

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Normale Supérieure d'Enseignement Technologique

المدرسة العليا لأساتذة التعليم التكنولوجي بسكيكدة

Département des Sciences Naturelles

قسم: العلوم

الطبيعية



Mémoire de fin d'étude

مذكرة التخرج

من إعداد :

مالكي سارة

مغمولي

أحلام
ريان

En vue de l'obtention du diplôme : Professeur d'Enseignement
moyen

لنيل شهادة : أستاذ التعليم المتوسط

Thème

الموضوع

Les maladies transmises par les moustiques : méthodes de lutte

تحت إشراف الأستاذة : د. عميرة خديجة

Promotion Juin 2025 دفعة جوان



Dédicace

En préambule à ce mémoire, je tiens à remercier le bon Dieu tout puissant de m'avoir offert l'opportunité de franchir ce stade de savoir, et de M'avoir donné le courage et la patience de réaliser ce modeste travail.

Je remercie mon encadrante madame la docteure Amira Khedidja d'avoir accepté de diriger et de réaliser mon travail.

Je dédie ma remise de diplôme à ma fleur, celle qui m'a donné la vie, ma chère mère « Zina » qui s'est sacrifiée pour que j'atteigne ce stade que Dieu protège pour moi.

Je dédie aussi ma réussite à mon cher père, qui me manque énormément, et dont j'aurais tant souhaité la présence à mes côtés en ce jour, que Dieu ait son âme.

J'adresse mes plus sincères remerciements à mes frères « Chamsou et Amine » bien-aimés, qui ont toujours été un véritable pilier pour moi que Dieu protège.

ainsi qu'à ma chère sœur « Loubna » ma complice et ma compagne de route et a son marie « Azzeddin »



et je n'oublie pas les enfants de ma sœur « Loudjain et moumou », ces petits anges qui illuminent ma vie et ma grand-mère « Mebarka »

à ma partenaire de travail et collègue « Melki Sara Ahlem »

Je dédie mon travail à une âme qui m'a accompagnée, soutenue en silence, et crue.

Je tiens à remercier profondément la personne que je suis.

Je me remercie d'avoir tenu bon, d'avoir persévéré, même lorsque les choses étaient difficiles.

Je remercie mon cœur pour sa patience, mon esprit pour sa résilience, et mon âme pour n'avoir jamais perdu espoir.

Je rends hommage à la jeune femme que j'étais, celle qui n'a jamais abandonné, et qui se tient aujourd'hui fièrement pour récolter le fruit de ses efforts.

J'ai cru en moi... et aujourd'hui, je réalise ce rêve qui m'a toujours habitée.

Rayane



Dédicace

Louange à Dieu, par Sa grâce s'accomplissent les bonnes actions, et que la prière et la paix soient sur Son Messager, notre Prophète Mohammed - paix et bénédictions sur lui.

Avant toute chose, je dédie ce travail à « Melki Sara Ahlem », petite étoile de six ans à peine, qui a pris le chemin de l'école avec, dans le cœur, de grands rêves sans limites.

À moi-même, à celle qui a joué les plus belles notes de la persévérance, qui a fait de chaque défi une grande histoire de réussite, et de chaque chute un nouveau départ.

Que ceux qui lisent ces mots sachent que je suis bien plus qu'un simple nom : je suis une histoire de lutte, une flamme qui ne s'éteint pas, une femme qui mérite pleinement sa réussite

À cette version de moi que personne n'a applaudie, mais qui a enduré, résisté... puis atteint son but.

À mes chers parents, à ceux grâce à qui j'existe, qui m'ont élevée avec amour jusqu'à ce que mon tronc devienne fort.



À mes frères et sœurs: « Nada Anfel, Salwa Farah, et à mon merveilleux frère Mahmoud El-Khatib », je vous dédie cette œuvre.

À mes belles coïncidences, à ces visages croisés sans rendez-vous, à ceux qui m'ont dit: "Tu y arriveras"... et qui m'ont attendue à la porte du rêve.

À ma professeure encadrante, Madame Docteure « Amira Khedidja », qui a été bien plus qu'une simple enseignante, un modèle de patience, générosité, et de foi en la noble mission de enseignante, un modèle de patience, de générosité, et de foi en la noble mission de l'enseignement.

À mon oncle « Abdelhak, mon tout premier soutien. À ma mère, à ma tante Fati, à tous mes proches », à ma partenaire de travail et collègue, « Maghmouli Rayane, et à ma fidèle compagne de route, Helal Sondes Dorsaf ».

Et enfin, à tous ceux qui m'ont appris ne serait-ce qu'une lettre, je vous dédie le fruit de mon labeur.

Sara Ahlem

Remerciements

Louange à Dieu qui nous a accordé l'aide et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail, et que la paix et la bénédiction soient sur le plus noble des messagers.

Nous adressons nos plus sincères remerciements et notre profonde gratitude à notre encadrante, Madame Docteure « Amira Khedidja » pour son accompagnement précieux tout au long de ce travail. Ses conseils judicieux, ses remarques constructives et sa disponibilité constante ont grandement contribué à la réalisation de ce mémoire. Qu'elle trouve ici l'expression de toute notre reconnaissance.

Nous tenons également à remercier chaleureusement les membres du jury : « Madame Dr. Djeghadar Nour El Houda et Madame Dr. Khaf Allah Imen, pour avoir accepté d'évaluer notre travail et pour leurs observations pertinentes qui ont permis d'enrichir notre réflexion.

Nos remerciements vont également à l'ensemble du personnel administratif et pédagogique de l'École Normale Supérieure de

*Skikda, pour leur soutien et leur accompagnement tout au long de
notre parcours universitaire, et tout particulièrement à Monsieur
« Chaouch Rabah » chef du département des sciences, pour ses
efforts continus en faveur des étudiants et de la qualité de
l'enseignement.*

*Nous exprimons notre profonde reconnaissance à toutes les
personnes qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de
ce travail.*

Sommaire

| Titre | Page |
|---|-----------|
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Introduction | 1 |
| Chapitre 1: Les moustiques vecteurs de maladies: Méthodes de lutte | 4 |
| 1. Les arthropodes | 4 |
| 2. Les insectes | 4 |
| 3. Les diptères | 5 |
| 4. Les moustiques | 5 |
| 4.1. Histoire naturelle des moustiques | 6 |
| 4.1.1. Ancêtre des moustiques | 6 |
| 4.1.2. Apparition des moustiques | 7 |
| 4.2. La famille des Culicidae | 7 |
| 4.2.1. Les sous familles les plus connus | 8 |
| 4.2.2. Position systématique des culicidés | 9 |
| 4.3. Cycle de vie des moustiques | 10 |
| 4.3.1. L'accouplement | 11 |
| 4.3.2. L'oviposition et développement des stades aquatiques | 12 |
| 4.3.3. Les larves | 13 |
| 4.3.4. La nymphe | 16 |
| 4.3.5. L'adulte | 17 |
| 4.4. Distribution géographique | 18 |
| 4.4.1. Les moustiques anophèles impliquent dans la transmission des plasmodies humaines | 20 |
| 4.4.2. Les moustiques <i>Aedes aegypti</i> | 22 |
| 4.5. Les facteurs influençant la répartition géographique | 23 |
| 4.5.1. La température | 23 |
| 4.5.2. L'humidité | 23 |
| 4.5.3. La pluie | 24 |
| 4.5.4. Les facteurs secondaires | 24 |
| 4.6. La lutte contre les moustiques | 24 |

| | |
|---|----|
| 4.6.1. La lutte chimique | 24 |
| 4.6.1.1. Les pesticides classiques neurotoxiques | 24 |
| 4.6.1.2. Les régulateurs de croissance des insectes (IGRS) | 25 |
| 4.6.2. La lutte biologique | 26 |
| 4.6.2.1. Les ennemies naturelles (prédateurs biologiques) | 26 |
| 4.6.2.2. Les micro-organismes pathogènes | 27 |
| 4.6.2.3. Les plantes médicinales et aromatiques | 27 |
| Chapitre2 : Le paludisme: Maladie transmise par les moustiques | 30 |
| 1. Historique du paludisme | 30 |
| 2. Distribution géographique | 30 |
| 3. Classification du plasmodium | 33 |
| 4. Morphologie | 33 |
| 5. Les types du plasmodium | 35 |
| 6. Cycle biologique du parasite de paludisme | 37 |
| 6.1. Les étapes de cycle de vie du parasite de paludisme chez le moustique anophèle femelle | 37 |
| 6.2. Les étapes de cycle de vie du parasite de paludisme chez l'homme | 37 |
| 7. Mode de transmission | 38 |
| 8. Symptômes cliniques de paludisme | 38 |
| 9. Complication | 39 |
| 10. Traitement | 40 |
| 11. Mécanismes d'action des différentes molécules | 40 |
| Conclusion et Recommandations | 44 |
| Références | 47 |
| Résumés | |

Liste des figures:

| | |
|--|----|
| Figure1 : Position systématique des Culicidés..... | 1 |
| Figure2 : Cycle de vie des Culicidae..... | 11 |
| Figure 3: Les œufs des trois genres des Culicidés. (A) : Anophèles, (B) : Aedes, (C) : Culex..... | 13 |
| Figure4: Morphologie schématique d'une larve du Culicidae..... | 14 |
| Figure5: Aspect general d'une larve du stade 4 de Culicinae sous l'eau..... | 16 |
| Figure6: Aspect général d'une nymphe de Culicidé..... | 17 |
| Figure7 : Morphologie générale d'un adulte de Culicinae (<i>Culex pipiens</i>)..... | 18 |
| Figure8 : Carte de distribution globale des moustiques..... | 19 |
| Figure9 : Les six principales régions biogéographiques et leurs sous-régions..... | 19 |
| Figure10 : la distribution des différents des espèces Anopheles..... | 22 |
| Figure11 : La distribution globale d' <i>Aedes aegypti</i> | 23 |
| Figure12 : La carte mondiale du paludisme..... | 32 |
| Figure13 : Structure du Sporozoïte des parasites du genre Plasmodium..... | 34 |
| Figure14: Apical organelles of the <i>Plasmodium falciparum</i> merozoite. An electron micrograph (a) and schematic (b) of a <i>P. falciparum</i> merozoite. Abbreviations: Apical prominence (ap); dense granule (d); nucleus (n); rhoptry (r)..... | 35 |
| Figure15: Stades de développement de 4 types de Plasmodium infectant l'homme..... | 36 |
| Figure 16: Cycle de vie du Plasmodium..... | 38 |

Liste des tableaux:

Tableau 1: Famille des Culicidae.....8

Tableau2 : Mécanismes et cibles d'action des antipaludéens..... 42

Introduction

Introduction

Les maladies transmises par les vecteurs représentent l'un des défis sanitaires majeurs auxquels l'humanité est confrontée depuis des siècles. Ces dernières décennies, leur ampleur s'est intensifiée en raison des changements environnementaux et climatiques, de la croissance démographique rapide et de la dégradation des conditions de vie, notamment dans les pays en développement. Parmi ces vecteurs, le moustique est considéré comme l'un des plus dangereux, en raison de sa grande capacité d'adaptation, de reproduction rapide et de sa large distribution géographique. Le moustique est en effet responsable de la transmission de nombreuses maladies graves telles que le paludisme (la malaria), la dengue, le chikungunya, le virus Zika, entre autres.

Parmi ces maladies, le paludisme occupe une place particulière, tant par le nombre de cas et de décès enregistrés chaque année que par les défis que pose sa lutte, du fait de la complexité de son cycle de vie et des multiples facteurs biologiques et environnementaux qui conditionnent sa transmission. Le paludisme est une maladie parasitaire transmise par la piqûre de la femelle moustique *Anophèles* infectée par le parasite *Plasmodium*. Ce parasite attaque les globules rouges et provoque de fortes fièvres, des frissons, une transpiration excessive, et peut entraîner des complications graves, voire la mort en l'absence de traitement adéquat. Ce qui rend la maladie particulièrement dangereuse, c'est sa capacité à se propager silencieusement, notamment dans les zones défavorisées, où les infrastructures sanitaires sont faibles ou inexistantes.

Comprendre la biologie du moustique vecteur, ses différentes espèces, son cycle de vie, ainsi que les conditions environnementales qui favorisent sa prolifération, constitue une étape essentielle dans la maîtrise des maladies qu'il transmet. De même, l'étude du paludisme en tant que maladie parasitaire, de son agent causal, de son mode de transmission et des mécanismes d'infection, est primordiale pour orienter efficacement les politiques de santé publique et les stratégies de prévention. Ce travail s'inscrit donc dans une problématique de santé mondiale, qui allie recherche scientifique, épidémiologie et actions de terrain.

Problématique: Face à l'augmentation constante des maladies vectorielles, en particulier le paludisme, et aux défis posés par la lutte contre le moustique vecteur, cette étude soulève la problématique suivante: Dans quelle mesure la compréhension de la biologie du moustique et le cycle de vie du parasite du paludisme peut-elle contribuer au développement des stratégies efficaces de lutte contre cette maladie parasitaire dangereuse ?

Introduction

Objectifs de l'étude: À travers cette étude nous avons pour objectif :

- ✓ Fournir une vue d'ensemble sur les caractéristiques biologiques des moustiques, leur classification et leur cycle de vie.
- ✓ Identifier les facteurs environnementaux influençant la répartition géographique des moustiques.
- ✓ Étudier le paludisme : ses causes, ses symptômes, son mode de transmission, et le rôle du moustique Anophèles dans sa propagation.
- ✓ Analyser le cycle de vie du parasite Plasmodium et ses implications pour les stratégies de prévention et de traitement.
- ✓ Mettre en lumière l'importance de la sensibilisation et des interventions environnementales dans la lutte contre la maladie.

Méthodologie: Nous avons adopté une approche descriptive et analytique, fondée sur la collecte de données issues de sources scientifiques fiables : ouvrages spécialisés, articles scientifiques revus par des pairs, rapports d'organisations internationales telles que l'OMS, ainsi que des études de terrain et documents nationaux relatifs à l'incidence du paludisme. L'analyse critique de ces informations nous a permis d'établir des liens pertinents entre les aspects biologiques, écologiques et sanitaires.

Structure du mémoire: Ce mémoire s'articule autour de deux chapitres principaux :

- ✓ Chapitre 1: Présente les généralités sur le moustique, incluant sa classification, son cycle de vie, ainsi que les facteurs influençant sa répartition géographique, tout en mettant en avant les caractéristiques qui en font un vecteur de maladies et les différentes méthodes de lutte.
- ✓ Chapitre 2: Est dédié à l'étude du paludisme, avec une description générale de la maladie, l'identification du parasite responsable, le rôle spécifique du moustique Anophèles dans la transmission, et une analyse détaillée du cycle de vie du parasite.

Chapitre 1:

Les moustiques vecteurs de maladies: Méthodes de lutte

Chapitre 1: Les moustiques vecteurs de maladies: Méthodes de lutte

Les moustiques, insectes appartenant à l'embranchement des Arthropodes et la famille des Culicidae, occupent une place centrale dans les études entomologiques en raison de leur rôle majeur dans la transmission de maladies infectieuses. Ces petits insectes volants, présents dans presque toutes les régions du globe, jouent un rôle écologique important mais représentent également un défi sanitaire mondial.

1. Les arthropodes :

Les arthropodes, des invertébrés situés entre les vers et les mollusques, occupent une place centrale dans les recherches des entomologistes. D'une part, ils jouent un rôle majeur en tant que vecteurs de nombreux agents infectieux, constituant ainsi un défi de santé publique à l'échelle mondiale. D'autre part, ils représentent une source de nourriture essentielle pour de nombreuses espèces prédatrices (Trari., 1991).

Ils constituent le plus vaste embranchement animal de la planète, regroupant environ 1,5 million d'espèces identifiées, bien que de nombreuses autres restent encore à découvrir. Étymologiquement, le terme "Arthropode" dérive des mots grecs *arthron* signifiant "articulation" et *podos* signifiant "pied", désignant ainsi les organismes ayant des pieds articulés (Guillermet., 2013). Les arthropodes se répartissent en quatre classes principales : Arachnides, Crustacés, Myriapodes et Insectes. Parmi celles-ci, deux groupes regroupent des espèces impliquées dans la transmission de pathogènes à l'homme et aux animaux(Mahdi& Belaziz., 2017).

Il s'agit essentiellement de :

- La classe des **Arachnides** : représentée par **les Ixodidae** (tiques dures) **les Argasidae** (tiques molles).
- La classe des **Insectes**: représentée par **les Brachycères** :Glossinidae (glossine), Tabanidae (taons) et **les Nématocères** :Culicidae (moustique), phlébotomidae (phlébotomes), Similidae (Simulies) et les Ceratopogonidae (Culicoides).

