990 – *Plasmodium falciparum*-infected *Anopheles*

stephensi inconsistently transmit malaria to humans. *Am. J. Trop. Med., Hyg.*, 43 : 441-445.

- ROMANS P., BLACK W.C., SAKAI R.K., GWADTZ R.W., 1999a – Linkage of a gene causing malaria refractoriness to Diphenol oxydase A2 on chromosome 3 of *Anopheles gambiae*. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 60 : 22-29.
- ROMANS P., BLACK W.C., SAKAI R.K., GWADTZ R.W., 1999b – A gene effecting malaria refractoriness is linked to Diphenol oxydase A2 on chromosome 3 of *Anopheles gambiae*. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 60 : 29
- ROMI R., BOCCOLINI D., DI LUCA M., LA ROSA G., MARINUCCI M., 2000 – Identification of the sibling species of the *Anopheles maculipennis* complex by heteroduplex analysis. *Insect Mol. Biol.*, 9 : 509-513.
- STEPHENS J.W.W., CHRISTOPHERS S.R., 1906 – *etude pratique du paludisme et des parasites du sang*. Paris, Editions Octave Doin : 194. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POP), 2001 – UNEP/Chemicals/ 2001/3.
- SURENDRAN S.N., ABHAYAWARDANA T.A., DE SILVA B.G., RAMASAMY R., RAMASAMY M.S., 2000 – *Anopheles culicifacies* Y-chromosome dimorphism indicates sibling species (B and E) with different malaria vector potential in Sri Lanka. *Med. Vet. Entomol.*, 14 : 437-440.
- THOMAS C.J., LINDSAY S.W., 2000 – Local-scale variation in malaria amongst rural Gambian children estimated by satellite remote sensing. *Trans. Roy. Soc. Trop. Med. Hyg.*, 94 : 113-127.
- VAN BORTELW., SOCHANTA T., HARBACH R.E., SOCHEAT D., ROELANTS P., BACKELJAU T., COOSEMANS M., 2002 – Presence of *Anopheles culicifacies* B in Cambodia established by the PCR-RFLP assay developed for the identification of *Anopheles minimus* species A and C and four related species. *Med. Vet. Entomol.*, 16 : 329-334.