2. Les insectes :

Les insectes constituent plus de 60 % des espèces animales répertoriées, bien que de nombreuses espèces restent probablement encore à découvrir Cette classe d'animaux a su coloniser la quasi-totalité des écosystèmes naturels en s'adaptant à une grande diversité de

modes de vie (Rodhain et Perez., 1985). Leur principale caractéristique réside dans la présence d'un exosquelette formé d'une cuticule rigide qui devient plus flexible au niveau des articulations. Le corps des insectes adultes est généralement divisé en trois sections distinctes: la tête, le thorax et l'abdomen. Il est classiquement équipé de trois paires de pattes et de deux paires d'ailes.

3. Les Diptères :

Les Diptères piqueurs sont des insectes volants dotés d'une paire d'ailes qui se nourrissent en suçant le sang de l'homme et des animaux. Dans de nombreuses régions du monde, ils créent, par leurs piqûres, une nuisance considérable. De plus et c'est plus grave. ils véhiculent nombre de maladies, surtout sous les tropiques où ils sont la cause d'une morbidité et d'une mortalité importantes (OMS., 1999)

4. Les moustiques :

Les moustiques, insectes de la famille des Culicidés, existent depuis plus de 200 millions d'années, et font partie de l'ordre des Diptères. Ils se distinguent par leur diversité, avec plus de 3 600 espèces recensées (Seguy., 1951 ; Poupardin., 2011). Leur grande capacité d'adaptation leur permet de coloniser une multitude d'environnements, notamment les zones tropicales et équatoriales, où la majorité des espèces se trouvent (Boudemagh *et al.*, 2013). Les moustiques sont des vecteurs majeurs de maladies telles que le paludisme, la dengue, le Zika, et la fièvre à virus West Nile, qui affectent chaque année des millions de personnes et causent de nombreux décès (Fradin., 1998 ; Hassaine., 2002). Le paludisme, en particulier, est responsable de plus de 300 millions de cas et un million de décès chaque année, principalement dans les régions tropicales et subtropicales (WHO., 2004).

En raison de leur rôle dans la transmission de ces maladies, les moustiques représentent un défi majeur en matière de santé publique. Chaque année, les maladies transmises par les moustiques touchent plus de 700 millions de personnes, avec des conséquences économiques importantes dans les pays tropicaux (Rodhain *et al.*, 1985).

La détection et l'étude des moustiques sont essentielles pour mieux comprendre les mécanismes de transmission des maladies, telles que le paludisme, la dengue, la fièvre jaune, et le Chikungunya, qui affectent des millions de personnes chaque année (Fradin., 1998).

En somme, bien que les moustiques jouent un rôle écologique important, leur impact en tant que vecteurs de maladies pose un problème majeur pour la santé mondiale, nécessitant des stratégies de lutte efficaces pour réduire leur propagation et protéger les populations humaines.

4.1. L'histoire naturelle des moustiques et des hommes :

Remonte à 245 millions d'années, période durant laquelle les moustiques ont réussi à coloniser presque tous les milieux, qu'il s'agisse des régions proches de l'équateur ou des zones situées près des cercles polaires. Leur capacité à se déplacer en volant, leur remarquable aptitude à se reproduire, ainsi que leurs facultés d'adaptation extraordinaires leur permettent de s'établir dans la grande majorité des environnements, qu'ils soient naturels ou façonnés par l'homme. Parallèlement, l'espèce humaine s'est multipliée et a progressivement occupé tous les continents, rendant nécessaire une mobilité rapide et toujours plus étendue. Aujourd'hui, hormis les déserts arides, les glaces éternelles de l'Arctique et de l'Antarctique, ainsi que les vastes étendues maritimes, les sociétés humaines se sont durablement implantées sur presque toute la surface du globe. Entre l'homme et le moustique, une confrontation constante s'est instaurée au fil du temps, chaque partie développant ses propres stratégies pour s'adapter et survivre (Darriet., 2014).

4.1.1. L'ancêtre des moustiques

L'origine des insectes demeure enveloppée d'un certain mystère. Les paléontologues n'ont pas encore déterminé avec certitude si les insectes trouvent leurs ancêtres parmi les crustacés (Deuve., 2000) ou s'ils descendent du péripate, une créature onychophore au corps mou, apparentée aux annélides et aux arthropodes (Reichholf., 1992). Les tout premiers insectes auraient fait leur apparition à la fin du Dévonien, il y a environ 408 à 360 millions d'années (Garouste *et al.*, 2012). Leur ascension fulgurante est due à l'enveloppe robuste et élastique qui entoure leur corps : la chitine. Sans chitine, les insectes sont vulnérables et sujets à une trop forte déperdition en eau. Leur corps se divise en trois parties : la tête, qui porte les antennes, les yeux et les appareils buccaux ; le thorax, sur lequel sont fixées les ailes et les trois paires de pattes ; et l'abdomen, à l'intérieur duquel se trouvent l'estomac, les intestins et les organes reproducteurs ainsi qu'une bonne partie du cœur et du système nerveux (Darriet., 2014).

Les plus anciens fossiles de moustiques connus ont été retrouvés inclus dans de l'ambre du Crétacé (environ 90-100 millions d'années) au Myanmar, mais les moustiques étaient apparus plusieurs dizaines de millions d'années auparavant. De récentes études de l'ADN mitochondrial

de nombreuses espèces de moustiques et d'autres insectes concluent que la divergence entre les Culicidae et les drosophiles, un autre groupe de diptères, daterait du Permien, il y a environ 273 millions d'années. Au sein des moustiques, la divergence entre les deux sous-familles, Culicinae et Anophelinae, remonterait au Jurassique, il y a environ 182 millions d'années(Lecolinet *et al.*,2022).

4.1.2. L'apparition des moustiques

Les moustiques auraient fait leur apparition au début du Jurassique, il y a environ 180 à 200 millions d'années. Une éventuelle corrélation pourrait être établie avec l'émergence, il y a 200 millions d'années, des premiers mammifères et ptérosaures. Ces animaux, dotés d'une peau moins résistante que celle des vertébrés à écailles, auraient alors pu devenir des cibles potentielles pour les piqûres (Nel., 2023).

4.2. La famille des Culicidae :

Les *Culicidae* (en français : Culicidés), elles occupent l'ensemble des terres émergées, à l'exception du continent Antarctique et de quelques îles.

La famille a été divisée en trois sous-familles: les Taxorhynchitinae, les Anophelinae, les Culicinae. Comme indique dans le (Tableau 1) et (Figure1), La famille des Culicidae comprend environs 3000 espèces et en 37 genres (Knight et Stone., 1977).

Tableau 1: Famille des Culicidae (Danis *et al.*, 1991).

| Ordre | Famille | Sous-famille | Genre |
|---------|-----------|------------------------------------|---|
| Diptera | Culicidae | <i>Anophelinae</i> 3 genres | <i>Anopheles</i> , <i>Chagasia</i> <i>Bironella</i> |
| | | <i>Culicinae</i> 33 genres | <i>Aedes</i> , <i>Culex</i> , <i>Mansonia</i> <i>Coquillettidia</i> , <i>Culiseta</i> <i>Haemagogus</i> , <i>Psorophora</i> <i>Sabethes</i> , <i>Eretmapodites</i> , <i>Opifex</i> , <i>Wyeomyia</i> , etc. |
| | | <i>Toxorhynchitinae</i> 1 genre | <i>Toxorhynchites</i> |

4.2.1. Les Sous familles les plus connues:

- ✓ **Anophelinae:** qui comprend un seul genre : *Anophèles* (15 espèces). Les *Anophèles* ont une distribution géographique quasiment mondiale, sauf dans les zones polaires (le nord du Canada, l'Alaska, le nord de la Sibérie, le Groenland, l'Islande, l'Antarctique), sur certaines îles du Pacifique central situées à l'est du Vanuatu, telles que les îles de la Polynésie française, dans l'ouest de l'océan Pacifique (comme la Nouvelle-Calédonie), sur quelques îles isolées de l'Atlantique (par exemple, Saint-Hélène, les Açores, Madère, etc.), ainsi que dans certaines parties des océans. Les régions comme les Seychelles, Rodrigues, Kerguelen, ainsi que les îles Malouines, le sud du Chili et de l'Argentine, abritent diverses espèces aux aires géographiques variées. Certaines d'entre elles possèdent une distribution restreinte à des habitats bien spécifiques, notamment les espèces cavernicoles, qu'elles soient troglobies ou troglaphiles, comme *Anopheles hamoni* ou *Anopheles caroni*. À l'inverse, d'autres espèces présentent une répartition beaucoup plus étendue. C'est le cas des espèces appartenant au complexe Gambiae, qui se retrouvent depuis la frange sahélienne jusqu'à l'Afrique australe, en traversant la forêt d'Afrique centrale.
- ✓ **Toxorhynchitinae:** Cette sous famille ne comptent que le seul genre *Toxorhynchites*; ce sont de très grands moustiques de plus de 15 mm de long; souvent parés de couleurs brillantes, qui ne piquent pas.

- ✓ **Culicinae:** La sous-famille des Culicinés comprend 33 genres, dont plusieurs revêtent une importance médicale notable en raison de leur rôle en tant que vecteurs d'arboviroses telles que la fièvre jaune, la dengue ou encore l'encéphalite japonaise, ainsi que de filarioses lymphatiques. Certains moustiques du genre *Aedes* (comme *Ae. aegypti*) et *Culex* (comme *Cx. quinquefasciatus*) sont responsables de la transmission de plasmodiums aviaires, respectivement *P. gallinae* et *P. relictum*. Toutefois, ils n'interviennent jamais dans les cycles de transmission des paludismes humains.

4.2.2. Position systématique des Culicidés: Résumée dans la figure suivante (Figure1).

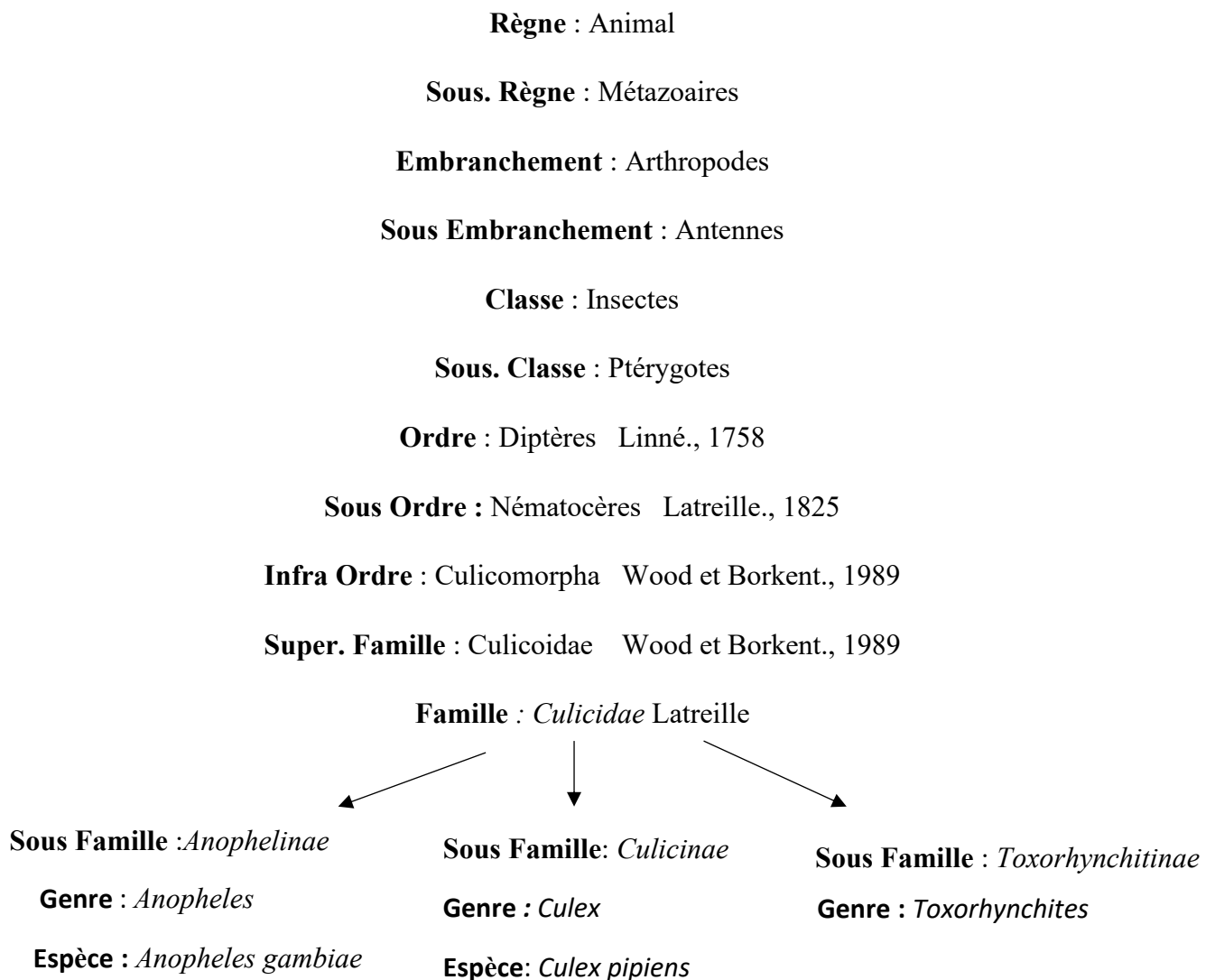


Figure1 : Position systématique des Culicidés (Berchi., 2000).

4.3. Cycle de vie des moustiques :

Les moustiques possèdent une incroyable capacité d'adaptation, leur permettant de s'acclimater à des conditions climatiques variées ou à des transformations de leur

Chapitre 1 : Les moustiques vecteurs de maladies : Méthodes de lutte

environnement (Cléments., 2000 ; Becker *et al.*, 2010). Grâce à cette faculté, ils peuvent coloniser une grande diversité d'écosystèmes. On les retrouve depuis les régions tropicales jusqu'aux abords du cercle arctique, des plaines aux sommets des montagnes, et sur tous les continents, à l'exception de l'Antarctique. Ces insectes occupent une variété impressionnante d'habitats aquatiques. Leurs sites de ponte sont tout aussi diversifiés : les larves de moustiques s'installent aussi bien dans des étendues d'eau permanentes que temporaires, qu'elles soient très polluées ou d'une grande pureté, de grande taille ou réduites à de petites accumulations. Même des réceptacles modestes comme des seaux, vases, pneus usagés ou empreintes laissées au sol peuvent constituer des habitats larvaires potentiels (Cléments., 2000).

Le cycle biologique du moustique (Figure2) se divise en une phase aquatique et une phase aérienne. Les adultes, ou imagos, évoluent dans un milieu aérien, tandis que les œufs, les larves et les nymphes, qui correspondent aux stades préimaginaux, vivent principalement dans l'eau douce, bien que parfois dans des environnements saumâtres (Clements., 1999). La femelle se nourrit généralement de sang afin de permettre la maturation des ovocytes. Ce cycle complet s'étend sur une durée d'environ douze à vingt jours dans des conditions optimales.

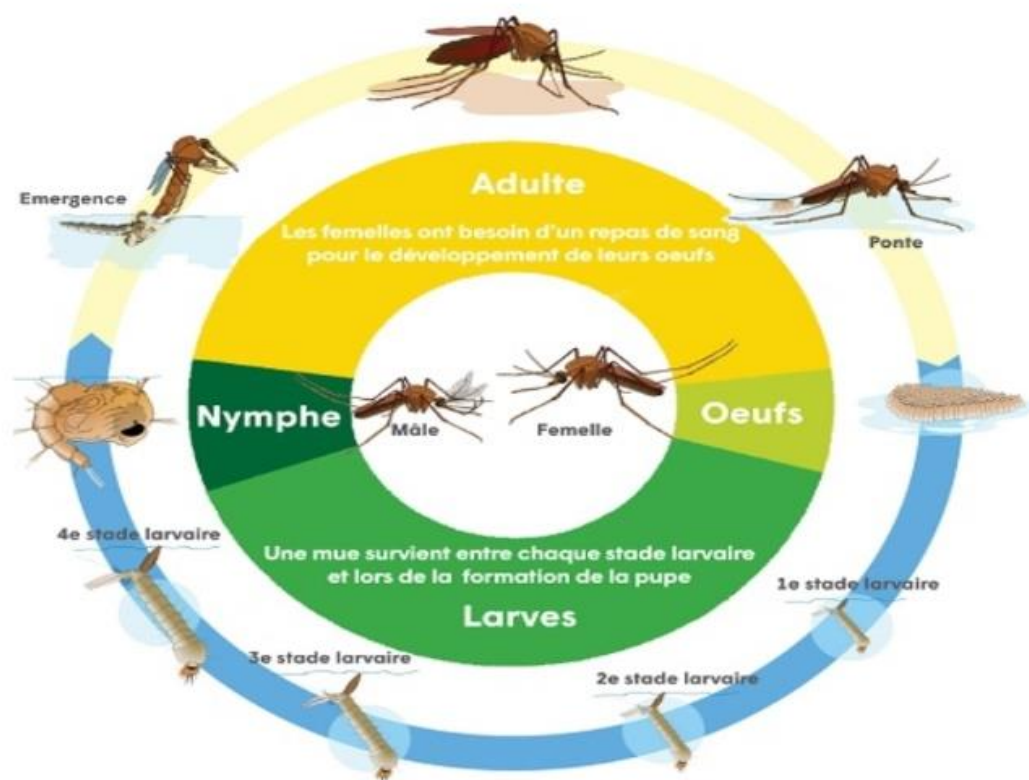


Figure2 : Cycle de vie des Culicidae.

Le cycle de vie décrit est partagé par toutes les espèces de moustiques. Cependant, le comportement et les modalités de transition entre les différents états physiologiques varient selon le genre, parfois même l'espèce, ainsi que la localisation géographique. Les trois principaux genres étudiés regroupent les principales espèces vectrices: *Aedes*, *Anopheles* et *Culex* (Cléments., 2000).

4.3.1. L'accouplement : L'accouplement des moustiques se produit généralement en vol ou dans la végétation et n'a lieu qu'une seule fois au cours de leur vie (Anonyme., 2000 ; Anonyme b., 2017). Chez les moustiques de la région paléarctique, l'accouplement commence lorsque les femelles rejoignent les essaims de mâles en vol, lesquels se forment en fonction de facteurs environnementaux comme le vent et l'heure de la journée. Les phéromones, notamment le son des battements d'ailes, jouent un rôle essentiel dans l'attraction des femelles (Cléments., 1999). Pendant l'accouplement, le mâle transfère son sperme dans la spermathèque de la femelle et libère des substances qui la rendent insensible aux avances d'autres mâles (Becker *et al.*, 2010). Le sperme stocké est utilisé pour féconder tous les œufs pondus par la femelle tout au long de sa vie. Après l'accouplement, les mâles meurent généralement.

Les moustiques peuvent être classés en deux types en fonction de leurs besoins en espace pour se reproduire : les eurygames, qui nécessitent un large espace pour l'essaimage, et les sténogames, qui peuvent s'accoupler dans des espaces plus confinés (Cléments., 1999). Pour que les œufs mûrissent, un repas de sang est nécessaire, incitant les femelles à chercher activement un hôte (Cléments., 1999). Le choix de l'hôte varie selon l'espèce, les préférences étant ornithophiles, mammophiles, anthropophiles, ou opportunistes comme chez *Ae. albopictus*. Après un repas de sang, la femelle cherche un site de repos pour permettre la maturation de ses œufs dans ses ovaires. Ce site peut être intérieur ou, plus fréquemment, extérieur, et la distance par rapport à l'hôte dépend des conditions environnementales (Becker *et al.*, 2010).

La maturation des œufs est influencée par la nutrition des larves, la photopériode et la température, qui affectent la durée et l'existence des œufs (Cléments., 2000). Une fois les œufs matures, la femelle recherche un site de ponte pour l'oviposition et se nourrit à nouveau, relançant ainsi le cycle trophogonique. La durée de ce cycle varie selon l'espèce, les conditions climatiques et l'environnement. Par exemple, à Moscou, les femelles d'*Anopheles maculipennis* complètent leur cycle trophogonique en 7 jours, tandis qu'à Saint-Pétersbourg, ce délai est réduit à 3 jours et 12 heures. À l'île d'Ellesmere, au Canada, *Aedes impiger* devient gravide en 6 jours

ou moins, tandis qu'*Aedes nigripes* atteint ce stade en 8 jours ou moins (Cléments., 1999; Cléments., 2000).

4.3.2. L'oviposition et développement des stades aquatiques: Les femelles pondent entre 50 et 500 œufs, généralement 2 à 4 jours après un repas de sang, un délai qui s'allonge lorsque les températures diminuent (Cléments., 2000). Les moustiques peuvent être classés en deux groupes en fonction de leur comportement de ponte (Cléments., 2000). Le premier groupe de femelles dépose ses œufs directement à la surface de l'eau, soit individuellement, comme chez les *Anopheles*, soit en amas, comme chez les *Culex*. Ces œufs (Figure 3) éclosent rapidement. Le second groupe pond ses œufs sur des sols humides mais non submergés, ces œufs entrent en dormance jusqu'à l'inondation des sites de ponte, une phase de repos déclenchée par des facteurs externes. Cette dormance peut durer de quelques jours à plusieurs mois, comme c'est le cas pour les espèces du genre *Aedes*. Plusieurs paramètres influencent le choix d'un site de ponte, tels que les conditions physico-chimiques, la présence de larves de la même espèce (via des stimuli physico-chimiques), la présence de prédateurs, la végétation locale, entre autres (Cléments., 2000 ; Becker *et al.*, 2010). Le choix du site de ponte joue un rôle crucial dans le succès du développement des stades immatures. Selon les espèces, le nombre d'œufs pondus peut atteindre jusqu'à 300 (Urquhart *et al.*, 1996), et ces derniers éclosent en 24 à 48 heures (Ripert., 2007). Les œufs, généralement fusiformes, mesurent environ 0,5 mm. Lors de la ponte, ils sont initialement blanchâtres mais prennent rapidement une teinte marron noir en raison de l'oxydation de certains composants chimiques de leur enveloppe (Rioux., 1958).



Figure 3: Les œufs des trois genres des Culicidés. (A) : Anophèles, (B) : Aedes, (C) : Culex (Berchi., 2000).

4.3.3. Les larves: Les larves de moustiques ressemblent à de petits vers dépourvus de pattes et d'ailes. Entièrement aquatiques, elles mesurent entre 8 et 12 mm à maturité. Avant d'atteindre leur taille maximale, elles doivent muer trois fois. Ces larves respirent l'air atmosphérique en surface grâce à leurs stigmates respiratoires (Guillaumot., 2005). On distingue quatre stades larvaires généralement désignés par L1, L2, L3 et L4. Leur corps est divisé en trois parties nettement distinctes, une caractéristique particulièrement marquée au quatrième stade larvaire (Rioux., 1958) (Figure4).

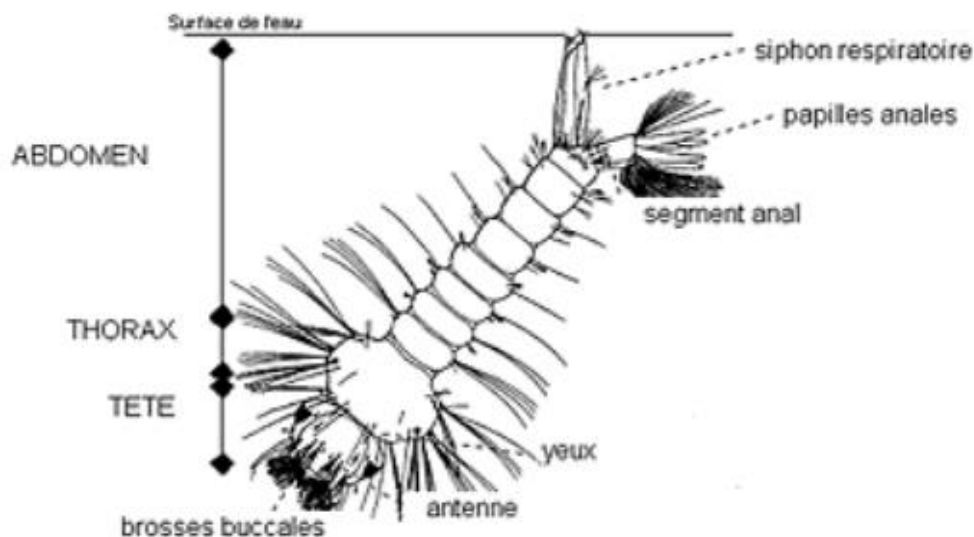


Figure 4: Morphologie schématique d'une larve du culicidae.

a) La tête:

La tête est nettement séparée du thorax et se compose de trois plaques chitineuses connectées par des sutures : - Une plaque unique située dorso-médianement, appelée fronto-clypeus. - Deux plaques latérales symétriques, les épïcrañiennes. Elle porte dorsalement une paire d'antennes et

deux paires d'yeux (les yeux larvaires et ceux de l'imago futur). Ventralement se trouvent deux palpes maxillaires ainsi que les pièces buccales. Les plaques sont ornées de soies aux morphologies variées. De plus, la tête peut effectuer une rotation de 180° sur son axe, ce qui lui permet de se nourrir à la surface de l'eau (Anonyme., 2004).

b) Le thorax:

Le texte décrit une structure qui fait suite au cou et dont la forme est grossièrement quadrangulaire. Elle est composée de trois segments soudés : le prothorax, le mésothorax et le métathorax. Les faces ventrales et dorsales présentent des ornements de soies, parmi lesquelles certaines sont particulièrement utilisées pour les diagnostics. Celles-ci incluent notamment la soie métathoracique dorsale 1 ainsi que les soies 9 à 12 situées sur les faces ventrales méso et métathoraciques, également appelées soies pleurales (Anonyme., 2004).

c) L'abdomen:

L'abdomen, de forme allongée et sub-cylindrique, se compose de neuf segments bien distincts. Le huitième segment revêt une importance majeure en taxonomie, comme l'a souligné Sinerge en 1974. C'est à ce niveau que se distingue le siphon respiratoire, une caractéristique propre à la sous-famille des Culicinae. Chez les *Anophèles*, en revanche, le siphon est totalement absent.

Le développement embryonnaire des moustiques, qui commence presque immédiatement après la ponte, est fortement influencé par la température (Cléments., 2000; Becker *et al.*, 2010). En quelques jours à une semaine, selon les conditions, l'embryon se transforme en larve, qui éclot dès qu'elle est prête, mais ne survit que quelques jours sans eau. Les œufs des moustiques du genre *Aedes*, en revanche, possèdent une capacité unique à résister à la dessiccation. Ces œufs peuvent rester viables pendant des mois, voire des années, en l'absence d'eau, et n'éclosent que lorsque les conditions sont favorables, comme les pluies ou la mise en eau artificielle (Becker *et al.*, 2010). Ce mécanisme sophistiqué leur permet de réguler l'éclosion en fonction de la température, de l'humidité et de l'exposition à la lumière (Cléments., 2000).

Les habitats larvaires des moustiques varient en taille et en profondeur, allant des petites traces d'eau laissées par les animaux jusqu'à des marais ou des rizières (Cléments., 2000; Becker *et al.*, 2010). Bien que la majorité des espèces préfèrent les eaux douces, certaines comme *Aedes vexans* se trouvent dans des milieux saumâtres ou salés, tels que les zones périodiquement inondées au bord des rivières et lacs. Les marais, les mangroves, les fossés et les bords de ruisseaux constituent des habitats pour les moustiques du genre *Anopheles*, tandis que des petits

réceptacles d'eau stagnante, tels que des pots de fleurs et des pneus usagés, sont propices aux espèces comme *Culex pipiens*, *Aedes aegypti*, et *Aedes albopictus* (Becker *et al.*, 2010).

Les larves de moustiques se déplacent activement dans leur habitat aquatique et se nourrissent principalement de micro-organismes, d'algues, de protozoaires, d'invertébrés et de débris (Cléments., 2000). Elles sont particulièrement voraces en raison de leurs besoins alimentaires pour leur développement. Leur croissance est discontinue et comprend quatre mues successives, la dernière donnant lieu à une nymphe (Cléments.,1999). La durée du développement larvaire varie selon la température : par exemple, *Ae. vexans* et *Cx. pipiens* mettent 6 à 7 jours pour se développer dans une eau à 30 °C, mais 21 à 23 jours à 15 °C. Ces espèces cessent de se développer lorsque la température descend en dessous de 7 à 8 °C (Becker *et al.*, 2010).

Certaines espèces, comme *Ae. impiger* et *Ae. punctator*, peuvent se développer à des températures aussi basses que 1,1 °C et 3,3 °C respectivement, avec une température idéale de 9 °C pour leur développement (Cléments., 2000). Dans les habitats larvaires, la population est régulée par divers processus, y compris la compétition entre larves pour la nourriture, ce qui allonge la durée de développement, réduit les chances d'émergence réussie et limite la taille des larves. En outre, les larves sont confrontées à des prédateurs aquatiques, comme des insectes, des poissons ou des batraciens (Cléments., 2000; Becker *et al.*, 2010) (Figure5).



Figure5: Aspect general d'une larve du stade 4 de Culicinae sous l'eau (Anonyme.,2000).

4.3.4. La nymphe:

Elle est en forme de virgule ou de point d'interrogation (Rodhain *et al.*, 1985), respire très fréquemment mais ne se nourrit plus. Elle présente une zone céphalothoracique antérieure,

dépourvue d'orifice buccal, avec deux ocelles situés sur la face dorsale. On y trouve également une paire de cornets ou tempêtes respiratoires qui enveloppent les troncs trachéens principaux. À leurs extrémités se trouvent des stigmates respiratoires, dont la morphologie varie en fonction des espèces : - Longs et fins chez *Culex* et *Aedes*. - Courts et évasés chez les Anophèles. L'abdomen est incurvé et se compose de huit segments distincts, tandis que les neuvième et dixième segments sont fortement réduits. Le neuvième segment porte deux larges expansions plates, appelées palettes natatoires, utilisées pour les déplacements (Claude., 2003)(Figure6).

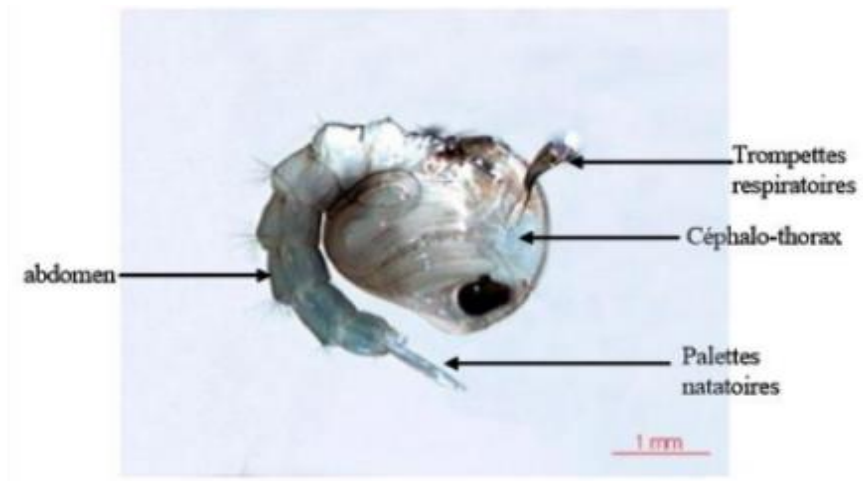


Figure 6: Aspect général d'une nymphe de Culicidé (Berchi., 2000).

Les nymphes ne mangent rien. La nymphe devient adulte en deux à quatre jours. La durée peut être diminuée ou prolongée selon la température, la durée étant inversement liée à la température. Durant ce stade a lieu le processus de métamorphose (Cléments., 2000) pendant lequel les organes de la larve sont remodelés afin de former le corps de l'adulte. La graisse corporelle de la nymphe pourra être utilisée pour produire des œufs pour les espèces autogènes (les femelles de ces espèces pondent une première fois sans avoir consommé de sang préalablement) ou comme réserve lors d'une diapause. La nymphe se déplace à la surface de l'eau et est exposée aux prédateurs au risque. Toutefois, les nymphes de diverses espèces de moustiques sont plutôt résistantes à la secousse (Becker *et al.*, 2010).

4.3.5. L'adulte :

La tête, le thorax et l'abdomen constituent le corps du moustique adulte (Gueye., 2013). Culicidae est un genre d'oiseaux à ailes et à pattes trois paires. Deux altères (balanciers) remplacent la seconde paire d'ailes. Selon les espèces, les adultes ont une taille variant de 5 à 20 mm. Les antennes plumeuses du mâle, qui est généralement plus petit que la femelle, lui confèrent une apparence « moustachu » (Both., 1980 ; Wood., 1984)(Figure7).

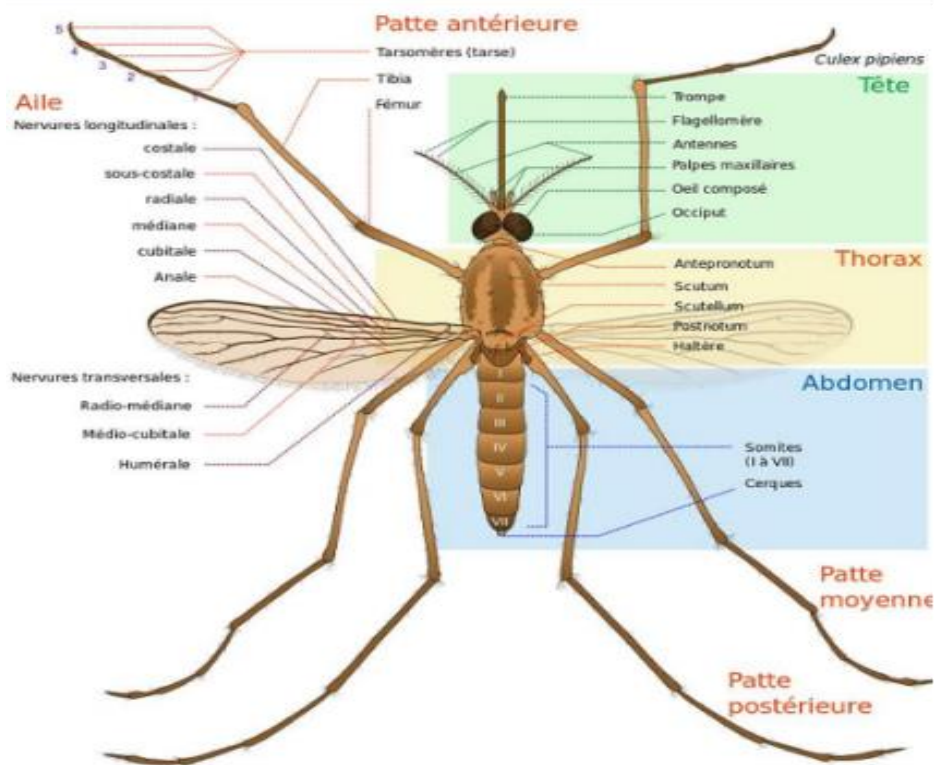


Figure 7 : Morphologie générale d'un adulte de Culicinae (*Culex pipiens*)

La phase d'apparition correspond à la transition de la vie aquatique immature à la vie aérienne adulte. La personne se déplace à la surface de l'eau afin de se débarrasser de son exutoire⁷. Durant cette étape, la personne est extrêmement exposée aux conditions météorologiques (vent et pluie). Le moustique peut voler après avoir déployé ses ailes, c'est-à-dire après quelques minutes. Les mâles et les femelles doivent attendre environ 1 à 1,5 jours pour adapter leur métabolisme. La maturité sexuelle des mâles se produit après un jour, tandis que celle des femelles se produit après 1 à 2 jours. Les mâles ont une taille inférieure à celle des femelles issues d'une même naissance (Cléments., 1999; Becker *et al.*, 2010)

4.4. Distribution géographique :

L'espèce humaine, quant à elle, s'est développée et s'est établie partout sur la planète, ce qui explique la nécessité croissante pour elle de voyager rapidement et de plus en plus loin. Aujourd'hui, à l'exception des déserts ardents, des glaces de l'Arctique et de l'Antarctique, des mers et des océans, les sociétés humaines ont établi une présence durable sur l'ensemble du globe. Une bataille quotidienne s'est déroulée entre l'homme et le moustique, que le temps a pris en charge de renforcer, chaque partie se défendant avec les armes qui lui sont propres (Darriet., 2014) (Figure 8).

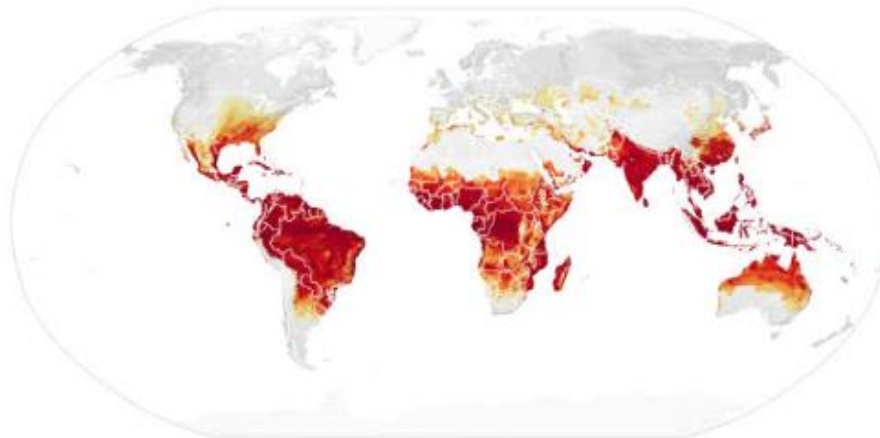


Figure 8 : Carte de distribution globale des moustiques

•Principales espèces et leur distribution géographique : (Figure9)

- Le moustique Anopheles :



Figure9 : Les six principales régions biogéographiques et leurs sous-régions

4.4.1. Les principaux anophèles impliqués dans la transmission des plasmodies humaines : (Figure10)

Les taxa sont classés de la plus grande à la plus petite espèce: genre, sous-genre, série, groupe, sous-groupe, complexe, espèce, sous-espèce. L'espace paléarctique.

- Sous-groupe Maculipennis: au moins 9 espèces en Europe, dont *An. atroparvus*, *An. labranchiae*, *An. maculipennis*, *An. melanoon*, *An. messeae*, *An. Sacharovi* et *An. Martinius* comme vecteurs.
- Le sous-groupe Quadrimaculatus comprend 6 espèces, dont 5 néarctiques, ainsi que le vecteur *An. becklemishevi*, qui se trouve en région paléarctique (Scandinavie et Russie).
- Les espèces du complexe Claviger sont *An. claviger* et *An. petragnani*.

a) Région orientale :

- Groupe Culicifacies : 5 familles : *An. culicifacies A, B, C, D et E*.
- Les espèces du complexe Minimus comprennent *An. minimus*, *An. harrisoni* et *An. minimus espèce E*.
- Les 7 espèces du complexe Dirus sont *An. dirus*, *An. cracens*, *An. scanloni*, *An. baimaii*, *An. elegans*, *An. nemophilous* et *An. takasagoensis*.
- Les 4 espèces du complexe Leucosphyrus sont *An. balabacensis*, *An. introlatus*, *An. latens* et *An. leucosphyrus*.
- Le groupe de 8 espèces décrites, appelé Maculatus, se divise en 2 sous-groupes, avec *An. maculatus* en tant qu'espèce vectrice principale.
- Les trois espèces du complexe fluviatilis sont *An. fluviatilis S, T et U*.
- Le groupe de 27 espèces décrites, Hyrcanus, est divisé en 2 sous-groupes comprenant 3 espèces vecteurs : *An. sinensis*, *An. lesteri* et *An. nimpe*.

b) Région afro-tropicale :

- Harbach recense 8 espèces dans le complexe Gambiae, y compris *An. comorensis* (voir p. 110 et suivantes), parmi lesquelles les principales espèces vecteurs sont *An. gambiae* avec ses deux formes moléculaires M et S, *An. arabiensis*, *An. melas*, *An. merus* et *An. bwambae*.
- Groupe Funestus : ce groupe de 28 espèces comprend 3 de ses 5 sous-groupes qui se trouvent entièrement ou partiellement en région afro-tropicale. Le sous-groupe Funestus comprend 5 espèces : *An. funestus*, *An. aruni*, *An. confusus*, *An. parensis* et *An. vaneedeni*. Le sous-groupe Rivulorum comprend 4 espèces : *An. rivulorum*, *An. rivulorum-like*, *An. brucei* et *An.*

fuscivenosus. Le sous-groupe *Minimus* comprend 8 espèces dont *An. lesoni* est la seule espèce afro-tropicale.

– Le complexe Nili comprend quatre espèces : *An. nili*, *An. carnevalei*, *An. somalicus* et *An. ovengensis*, qui est actuellement la dernière espèce vectrice de plasmodies humaines présentée.

c) Région d'Australie:

– Groupe *Punctulatus* comprend 12 espèces : *An. punctulatus*, *An. koliensis*, *An. clowi*, *An. rennellensis*, « *An. sp. nearpunctulatus* », ainsi que les espèces suivantes qui font partie des 7 espèces dans le complexe Farauti : *An. farauti* (ancien farauti n° 1), *An. hinesorum* (ancien farauti n° 2), *An. torresiensis* (ancien farauti n° 3), *An. farauti* n° 4, *An. farauti* n° 5, *An. farauti* n° 6, *An. irenicus* (ancien farauti n° 7).

d) Région américaine

– Groupe *Maculipennis* : 23 espèces, dont 4 espèces non-sous-groupe, dont *An. aztecus*, et 19 espèces réparties en 3 sous-groupes : sous-groupe *Maculipennis* avec 9 espèces, sous-groupe *Quadrifasciatus* avec 6 espèces et sous-groupe *Freeborni* avec 4 espèces, *An. freeborni*, *An. earlei*, *An. occidentalis*, *An. hermsi*.

– Famille *Pseudopunctipennis* : 7 espèces, dont *An. pseudopunctipennis*.

– Groupe *Albitarsis* : *An. albitarsis*, *An. albitarsis* B et E, *An. deaneorum*, *An. marajoara*.

– La variété *An. Darlingi*.

– La variété *An. albimanus*.

– Parmi les 16 espèces du groupe *Oswaldoi*, le complexe *Nuneztovari* est composé de 2 espèces jumelles : *An. nuneztovari* (anciennement cytotypes B/C) et *An. nuneztovari* A.

La série *Arribalzagia* compte 24 espèces, dont le vecteur *An. vestitipennis* (Harbach., 2004).

Les 12 espèces du sous-genre *Kerteszia* sont les vecteurs *An. bellator*, *An. cruzii*, *An.*

homunculus et *An. Neivai*.

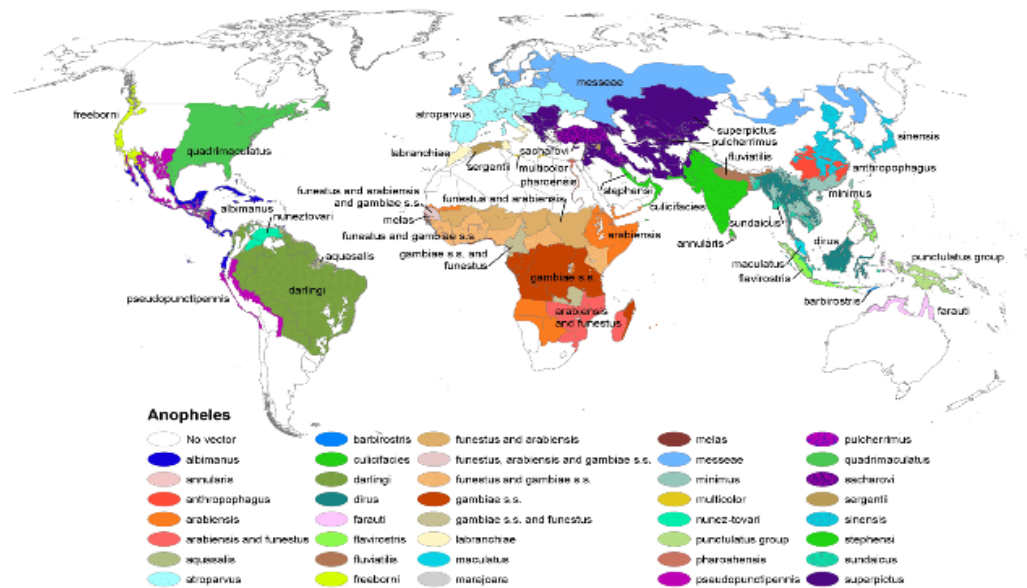


Figure10 : la distribution des différents des espèces Anopheles.

4.4.2. Les moustiques *Aedes aegypti* :

On connaît que le moustique *Aedes aegypti* est responsable de la propagation du virus de la dengue, du virus de la fièvre jaune, du virus du chikungunya et du virus Zika au niveau mondial. On l'a proposé comme un possible vecteur du virus de l'encéphalite équine vénézuélienne. Elle se rencontre aujourd'hui dans toutes les régions tropicales, y compris en Afrique (région d'origine) et dans plusieurs régions subtropicales :

- Sud-est des États-Unis
- Moyen-Orient
- Asie du Sud-Est
- Les îles du Pacifique et des Indiens
- Nord de l'Australie (Soumahoro *et al.*, 2010) (Figure11).

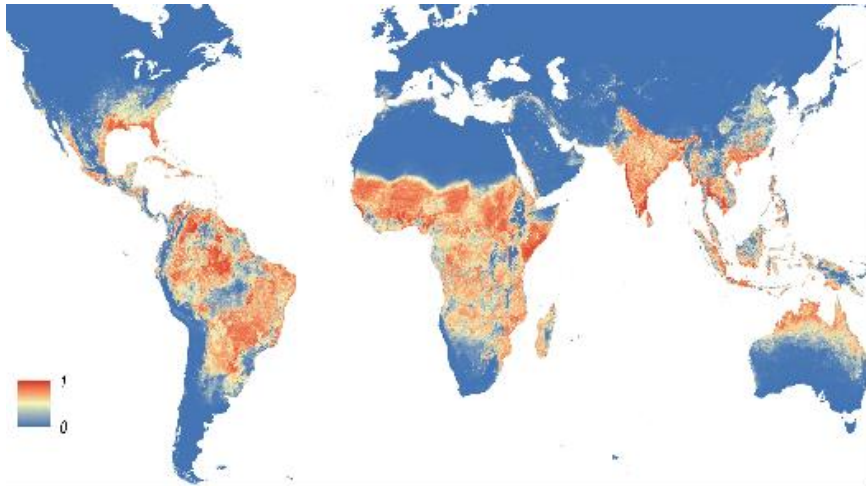


Figure11 : La distribution globale d'*Aedes aegypti*

4.5. Les facteurs influençant la répartition géographique :

Il y a ainsi beaucoup de facteurs qui déterminent les conditions de survie et de distribution du moustique. Les plus importants, soit la température, l'humidité et la pluie, ainsi que d'autres, secondaires, sont décrits ci-dessous :

4.5.1. La température :

La température dépasse 35°C, ce qui perturbe la digestion du sang et pratiquement arrête la production d'œufs. L'espèce n'est donc pas reproductrice. La température idéale pour la croissance du cycle gonotrophique est de 30°C environ.

À une température supérieure à 40°C, les œufs sont généralement chauffés, tandis que le point mort thermal des larves, la température à laquelle elles sont chauffées, varie selon chaque espèce et influence la répartition de celles-ci.

4.5.2. L'humidité:

La quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, qui fluctue en fonction de la température, joue un rôle essentiel dans la survie et l'activité du moustique adulte, avec un maximum situé aux environs de 90%. Lorsque l'humidité relative moyenne annuelle à 8 heures du matin est inférieure à 60%, cela signifie que le moustiques a cessé d'agir et qu'il n'y a pas eu de transmission. En trouvant refuge dans des crevasses ou des fissures, il peut créer un micro-climat qui garantit la survie (estivation) de l'espèce et donc sa reproduction, lorsque les conditions redeviendront favorables.

4.5.3. La pluie:

Le troisième facteur majeur qui influence le vecteur est son impact sur la température et l'humidité, car il contribue également à la formation ou à la maintenance de gîtes pour les larves, ce qui entraîne une augmentation du nombre de moustiques.

La quantité de pluie ne joue pas un rôle direct dans le maintien ou l'augmentation des densités de moustiques, mais plutôt la régularité et la fréquence des précipitations.

4.5.4. Les facteurs secondaires:

La dispersion (passive) des moustiques dépend des vents. *A. pharaoensis*, un vecteur africain, a été découvert à une distance de 72 km du plus proche gîte larvaire.

La capacité des moustiques à voler (dispersion active) varie d'une espèce à l'autre, mais se situe généralement entre 400 et 900 mètres. Chez *A. dthali*, cependant, un autre vecteur africain, une capacité de vol de 1600 mètres a été observée.

Le biotope spécifique de chaque espèce qui détermine et définit son aire de répartition.

La tension superficielle des eaux, leur acidité (pH), leur salinité, les gaz dissous et la présence de matériaux organiques influencent directement le cycle aquatique du moustique.

(Noguer.,1979).

4.6. Lutte contre les moustiques : il existe deux types comme suit :

4.6.1. **La lutte chimique:** La lutte chimique était le moyen majeur de contrôle de ses vecteurs, les pesticides utilisés sont les suivants :

4.6.1.1. Les pesticides classiques neurotoxiques :

- **Organochlorés** (ex. DDT, lindane): Les composés de ce groupe sont préparés industriellement et se présentent sous forme de poudre insoluble dans l'eau mais soluble dans les solvants organiques. Ce type de pesticide diffère par sa stabilité, la plupart étant rapidement dégradés.

Ils provoquent une paralysie suivie de la mort chez l'organisme ciblé, en libérant une enzyme toxique appelée estérase, qui bloque la transmission de l'influx nerveux en inhibant l'acétylcholine.

Le premier pesticide organochloré, le dichloro-diphényl-trichloroéthane (DDT), a été utilisé pour la première fois en 1942. Il a joué un rôle important dans la lutte contre les insectes vecteurs de maladies comme le paludisme et le choléra (Ahmed-el aloui & Takik.,2018).

- **Organophosphorés** (ex. malathion, chlorpyrifos): Ils inhibent l'enzyme acétylcholinestérase, provoquant une accumulation d'acétylcholine et paralysant le moustique. Ils agissent rapidement sur les moustiques adultes et les larves. Chez l'homme, ils peuvent entraîner des troubles neurologiques aigus (tremblements, confusion, paralysie) en cas d'exposition directe. Une exposition chronique est liée à des effets neurodégénératifs et endocriniens (Hanak & Calas., 2023).

- **Carbamates** (ex. Oxam) :

Les composés N-méthylcarbamates sont parmi les carbamates les plus couramment utilisés. Ils sont généralement peu volatils et solubles dans les substances lipidiques. Ces pesticides ont été développés après les composés organophosphorés et sont également des neurotoxines, agissant par inhibition de l'enzyme cholinestérase ainsi que de l'estérase aliphatique. Certains d'entre eux sont hautement toxiques pour les mammifères (Testude., 2011).

- **Pyréthrinoïdes** (ex. perméthrine, deltaméthrine, cyperméthrine) : Ils affectent les canaux sodiques neuronaux des moustiques, causant paralysie et mort rapide. Très efficaces à faible dose, ils sont largement utilisés dans les moustiquaires et sprays domestiques. Chez l'homme, ils sont généralement bien tolérés, mais peuvent provoquer des irritations cutanées, picotements ou allergies chez certaines personnes. Une exposition excessive peut perturber le système nerveux central, surtout chez les enfants (Durand *et al.*, 2013).

L'utilisation de ces pesticides neurotoxiques à long terme a causé des effets secondaires (accumulation de résidus dans la chaîne alimentaire, effets sur les organismes non visés...). Cependant, en dehors de leur neurotoxicité, les produits chimiques utilisés sont devenus moins efficaces du fait de la résistance développée par certaines espèces de moustiques et insectes en général (Rodriguez *et al.*, 2002; Konan *et al.*, 2003; Díaz *et al.*, 2007; Asidi *et al.*, 2012). Toutes ces raisons ont poussées les chercheurs de trouver d'autres et conduit à la découverte de nouveaux composés chimiques, sélectives et non polluantes, dégradables et semblent non toxiques pour les organisme non visés (Grafton-Cadwell *et al.*, 2005 ; Kostyukovsky *et al.*, 2000), nommées les régulateurs de croissance des insectes (Insect Growth Regulators: I.G.Rs).

4.6.1.2. Les régulateurs de croissance des insectes (IGRs) :

- **Analogues de l'hormone juvénile (JHAs)** : par exemple : méthoprène, pyriproxyfène. Ces composés imitent l'hormone juvénile, empêchant ainsi les larves de se transformer en insectes adultes. Ils provoquent la mort des insectes à des stades immatures ou empêchent efficacement

leur reproduction. Chez l'homme, ces substances n'affectent ni le système hormonal ni le système nerveux et sont considérées comme peu toxiques. Toutefois, une utilisation excessive ou inadéquate peut entraîner de légères irritations cutanées chez les personnes sensibles (Sihag & Suffian., 2006).

- **Analogues de l'hormone de mue:**

Les antagonistes sont les dérivés de l'imidazole (KK-42 ; KK-22), les agonistes sont représentés par les bisacylhydrazines à structure non stéroïdale comme le dibenzoylhydrazine (RH-5849), le tébufénozide (RH-5992), le halofénozide (RH-0345) et enfin le méthoxyfénozide (RH-2485). Ils sont les derniers représentants d'une nouvelle classe d'IGRs. Ils miment l'action de l'hormone de mue en se fixant aux récepteurs nucléaires spécifiques

des ecdystéroïdes (EcRs) d'une manière compétitive avec les ecdystéroïdes naturels induisent des mues larvaires prématurées et létales (Oberlander *et al.*, 1998 ; Dhadialla *et al.*, 1998). Leur toxicité relative peut-être classée dans l'ordre suivant : RH-2485, RH-5992, RH-0345 et enfin RH-5849 (Smaghe *et al.*, 2002).

- **Inhibiteurs de la synthèse de la chitine** : par exemple : diflubenzuron, lufenuron. Ces substances empêchent la production de chitine, composant essentiel de l'exosquelette de l'insecte, entraînant l'échec de la mue et la mort des larves. Elles sont utilisées contre les larves de moustiques et autres insectes à métamorphose complète. Elles ne présentent pas de risques majeurs pour l'homme car elles n'affectent ni ses cellules ni ses enzymes. Cependant, elles peuvent provoquer une légère irritation cutanée ou des symptômes mineurs en cas d'inhalation à forte concentration (Sihag & Suffian., 2006).

En raison de leur disponibilité limitée et leur coût élevé, les chercheurs ont proposé d'autres alternatifs encore plus sélectifs et disponible dans la nature qui sont les différents moyens de lutte biologique.

4.6.2. **La lutte biologique** : Selon différents moyens :

4.6.2.1. Ennemis naturelles (prédateurs biologiques) :

a) Poissons : Comme *Gambusia affinis affinis*, il se nourrit intensément des larves de moustiques dans les eaux stagnantes, réduisant ainsi leur population (Mehna.,2011). Il interrompt le cycle de vie du moustique en éliminant les stades juvéniles. Il ne présente aucun danger pour l'homme car il n'est ni toxique ni vecteur de maladies. Cependant, son introduction incontrôlée peut perturber l'écosystème local.

b) Insectes prédateurs : larves de libellules (Odonata) : Les larves de libellules chassent activement les larves de moustiques dans les milieux aquatiques. Les adultes capturent également les moustiques adultes, contribuant à la réduction globale. Ces insectes ne sont pas nuisibles à l'homme et ne provoquent ni piqûres ni allergies. Ils favorisent un équilibre écologique sans recours aux insecticides(Chapman *et al.*, 1972).

4.6.2.2. Micro-organismes pathogènes

a) Champignon (*Lagenidium giganteum*) : Ce champignon parasite pénètre la cuticule des larves de moustiques et les tue en 24 à 48 heures. Il bloque leur développement en détruisant les tissus internes. Il est inoffensif pour l'homme car il ne libère pas de toxines actives sur les cellules humaines. Il est compatible avec les milieux aquatiques utilisés par l'homme.

Parmi les champignons entomopathogènes, on trouve *Lagenidium*, *Entomophthora* et *Metarhizium*, dont l'effet se manifeste par une modification des habitudes alimentaires et du comportement des vecteurs, entraînant ainsi une augmentation de la production de métabolites secondaires dans la cavité hémolympatique des insectes (Naër., 2017).

b) Bactérie : Le *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti) est une bactérie utilisée comme insecticide biologique pour lutter contre les larves de moustiques et de mouches noires. Elle est largement employée à travers le monde afin de réduire les nuisances causées par ces insectes et limiter les risques de transmission de maladies.

Le Bti agit en produisant des cristaux protéiques toxiques. Une fois ingérés par les larves lors de leur alimentation, ces cristaux se dissolvent dans leur système digestif, détruisent les parois de leur estomac, ce qui entraîne leur mort(Trudel *et al.*, 2025).

4.6.2.3. Plantes médicinales et aromatiques : Les plantes médicinales représentent une alternative prometteuse et écologique dans la lutte contre les moustiques, vecteurs de nombreuses maladies infectieuses. Plusieurs études ont démontré l'efficacité d'extraits de plantes, de leurs huiles essentielles ou de molécules bioactives isolées. Par exemple, l'huile essentielle d'*Eucalyptus globulus* et de *Cymbopogon citratus* a montré une activité répulsive et larvicide significative contre *Aedes aegypti* (Maia & Moore., 2011 ; Pavela., 2015) et celle de *Origanum majorana* a montré un effet ovicide et larvicide contre *Culex pipiens* (Djeghader & Amira., 2024). De même, des composés comme le citronellal, l'eugénol ou le limonène, issus de plantes aromatiques, ont révélé un pouvoir insecticide notable (Benelli & Pavela., 2016). L'utilisation de plantes entières séchées ou broyées, comme extrait aqueux ou alcoolique est

Chapitre 1 : Les moustiques vecteurs de maladies : Méthodes de lutte

également documentée pour ses effets larvicides et ovicides comme *Thapsia garganica* et *Lantana camara* (Amira & Djeghader., 2024; Mardin., 2025). Ces approches offrent des solutions durables et moins toxiques pour l'environnement et la santé humaine.

Chapitre 2:
Le paludisme: Maladie transmise
par les moustiques

Chapitre 2: Le paludisme: Maladie transmise par les moustiques

Le paludisme est une affection fréquente et potentiellement létale dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales où les responsables de l'Organisation des Nations Unies (ONU) C'est une maladie infectieuse causée par un parasite de la famille Plasmodium, qui peut se contracter en voyageant ou en résidant dans certaines régions. L'homme contracte le parasite par la piqûre d'un moustique infecté appartenant au genre *Anopheles*. D'après les récentes projections de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), En 2013, le nombre de cas de paludisme dans le monde était de 198 millions, entraînant 584 000 décès. (L'AViQ., Juillet 2016).

1. Historique du paludisme :

Le paludisme est sans doute l'une des plus anciennes affections de l'humanité. On affirme jusqu'à dire que l'homme préhistorique en était atteint. Dans le contexte historique, les Védas de l'Inde ancienne le présentent comme « la reine des maladies », une affection qui serait due à la colère du Dieu Shiva. Par la suite, divers papyrus et monuments de l'Égypte ancienne évoquent une maladie caractérisée par de la fièvre, des frissons et une augmentation du volume de la rate. Dans la mythologie chinoise, le paludisme est représenté par trois démons. Les deux premiers sont dotés d'un marteau et d'un seau d'eau froide, tandis que le troisième garde un four ardent. Ces trois démons évoquent clairement des symptômes typiques de la maladie : maux de tête, sudation, fièvre. Enfin, en Grèce, Hippocrate et Galien mettent en évidence certaines fièvres spécifiques dont ils notent la périodicité. Dans le large ensemble des maladies fébriles, les premières identifications du paludisme se font donc sur le plan clinique. Cependant, dès le IIe siècle avant Jésus-Christ, les Grecs commencent également à esquisser une individualisation épidémiologique, en associant le paludisme à la présence de terrains marécageux. C'est ainsi que l'on comprend l'origine étymologique des différents noms de la maladie : Le terme paludisme est originaire du vieux français « palud », dérivé du latin « palus », signifiant marécage. L'appellation italienne malaria, également utilisée par les anglo-saxons, fait référence aux miasmes que l'on croyait à l'origine responsables des fièvres (Bull *et al.*, 2007)

2. Distribution géographique :

Le paludisme est une maladie parasitaire qui touche principalement les régions tropicales et certaines zones subtropicales d'Afrique, d'Amérique centrale et du Sud, d'Asie et d'Océanie. L'intensité de la transmission et le risque d'infection varient considérablement selon les régions. Par exemple, plus de 90 % des infections et des décès dus au paludisme se produisent en Afrique subsaharienne (Organisation mondiale de la santé., 1996), bien que même dans cette région, le

Chapitre 2 : Le paludisme : Maladie transmise par les moustiques

risque varie en fonction de facteurs comme l'altitude et les conditions climatiques. Les zones de haute altitude (> 1 500 m) et les zones arides (< 1 000 mm de pluie par an) connaissent généralement moins de paludisme, mais peuvent connaître des épidémies si les conditions deviennent favorables pour les moustiques vecteurs (Organisation mondiale de la santé, 1996a). Bien que les zones urbaines soient généralement moins exposées au risque, la croissance démographique explosive et non planifiée a été un facteur majeur qui a fait de la transmission urbaine ou périurbaine un problème croissant (Knudsen et Sloof., 1992).

Le paludisme humain est causé par un ou plusieurs des quatre parasites suivants : *Plasmodium falciparum*, *P. vivax*, *P. ovale* et *P. malariae*. La répartition de ces parasites varie géographiquement et toutes les espèces de paludisme ne sont pas transmises dans toutes les zones impaludées. *P. falciparum*, l'espèce la plus souvent associée au paludisme mortel, est transmise à un certain niveau dans presque toutes les régions où le paludisme sévit. Il représente plus de 90 % de toutes les infections palustres en Afrique subsaharienne, près de 100 % des infections en Haïti, et est à l'origine d'au moins deux tiers des cas de paludisme en Asie du Sud-Est. *P. vivax* est une infection relativement rare en Afrique subsaharienne. Les antigènes Duffy, dont le parasite a besoin pour envahir les globules rouges, font défaut dans de nombreux groupes ethniques, notamment en Afrique de l'Ouest. Toutefois, le paludisme à *Vivax* est l'espèce prédominante en Amérique centrale, dans la majeure partie de l'Amérique du Sud impaludée et dans le sous-continent indien (Miller *et al.*, 1977).

La transmission du paludisme n'est possible que dans des régions où existent des anophèles vecteurs, c'est-à-dire dans un grand nombre de régions tropicales et subtropicales. Le risque pour les voyageurs de contracter le paludisme est très variable d'un pays à l'autre et même entre les régions d'un même pays. En effet, la prolifération des anophèles nécessite du sang, de l'eau et de la chaleur ; elle dépend donc de nombreux facteurs, comme la nature des sols, le régime des pluies, la température (la longévité optimum entre 20 et 30°C) et l'altitude, la végétation naturelle ou l'agriculture, qui rendent les collections d'eau plus ou moins propices au développement des anophèles. Par exemple, on assistera à une activité permanente en zone équatoriale (chaude et humide en permanence), à une activité très limitée en saison sèche (réduction du nombre de gîtes de ponte) en zone tropicale et pas d'activité en altitude (au-dessus de 1500 mètres en Afrique et 2500 mètres en Amérique et en Asie) car la transmission s'interrompt lorsque la température moyenne est inférieure à 18°C pour le *P. falciparum* et à 16°C pour le *P. vivax*. Certaines espèces d'anophèles ont pu s'adapter à des milieux particuliers

Chapitre 2 : Le paludisme : Maladie transmise par les moustiques

comme le milieu urbain : le risque de transmission existe bien dans les villes africaines et dans les banlieues d'un certain nombre de grandes villes en Inde. Dans les grandes villes d'Amérique latine et d'Asie, le risque de transmission est souvent moindre ou inexistant. En Afrique, le *P. falciparum* est l'espèce dominante, suivi de *P. ovale* ; *P. malariae* peut être retrouvé en Afrique de l'Est. En Amérique Centrale et en Amérique du Sud, le *P. vivax* est le plus présent. En Asie, on retrouve principalement le *P. falciparum* et *P. vivax*. A noter aussi, le *P. knowlesi*, parasite habituel des singes (macaques) qui est passé récemment chez l'homme dans certaines régions forestières d'Asie du Sud-Est. En Océanie, certaines îles sont touchées comme la Nouvelle Guinée, les Iles Salomon et le Vanuatu (L'Aviq., 2016) (Figure12).

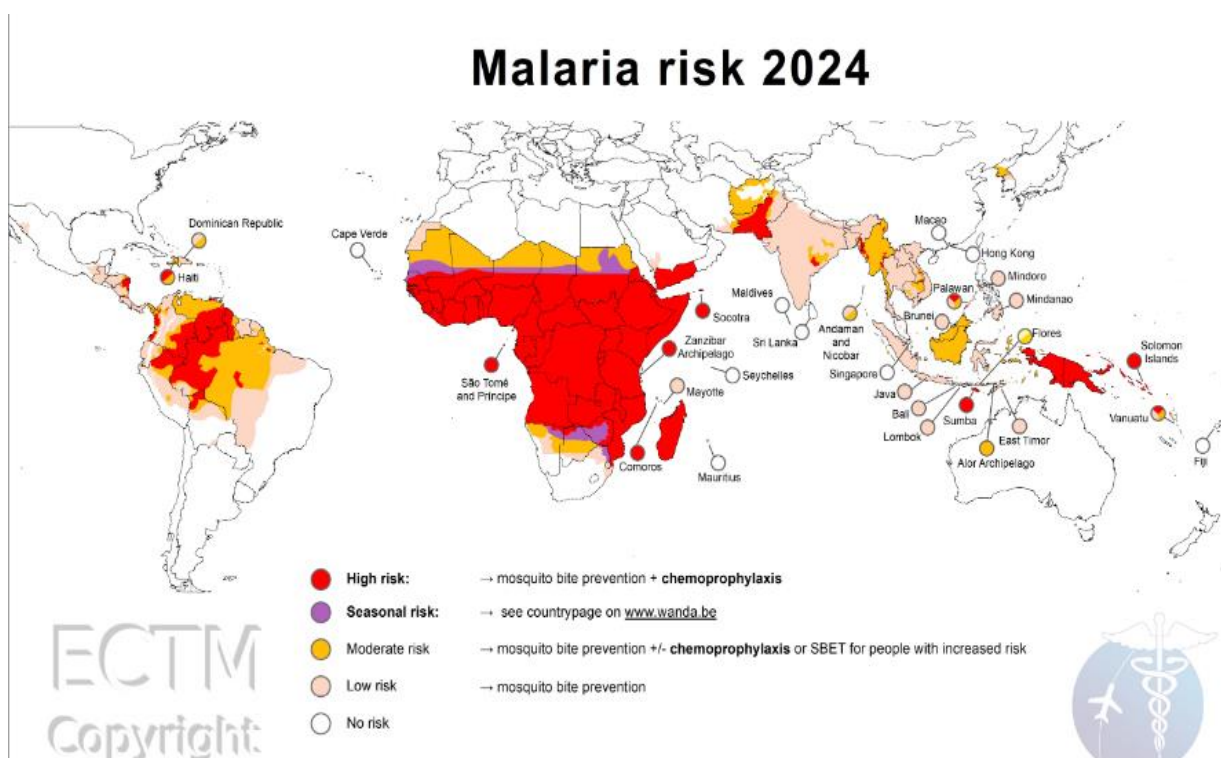


Figure12 : La carte mondiale du paludisme (<https://www.wanda.be/en/a-z-index/malaria-world-map/>)

3. Classification du Plasmodium :

Règne : Protistes

Embranchement : Protozoa

Chapitre 2 : Le paludisme : Maladie transmise par les moustiques

Sous Embranchement : Apicomplex / Sporozoa

Classe : Haemosporidea

Sous. Classe : Coccidia

Ordre : Haemosporida

Sous Ordre : Heamosporina

Famille : Plasmodiidae (Agence de la santé publique du Canada.,2023)

Genre : *Plasmodium*

Espèce : *P.falciparum*, *P.malariae*, *P.vivax*, *P.ovale*, *P.knowlesi* (Séidina.,2015)

4. Morphologie :

P. falciparum est un protozoaire unicellulaire parasitaire (Figure13), Ces cellules renferment un génome d'ADN de 22,8 Mb et sont organisées en 14 unités(Gardner *et al.*,2002). Les traits morphologiques de *P. falciparum* changent considérablement en fonction de la phase du cycle(Coatney *et al.*,1971). Les formes les plus cliniquement significatives sont celles de l'étape sanguine de *P. falciparum*, en particulier les mérozoïtes, les trophozoïtes annulaires et les gamétocytes. Les mérozoïtes, d'un diamètre approximatif de 1,5 μm sur 1 μm , génèrent une vacuole volumineuse qui confère aux cellules un aspect circulaire lorsqu'elles évoluent en trophozoïtes (Coatney *et al.*,1971). Les gamétocytes ont une forme allongée semblable à un croissant et mesurent approximativement entre 8 et 12 μm de long pour 3 à 6 μm de large (Figure 13) (Coatney *et al.*,1971 ; Dixon *et al.*,2012).

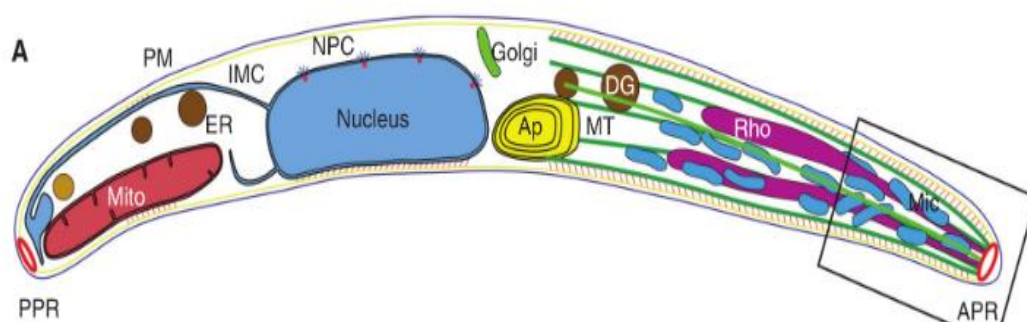


Figure13 : Structure du Sporozoïte des parasites du genre *Plasmodium*

Schéma montrant la position et la taille relative des organites d'un sporozoïte de *Plasmodium*. PPR : anneau polaire proximal, Mito : mitochondrie, PM : membrane plasmique (en bleu), ER : réticulum endoplasmique, IMC : complexe membranaire interne (en jaune), NPC : complexes des pores nucléaires, Ap : apicoplaste, MT : microtubules (en vert), DG : granules denses, Rho : rhoptries, Mic : micronèmes (en bleu), APR : anneau polaire apical (Combemorel., 2019).

Le Plasmodium appartient au phylum des Apicomplexa, qui regroupe des protozoaires parasites caractérisés par la présence d'un appareil sécréteur spécialisé à l'extrémité antérieure de leurs formes invasives. Cet appareil (appelé complexe apical) se compose de trois ensembles d'organelles morphologiquement distinctes : les rhoptries, les micronèmes et les granules denses. Ces organelles libèrent collectivement des molécules permettant au parasite de se fixer aux cellules hôtes, d'envahir et de constituer le vacuole qui sera son domicile pendant le prochain cycle de réplication intracellulaire. En raison de cette fonction liée à l'invasion, les protéines du complexe apical sont considérées comme des cibles prometteuses pour les vaccins et les traitements médicaux (Lev.,2006) (Figure14).

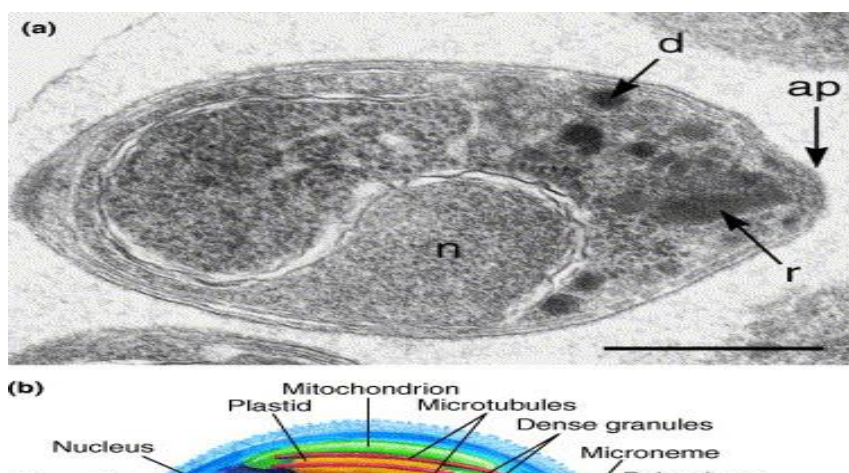


Figure14: Apical organelles of the *Plasmodium falciparum* merozoite. An electron micrograph (a) and schematic (b) of a *P. falciparum* merozoite. Abbreviations: Apical prominence (ap); dense granule (d); nucleus (n); rhoptry (r)

5. Les types de Plasmodium :

Le Plasmodium est un type de parasites apicomplexes à l'origine de la malaria (Figure15) touchant une vaste variété de vertébrés, y compris les êtres humains. On estime qu'il existe 500 millions de cas d'infection, avec un à deux millions de morts chaque année chez l'homme (Vahab.,2013).

Cinq espèces de parasites du paludisme peuvent infecter l'homme :

-*Plasmodium falciparum*

-*Plasmodium vivax*

-*Plasmodium ovale*

-*Plasmodium malariae*

-*Plasmodium knowlesi* (rarement)

Les deux formes de paludisme les plus courantes sont *Plasmodium vivax* et *Plasmodium falciparum*. *Plasmodium falciparum* est responsable du plus grand nombre de décès. Le *Plasmodium vivax* et le *Plasmodium ovale* ont la capacité de subsister dans le foie sous une forme dormante (hypnozoïte) qui émet de temps en temps des parasites adultes dans la circulation sanguine, provoquant des récurrences fréquentes des symptômes. Il n'existe que quelques médicaments antipaludiques capables de tuer les formes quiescentes.

Plasmodium falciparum et *Plasmodium malariae* ne se maintiennent pas dans le foie. Néanmoins, des formes adultes de *Plasmodium malariae* peuvent persister dans le sang pendant plusieurs mois, voire des années avant l'apparition des symptômes. *Plasmodium knowlesi*, qui

Chapitre 2 : Le paludisme : Maladie transmise par les moustiques

infecte avant tout les primates, est également à l'origine du paludisme chez l'homme. Il affecte principalement les individus vivant ou travaillant à proximité des forêts en Malaisie et ailleurs en Asie du Sud-Est (Chelsea *et al.*, 2023).

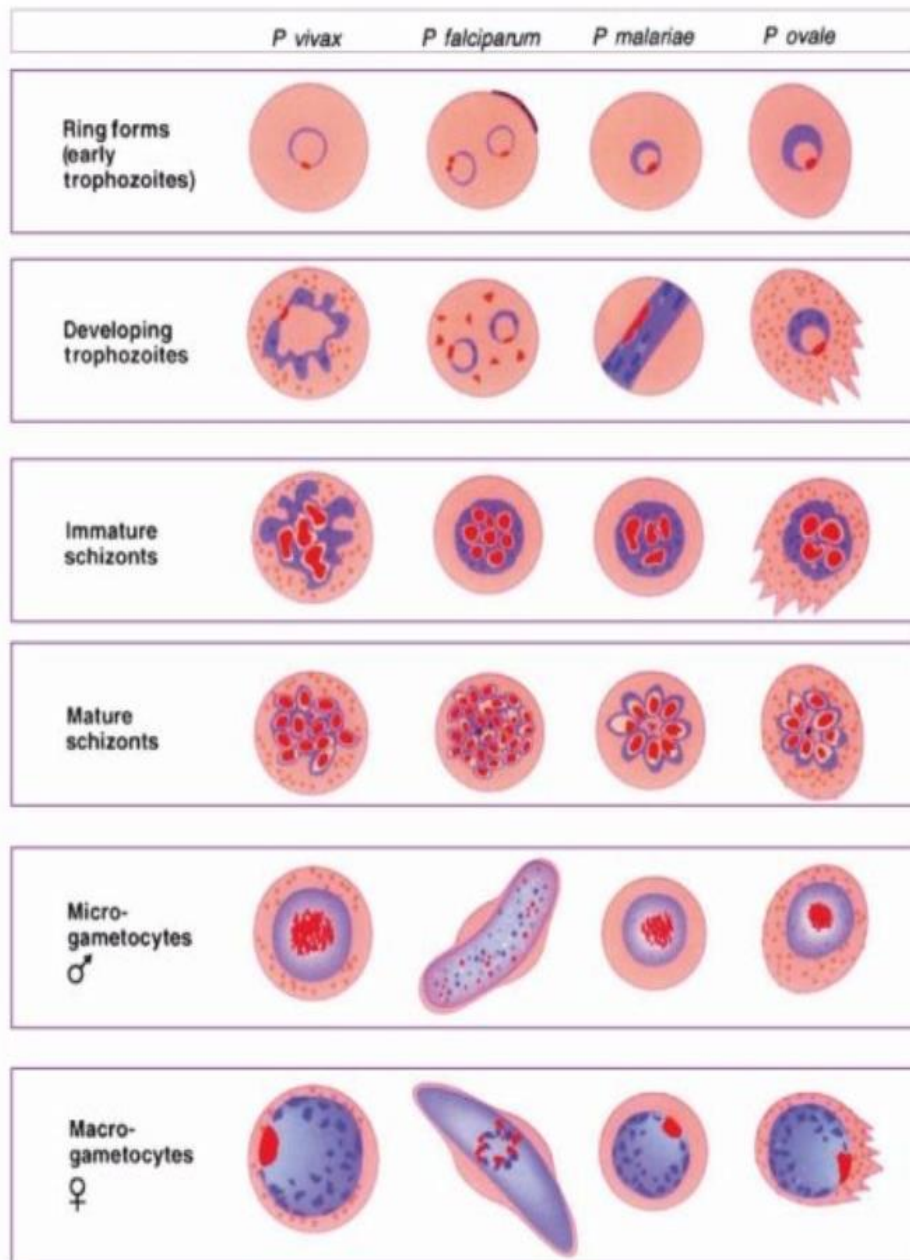


Figure 15 : Stades de développement de 4 types de Plasmodium infectant l'homme

6. Cycle biologique du parasite du paludisme : implique deux hôtes.

6.1. Les étapes du cycle de vie du parasite du paludisme chez le moustique anophèle femelle

Les étapes du cycle de vie du moustique commencent lorsqu'un insecte se nourrit du sang d'une personne infectée par le paludisme, chez laquelle les parasites existent sous forme de cellules

Chapitre 2 : Le paludisme : Maladie transmise par les moustiques

pré reproductrices mâles et femelles matures appelées gamétocyte. Ces gamétocytes sont transportés dans l'intestin du moustique lorsqu'il se nourrit, où ils se développent en gamètes mâles et femelles.

Un gamète mâle féconde le gamète femelle pour former un zygote⁹. Le zygote s'agrandit ensuite pour former un ookinète¹⁰ qui migre vers la paroi externe de l'intestin du moustique, où les parasites appelés oocystes¹¹ à ce stade se multiplient plusieurs fois. Finalement, les nouveaux parasites sont libérés et migrent vers les glandes salivaires du moustique, prêts à être transmis à un autre humain¹².

Lorsque le moustique pique un autre humain, les parasites, désormais appelés sporozoïtes, quittent la glande salivaire du moustique et pénètrent dans la peau humaine pour finalement atteindre le foie humain (Fenniche & Tahar.,2024).

Ces étapes constituent le cycle sporogonique(C).

6.2. Les étapes du cycle de vie du parasite du paludisme chez l'homme

Au cours d'un repas sanguin, un moustique Anophèle femelle infecté par le plasmodium inocule des sporozoïtes à l'hôte humain **1**. Les sporozoïtes infectent les cellules du foie **2** et mûrissent en schizontes **3**, qui se rompent et libèrent des mérozoïtes **4**. (A noter que chez *P. vivax* et *P. ovale*, un stade dormant appelé hypnozoïtes (Paludisme latent) peut persister dans le foie et provoquer des rechutes en envahissant la circulation sanguine des semaines, voire des années plus tard). Après cette réplication initiale dans le foie (schizogonie exo-érythrocytaire **A**), les parasites pénètrent les globules rouges et subissent une multiplication asexuée dans les érythrocytes (schizogonie érythrocytaire **B**). Les mérozoïtes infectent les globules rouges **5**. Les trophozoïtes de stade annulaire se transforment en schizontes, qui se rompent en libérant des mérozoïtes **6**

Certains parasites se différencient en stades érythrocytaires sexuels (gamétocytes)⁷. Les parasites au stade sanguin sont responsables des manifestations cliniques de la maladie (Cissoco.,2022) (Figure16).

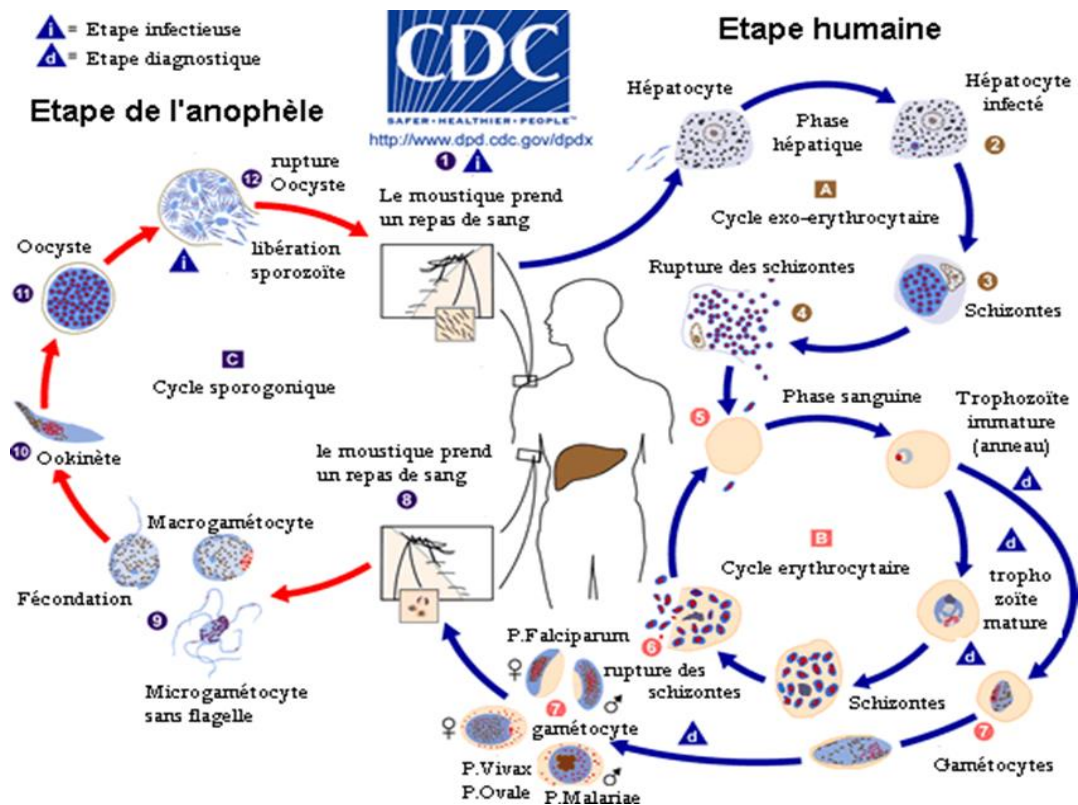


Figure 16 : Cycle de vie du Plasmodium (CDC., 2022)

<https://www.pnlpcotedivoire.org/paludisme-generalites/>.

7. Mode de transmission : Le parasite responsable de cette infection peut être transmis par plusieurs modes, notamment :

- De façon habituelle, par la piqûre de l'anophèle femelle (Chelsea *et al.*, 2023).
- Transmission par voie trans-placentaire de la mère à l'enfant à naître.
- Transmission par transfusion sanguine.
- Une contamination accidentelle, au laboratoire, est possible
- En partageant les aiguilles Contaminé utilisées pour s'injecter des drogues (By Mayo Clinic Staff ., 2023)

8. Symptômes cliniques du paludisme ou signes cliniques du paludisme

Les symptômes initiaux du paludisme incluent généralement ce qui suit:

- 8 à 30 jours après l'infection, une fièvre s'installe.

Chapitre 2 : Le paludisme : Maladie transmise par les moustiques

- Elle peut s'accompagner d'un affaiblissement, de céphalées, de douleurs musculaires, de vomissements, de diarrhées et/ou d'une toux (source Recommandations sanitaires pour les voyageurs., 2019/Santé Publique France).
- Des urines foncées ou du sang dans les urines (l'OMS., 2024).
- Des symptômes plus graves peuvent avoir lieu tels que des difficultés respiratoires, des hémorragies, de la jaunisse, une fatigue intense et des convulsions.
- Vomissements et des douleurs abdominales chez les enfants.
- Dans les formes graves de paludisme causées par *Plasmodium falciparum*, les signes cliniques incluent : confusion, coma, convulsion, anémie, dyspnée, Oligo-anurie et décès.
- Une infection palustre durant la grossesse peut également entraîner un accouchement prématuré ou un faible poids à la naissance (l'OMS., 2024).
- Frissons (Mayo Clinic Staff., 2023).
- Sensation générale d'inconfort.
- Nausées et vomissements.
- Respiration rapide.
- Rythme cardiaque rapide (Mayo Clinic Staff., 2023).
- Troubles du comportement (Institut Pasteur de Lille.,2025).

Certaines personnes atteintes de paludisme subissent des cycles de crises de paludisme. Une crise commence généralement par des frissons et des frissons, suivis d'une forte fièvre, suivie de sueurs et d'un retour à la température normale.

Les signes et les symptômes du paludisme commencent généralement quelques semaines après avoir été piqué par un moustique infecté. Cependant, certains types de parasites du paludisme peuvent rester dormants dans le corps pendant jusqu'à un an (Mayo Clinic Staff., 2023).

9. Complications

Le paludisme peut être mortel, en particulier lorsqu'il est causé par l'espèce *Plasmodium*, courante en Afrique. L'Organisation mondiale de la Santé estime qu'environ 94 % des décès dus au paludisme surviennent en Afrique, le plus souvent chez les enfants de moins de 5 ans.

Les décès dus au paludisme sont généralement liés à une ou plusieurs complications graves, notamment :

- **Paludisme cérébral:** Si des cellules sanguines parasitées obstruent les petits vaisseaux sanguins du cerveau (paludisme cérébral), un gonflement ou des lésions cérébrales peuvent survenir. Le paludisme cérébral peut provoquer des convulsions et un coma.
- **Problèmes respiratoires:** L'accumulation de liquide dans les poumons (œdème pulmonaire) peut rendre la respiration difficile.
- **Insuffisance organique:** Le paludisme peut endommager les reins ou le foie, ou provoquer une rupture de la rate. Chacune de ces affections peut être mortelle.
- **Anémie:** Le paludisme peut entraîner un manque de globules rouges pour un apport adéquat en oxygène aux tissus de l'organisme (anémie).
- **Hypoglycémie:** Les formes graves de paludisme peuvent provoquer une hypoglycémie, tout comme la quinine, un médicament couramment utilisé pour lutter contre le paludisme. Une hypoglycémie très élevée peut entraîner un coma ou la mort.

Le paludisme peut récidiver. Certaines variétés du parasite du paludisme, généralement responsables de formes plus légères de la maladie, peuvent persister pendant des années et provoquer des rechutes (Mayo Clinic., 2023).

10. Traitements :

Les antipaludéens se répartissent en trois grandes catégories suivant leur structure chimique :

- Les quinoléines : chloroquine, quinine, méfloquine, luméfántrine, pipéraqúine, primaquine
- Les sesquiterpènes dérivés de l'artémisine : artéméther, artésunate, artémimol
- Les autres antipaludéens, généralement d'action lente et souvent utilisés en association : atovaquone, proguanil, doxycycline

Tous ces médicaments sont efficaces contre les schizontes intra-érythrocytaires. La primaquine se révèle active sur les gamétocytes ainsi que sur les hypnozoïtes intra-hépatiques de *P. vivax* et *P. ovale*. Par ailleurs, la tafénoquine est un autre traitement pouvant cibler les hypnozoïtes de *P. vivax*, disponible aux États-Unis.

11. Mécanismes d'action des différentes molécules:

Les mécanismes d'action des antimalariques, dont la compréhension est encore incomplète, sont présentés dans le (Tableau2):

Chapitre 2 : Le paludisme : Maladie transmise par les moustiques

•Les quinoléines et les aminoalcools, qui sont des bases faibles, se présentent sous forme di- et mono-protonée. Elles s'accumulent dans la vacuole digestive du parasite et contribuent à réduire son acidité. Pendant le processus de protéolyse de l'hémoglobine, la ferriprotoporphyrine IX, qui est libérée, devient toxique pour le parasite. Celui-ci parvient à la neutraliser en la polymérisant en un pigment insoluble appelé hémozoïne. Les dérivés quinoléiques semblent inhiber cette étape de détoxification de l'hème. La résistance de *P. falciparum* est d'origine multigénique et se développe lentement. Elle s'accompagne d'une réduction de l'accumulation de ces molécules dans les érythrocytes infectés, causée par une diminution de l'influx et/ou une augmentation de l'efflux.

•Les dérivés de l'artémisinine sont des endopéroxydes qui se lient à l'hémoglobine dans la vacuole digestive du parasite. Cette interaction entraînerait la libération de radicaux libres nocifs pour les éléments cellulaires.

•Les antifoliques, comme le proguanil, inhibent la dihydrofolate réductase, une enzyme essentielle au métabolisme de synthèse de l'acide folique chez le parasite, qui ne peut pas utiliser l'acide folique provenant de l'hôte. L'inhibition de la formation de l'acide tétrahydrofolique perturbe la biosynthèse des pyrimidines et des acides aminés. Ces antimétabolites agissent comme des schizontocides à action lente. La résistance de *Plasmodium falciparum* aux antimétabolites résulte de mutations dans les gènes codant pour les enzymes cibles. Cette résistance apparaît rapidement, ce qui rend nécessaire l'utilisation conjuguée de ces médicaments (<https://pharmacomedicale.streamlit.app/> 2024).

Tableau2 : Mécanismes et cibles d'action des antipaludéens.

| | | | | | |
|------------------------------------|----------------------|--|--|------------------------------------|--|
| Doxycycline | Ribosome 70S | Attachement à la sous-unité 30S du ribosome Action tardive Parasitostatique | Inhibition de la synthèse protéique. | Non décrite | / |
| Atovaquone | Mitochondrie | Perturbation du transfert d'électrons au niveau du cytochrome bc1. | Inhibition de la respiration mitochondriale et perturbation de la synthèse des pyrimidines | Rapide | Mutations des enzymes cibles Utilisation thérapeutique en association |
| Antifolinate (Proguanil) | Cytoplasme | Inhibition compétitive de la dihydrofolate réductase (synthèse de l'acide folique) | Inhibition de la synthèse de l'acide folique. Perturbation de la production des pyrimidines | Rapide | Mutations des enzymes cibles Utilisation thérapeutique en association |
| Dérivés de l'artémisinine | Vacuole digestive | Endopéroxydes de structure moléculaire. Génération de radicaux libres suite à une interaction avec l'hémoglobine parasite | Le stress oxydant entraîne des modifications des protéines, des organites et des membranes du parasite | Non décrite | / |
| Quinolines et amino-alcools | Vacuole digestive | Accumulateur dans la vacuole digestive du parasite. Élévation du pH dans la vacuole. Inhibition de l'enzyme hème polymérase, qui joue un rôle dans la transformation de la ferritoporphyrine IX en pigment insoluble par | Accumulation de ferritoporphyrine IX toxique pour les membranes parasitaires. | Lente | Diminution accumulation vacuolaire Facteurs multigéniques |
| Molécules | Site d'action | Mode d'action | Effet final | Apparition de la résistance | Mécanisme de résistance |

Conclusion et recommandations

Conclusion et Recommandations

Il apparaît clairement que les moustiques représentent une menace sanitaire réelle en raison de leur capacité à transmettre des maladies infectieuses qui mettent en danger la vie humaine à travers le monde. Cette étude a démontré que ces petits insectes sont responsables de maladies graves telles que le paludisme, la dengue et le chikungunya, lesquelles provoquent des symptômes sévères et des complications pouvant entraîner la mort si elles ne sont pas traitées à temps. Par ailleurs, la recherche a souligné que la compréhension approfondie du cycle de vie du moustique et des modes de transmission des maladies, ainsi que le développement de techniques de diagnostic précis et de traitements efficaces, constituent les bases essentielles de la lutte contre ces maladies.

D'autre part, l'efficacité des méthodes de lutte dépend largement de leur diversité et de l'intégration des approches biologiques et chimiques, tout en mettant l'accent sur la réduction des impacts environnementaux et de la résistance causée par l'usage intensif des insecticides. Ainsi, relever ce défi sanitaire nécessite des efforts intégrés qui englobent la recherche scientifique, le développement technologique et la sensibilisation communautaire.

Sur cette base, est essentiel de suivre plusieurs recommandations pour obtenir des résultats concrets dans la lutte contre les maladies transmises par les moustiques :

- ✓ Renforcer les campagnes de sensibilisation afin d'éduquer les individus sur les moyens de prévention personnelle et la réduction des lieux de reproduction des moustiques dans les maisons et les espaces publics en éliminant les gîtes larvaires (eaux stagnantes).
- ✓ Promouvoir l'utilisation de moustiquaires imprégnées et de répulsifs naturels ou chimiques.
- ✓ Développer des programmes de lutte intégrée combinant méthodes biologiques, mécaniques et chimiques de manière équilibrée et respectueuse de l'environnement.
- ✓ Investir dans la recherche scientifique pour innover des solutions nouvelles et moins nuisibles à l'environnement dans la lutte contre les moustiques.
- ✓ Utiliser des technologies modernes telles que les drones et les capteurs pour surveiller la propagation des moustiques et intervenir rapidement.

Conclusion et recommandations

- ✓ Encourager la coopération entre les autorités sanitaires, gouvernementales et communautaires afin d'assurer une mise en œuvre coordonnée et durable des stratégies.
- ✓ En fin de compte, une prévention efficace des maladies transmises par les moustiques est une responsabilité collective qui nécessite la mobilisation de tous, car la santé publique est un droit pour tous, et la protection de l'environnement est la clé pour assurer une vie meilleure aux générations futures.

Références

Références :

A :

- Anonyme. (2000). Biologie des moustiques et leur rôle dans la transmission des maladies. Institut Pasteur de Paris.
- Anonyme. (2004). Clé de détermination des larves de moustiques (Diptera, Culicidae). Institut Pasteur de Madagascar, Département d'entomologie médicale.
- Asidi A., N'Guessan R., Akogbeto M., Curtis C. & Rowland M. (2012). Loss of household protection from use of insecticide-treated nets against pyrethroid-resistant mosquitoes, Benin. *Emerging Infectious Diseases*, 18: 1101–1106.
- Anonyme b. (2017). Les moustiques : biologie et comportement. *Bulletin Entomologique*, 45(2), 23-31 .
- Alaoui,C., Takik K .(2018) . Effet comparatif de quelques vecteurs de maladie (mémoire de fin d'étude, école normal supérieure de l'enseignement technologique, département des science naturelle -Skikda).
- Agence de la santé publique du Canada. (2023). Classification taxonomique du Plasmodium. Gouvernement du Canada.
- Amira K ,Djeghader N& Gacem H. (2024).Screening of *Thapsia Garganica* for control of *Culex Pipiens* mosquito larvae revue : *Indian journal of Entomologie Online* published ref .No.e24183.1-4

B :

- Both, A. (1980). Contribution à l'étude morphologique et biologique des moustiques du genre *Culex* au Sahel [Thèse de doctorat, Université de Bamako].
- Berchi, S. (2000). Étude bioécologique des moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tizi-Ouzou [Thèse de Magister, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou .
- Berchi, S. (2000). Bioécologie de *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de lutte (Thèse de doctorat). Université des Frères Mentouri, Constantine, Algérie.
- Bull, P. C., Abdi, A. A., & Buckee, C. O. (2007). Malaria and human history: an overview. *Malaria Journal*, 6(Suppl 1), S1. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-6-S1> -S1

Références

- Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Dahl, C., Lane, J., & Kaiser, A. (2010). Mosquitoes and their control (2nd ed.). Springer.
- Boudemagh, N., Bendali-Saoudi, F., & Soltani, N. (2013). Inventaire des Culicidae (Diptères : Nématocères) de la région de Collo (Nord-Est algérien). *Annales de recherche biologique*, 4(2), 94-99

C :

- Coatney, G. R., Collins, W. E., Warren, M., & Contacos, P. G. (1971). The primate malaras. U.S. Government Printing Office.
- Chapman H.C.(1974). Biological control of the mosquito larve. *Annual review of Entoml.*
- Clements, A. N. (1999). The biology of mosquitoes: Development, nutrition and reproduction. Chapman & Hall .
- Clements, A. N. (2000). The biology of mosquitoes: Volume 1: Development, nutrition and reproduction (2nd ed.). CABI Publishing.
- Claude, J. (2003). Morphologie et identification des moustiques: Cours d'entomologie médicale. Université Montpellier II .
- Cissoko, M. (2022). Étude de l'épidémiologie du paludisme en fonction des facteurs météorologiques et sociétaux au Mali (Thèse de doctorat, Aix-Marseille Université & Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako).
- Combemorel, N. (2019). Étude morphologique des organites du sporozoïte de Plasmodium. [Publication ou source scientifique].
- Chelsea, M., Smith, J., & Johnson, L. (2023). Epidemiology and clinical features of human malaria parasites. *Journal of Tropical Diseases*, 18(4), 215-230.
<https://doi.org/10.1234/jtd.2023.184215>
- Centers for Disease Control and Prevention. (2024, September 24).

D :

- Danis, M., & Mouchet, J. (1991). Paludisme (3^a éd.). Paris: Éditions Ellipses. 240 pages

Références

- Darriet F. (1998). La lutte contre les moustiques nuisant et vecteurs de maladie Khartalaorston. Paris.
- Dhadialla, T .S., Carlson , G.R., & Le D.P. (1998). New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity. *Annu Rev Entomol.* 43:545-569.
- Díaz P.C., Alvarez Gavilán Y., de Armas Rodríguez Y. & Bisset Lazcano J.A. (2007). Determination of insecticide-resistance and resistance mechanisms of *Blattella germanica* (Dictyoptera: Blattellidae). *Rev. Cubana Med. Trop.*, 59(2): 159-65.
- Dixon, M. W. A., Gardiner, D. L., & Trenholme, K. R. (2012). The biology of malaria gametocytes. *Cellular Microbiology*, 14(12), 1657-1666. <https://doi.org/10.1111/j.1462-5822.2012.01842.x>
- Durand, R., Andriantsoanirina V., Foulet, F., Izri, A. & Chosidow, O. (2013). Surveillance moléculaire de la résistance aux pyréthrinoïdes de *Sarcoptes scabier*. *Annales de Dermatologie et de Vénérologie*, 140(12), 368.
- Darriet, F. (2014). Les moustiques et l'homme: 5000 ans de guerre. Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Marseille.
- Djeghader N & Amira K., (2024). Larvidical and Ovicidal effects Of *Orianum majorana* Essential Oil On *Culex pipiens* mosquito. *Indian journal of Entomologie*. Ref .No.e24417 1-4

F :

- Fradin, M. S. (1998). Moustiques et répulsifs contre les moustiques : une revue. *Journal de l'American Mosquito Control Association*, 14(2), 210-236
- Fenniche, R., & Tahar, I. (2024). Le paludisme dans la région de Ghardaïa : étude épidémiologique et diagnostic (Mémoire de master, Université de Ghardaïa, Algérie).

G :

Références

- Gardner, M. J., Hall, N., Fung, E., White, O., Berriman, M., Hyman, R. W., ... & Carucci, D. J. (2002). Genome sequence of the human malaria parasite *Plasmodium falciparum*. *Nature*, 419(6906), 498-511. <https://doi.org/10.1038/nature01097>
- Grafton-Cardwell E.E., Godfrey L.D., Chaney W.E., and Bentley W.J. (2005). Various novel insecticides are less toxic to humans, more specific to key pests. *Calif. Agric.*, 59:29-34.
- Guillaumot, L. (2005). Surveillance entomologique du moustique *Aedes aegypti* en Nouvelle-Calédonie. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*, 98(5), 377-380 .
- Gueye, C. (2013). Contribution à l'étude de la bioécologie des moustiques (Culicidae) dans le district sanitaire de Keur Massar (Sénégal) [Mémoire de master, Université Cheikh Anta Diop de Dakar].5

H :

- Hassaine, M. (2002). Étude sur la résistance des moustiques aux insecticides. *Bulletin de la Société de Pathologie*
- Hanak ,A.S., & Calas,A.G ,(2023).Nouvelles approches thérapeutiques contre les intoxications par des neurotoxiques organophosphorés. *Médecine de Catastrophe-urgence collectives* ,7(3) ,191-194

I :

- Institut Pasteur de Lille. (2025). Paludisme (ou Malaria): symptômes, traitement et prévention. Institut Pasteur de Lille. Consulté le 29 mai 2025, à l'adresse:

<https://pasteur-lille.fr/centre-prevention-sante-longevite/vaccins-et-voyages/paludisme/>

K :

- Knight, H. H., & Stone, A. (1977) catalog of the mosquitoes of the world (Diptera: Culicidae) (2nd ed.). College Park, MD: Entomological Society of America. 611 pages.
- Knudsen, A. B., & Sloof, J. E. (1992).Urban malaria in sub-Saharan Africa: an overview with emphasis on control strategies. *Review of Infectious Diseases*, 14(4), 866-872
<https://doi.org/10.1093/clinids/14.4.866>

Références

-Kostyukovsky M., Chen B., Atsm S. and Shaaya E.(2000).Biological activity of two juvenoids and two ecdysteroids against three stored product insects. *Insect Biochem. Molec. Biol.*, 30: 891-897.

-Konan O.Y.L., Koffi A.A., Doannio J.M.C. & Darriet F. 2003. Résistance de *Culex quinquefasciatus* (SAY, 1823) à la Deltaméthrine et l'utilisation de la moustiquaire imprégnée en milieu urbain de Bouaké, Côte d'ivoire. *Ent. Méd.*, 2380: 128-129.

L :

-Lev, A. I. (2006). The apical complex of Apicomplexa: organelles for invasion and survival in the host. *Parasitology Research*, 99(5), 465-474.

<https://doi.org/10.1007/s00436-006-0190-1>

-L'AVIQ (Agence pour une Vie de Qualité). (2016). Le paludisme: situation et enjeux. Rapport publié en juillet 2016.

M :

-Mehdi, A. & Belaziz, K. (2017). Inventaire des Culicidae dans quelques régions de la wilaya d'Alger. Étude comparative entre l'efficacité de deux produits : l'Aquatain AMF et le Téméphos larvicide contre la population de *Culex pipiens* (Linné 1758). Mémoire de Master en Sciences Biologiques, Option : Entomologie médicale, Université Saad Dahleb Blida 1.

-Malaria DPDx: Laboratory identification of parasites of public health concern. National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases (NCEZID), Division of Parasitic Diseases and Malaria. Retrieved from <https://www.cdc.gov/parasites/malaria/>

-Miller, L. H., Mason, S. J., Clyde, D. F., & McGinniss, M. H. (1977). The resistance factor to *Plasmodium vivax* in blacks: the Duffy-blood-group genotype, FyFy. *The New England Journal of Medicine*, 295(6), 302-304

<https://doi.org/10.1056/NEJM197708112950604>

-Marie, C., & Petri, W. A. Jr. (2022). Paludisme. Dans MSD Manuals - Version pour professionnels de la santé. Consulté le 30 mai 2025, sur <https://www.msdmanuals.com>

-Mayo Clinic Staff. (2023, February 9). Malaria - Symptoms & causes. Mayo Clinic. Retrieved, 29 mai 2025 from:

Références

- <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/malaria/symptoms-causes/syc-20351184>
- Mardin, S. (2025). Repellent Bioactivity of Lantana camara Leaf Extract Against Culex Mosquitoes. Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 11(2), 865-870.
- Mayo Clinic Staff. (2023). Malaria. Mayo Clinic. Retrieved May 29, 2025, from <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/malaria/symptoms-causes/syc-20351184>
- Mayo Clinic Staff. (2023, 9 février). Malaria Symptoms & causes. Mayo Clinic. <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/malaria/symptoms-causes/syc-20351184>

N :

- Noguer, R. (1979). Facteurs environnementaux influençant le cycle aquatique des moustiques. Revue d'Écologie et de Biologie, 34(2), 145-159.
- Nel, A. (2023). Les moustiques : Une histoire naturelle. Paris : Éditions du Muséum national d'Histoire naturelle.

O :

- Organisation mondiale de la santé (OMS). (1996). Malaria control: epidemiology and transmission. WHO Technical Report Series No. 849. Geneva : World Health Organization.
- Oberlander, H, Silhacek, D.L & Leach, C.E.(1998). Interaction of ecdysteroid and juvenoid agonist in Plodia interpunctata (Hübner). Arch. Insect. Biochem. Physiol,38, 91-99.
- Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2024). Paludisme.

<https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/malaria>

P :

Références

-Poupardin, R. (2011). Interactions gènes-environnement chez les moustiques et leur impact sur la résistance aux insecticides (Doctoral dissertation). Université de Grenoble, France.

R :

-Rioux, J. A. (1958). Contribution à l'étude écologique des moustiques du sud-est de la France. Institut Pasteur.

-Rodhain,F& Perez,C .(1985) . *Precis dentomologie medicale et veterinaire* (458 page). Paris,France :Editions Moloine .

-Rodriguez-Ortega M. J, Grosvik B. E, Rodriguezariza A, Goksoyr A. and Lopez-Barea J. (2003) Changes in protein expression profiles in bivalve molluscs (*Chamaeleagallina*) exposed to four model environmental pollutants. *Proteomics*, 3: 1535–1543.

-Ripert, C. (2007). *Entomologie médicale et vétérinaire*. Paris: Lavoisier Médecine-Sciences.

S :

-Séguy, E. (1951). *Ordre des Diptères*. In P. P. Grassé (Ed.), *Traité de zoologie: Anatomie, systématique, biologie* (Vol. 10, pp. 1-203). Paris: Masson.

-Sinerge. (1974). *Cours d'entomologie médicale*. Service de Santé des Armées, Division des Études Biologiques .

-Smagghe, G, Dhadialla,T.S & Lezzi, M.(2002). Comparative toxicity and ecdysone receptor affinity of non-steroidal ecdysone agonist and 20- hydroxy-ecdysone in *Chironomus tentans*. *Insect. Mol. Biol* . 32 : 1203-1209.

-Sihag, R.C & Suffian, M.S. (2006). Chitin synthesis inhibitors and their potential in mosquito control. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 85(1), 1-7.

-Soumahoro, K, Duchemin, J. B, Mouchet, F & Fontenille, D. (2010). Entomological aspects of malaria transmission in the Pacific and Indian Ocean islands, including northern Australia. *Parasite*, 17(3), 237-242. <https://doi.org/10.1051/parasite/2010173237>.

-Séidina, A. (2015). *Biologie et classification du Plasmodium*. Éditions scientifiques.

Références

malaria gametocytes. Cellular Microbiology, 14(12), 1657-1666.
<https://doi.org/10.1111/j.1462-5822.2012.01842.x>

-Santé publique France. (2019). Recommandations sanitaires pour les voyageurs, 2019. Bulletin épidémiologique hebdomadaire, 21 mai 2019, n°Hors-série.

<https://www.santepubliquefrance.fr/import/bulletin-epidemiologique-hebdomadaire-21-mai-2019-n-hors-serie-recommandations-sanitaires-pour-les-voyageurs-2019>

T :

-Trari, B. (2017). Atlas des moustiques (Diptera Culicidae) du Maroc. Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie. Rabat : Institut Scientifique, Université Mohammed V, 128 p.

-Trudel, R., Vadeboncoeur, R, Trépanier, K, Bédard, J-F, Houde, J-F & Boudreault, J. (2025). Notes scientifiques, réglementaires et techniques sur les usages du BTI.

U :

-Urquhart, G. M., Armour, J., Duncan, J. L., Dunn, A. M & Jennings, F. W. (1996). Veterinary Parasitology (2nd ed.). Blackwell Science Ltd .

V :

-Vahab, S. (2013). Global burden and impact of malaria infections. Infectious Disease Reviews, 25(3), 150-165.

<https://doi.org/10.5678/idr.2013.25315>

W :

-Wood, D. M. (1984). Mosquitoes of Canada and Alaska. Agriculture Canada, Publication 1746.

<https://www.pnlpcotedivoire.org/paludisme-generalites/>. Consulté le 15/05/2025

<https://pharmacomedicale.streamlit.app/2024/> Consulté le 05/05/2025

<https://www.wanda.be/en/a-z-index/malaria-world-map/> Consulté le 12/04/2025

Résumés

Résumé

Le **moustique** est un vecteur majeur de nombreuses **maladies** infectieuses, représentant un danger pour la santé humaine à l'échelle mondiale. Cette étude vise à mieux comprendre les modes de transmission de ces **maladies** et les stratégies de **lutte** pour en limiter la propagation.

Une première partie présente les espèces de **moustiques**, leur **cycle de vie** et leurs caractéristiques biologiques. La seconde partie traite des **maladies** qu'ils transmettent, notamment la dengue, le chikungunya et surtout le **paludisme**, choisi comme cas d'étude principal en raison de sa gravité et de sa large diffusion.

Le **paludisme** se manifeste par des symptômes comme la fièvre, les frissons et la fatigue. Il est provoqué par le parasite **Plasmodium**, transmis par la piqûre du moustique **Anophèles**. Le diagnostic repose sur des analyses sanguines et le traitement par des antipaludiques.

L'étude souligne l'importance des méthodes de **lutte**, qu'elles soient chimiques, comme les insecticides, ou innovantes, comme la modification génétique des moustiques et l'utilisation de la bactérie Wolbachia. Les technologies récentes, telles que les drones et les capteurs intelligents, renforcent l'efficacité des interventions. La sensibilisation des populations reste essentielle pour freiner la propagation des **maladies** vectorielles.

Les mots clés : moustique, maladies, paludisme, plasmodium, anophèles, lutte.

Abstract

The mosquito is a major vector of many infectious diseases, posing a significant threat to human health worldwide. This study aims to better understand the transmission modes of these diseases and the control strategies to limit their spread.

The first part presents mosquito species, their life cycle, and their biological characteristics. The second part focuses on the diseases they transmit, particularly dengue, chikungunya, and especially malaria, which has been chosen as the main case study due to its severity and wide distribution.

Malaria presents symptoms such as fever, chills, and fatigue. It is caused by the Plasmodium parasite, transmitted to humans through the bite of the Anopheles mosquito. Diagnosis is based on blood tests, and treatment relies on antimalarial drugs.

The study highlights the importance of control methods, whether chemical, such as insecticides, or innovative, such as mosquito genetic modification and the use of Wolbachia bacteria. Recent technologies, such as drones and smart sensors, enhance the effectiveness of interventions. Raising public awareness remains essential to curb the spread of vector-borne diseases.

Keywords: mosquito, diseases, malaria, plasmodium, anopheles, control.

الملخص

يُعدُّ البعوض ناقلًا رئيسيًا للعديد من الأمراض المعدية، مما يجعله تهديدًا خطيرًا لصحة الإنسان على مستوى العالم. تهدف هذه الدراسة إلى فهم أفضل لطرق انتقال هذه الأمراض، وسبل مكافحتها للحد من انتشارها.

يقدم الجزء الأول من الدراسة معلومات عن أنواع البعوض، ودورة حياته، وخصائصه البيولوجية. أما الجزء الثاني، فيتناول الأمراض التي ينقلها، خاصة حمى الضنك، والشيكونغونيا، وبالأخص الملاريا، التي تم اختيارها كحالة دراسة رئيسية بسبب خطورتها وانتشارها الواسع.

تظهر الملاريا في شكل أعراض مثل الحمى، القشعريرة، والإرهاق. تسببها طفيليات البلازموديوم، التي تنتقل إلى الإنسان عبر لدغة بعوضة الأنوفيلة. يعتمد التشخيص على تحاليل الدم، بينما يعتمد العلاج على الأدوية المضادة للملاريا.

تُبرز الدراسة أهمية وسائل المكافحة، سواء كانت كيميائية كالمبيدات الحشرية، أو مبتكرة، مثل التعديل الوراثي للبعوض واستخدام بكتيريا ولباخيا. كما تعزز التقنيات الحديثة، مثل الطائرات المسيرة وأجهزة الاستشعار الذكية، فعالية التدخلات. ويظل رفع مستوى وعي السكان عنصرًا أساسيًا للحد من انتشار الأمراض المنقولة عبر النواقل.

الكلمات المفتاحية: البعوض، الأمراض، الملاريا، البلازموديوم، الأنوفيلة، المكافحة.

Résumé :

Le **moustique** est un vecteur majeur de nombreuses **maladies** infectieuses, représentant un danger pour la santé humaine à l'échelle mondiale. Cette étude vise à mieux comprendre les modes de transmission de ces **maladies** et les stratégies de **lutte** pour en limiter la propagation.

Une première partie présente les espèces de **moustiques**, leur **cycle de vie** et leurs caractéristiques biologiques. La seconde partie traite des **maladies** qu'ils transmettent, notamment la dengue, le chikungunya et surtout le **paludisme**, choisi comme cas d'étude principal en raison de sa gravité et de sa large diffusion.

Le **paludisme** se manifeste par des symptômes comme la fièvre, les frissons et la fatigue. Il est provoqué par le parasite **Plasmodium**, transmis par la piqûre du moustique **Anophèles**. Le diagnostic repose sur des analyses sanguines et le traitement par des antipaludiques.

L'étude souligne l'importance des méthodes de **lutte**, qu'elles soient chimiques, comme les insecticides, ou innovantes, comme la modification génétique des moustiques et l'utilisation de la bactérie Wolbachia. Les technologies récentes, telles que les drones et les capteurs intelligents, renforcent l'efficacité des interventions. La sensibilisation des populations reste essentielle pour freiner la propagation des **maladies** vectorielles.

Les mots clés : moustique, maladies, paludisme, plasmodium, anophèles, lutte.