



Université Mohamed KHIDER de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et
de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Référence / 2022

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité: Parasitologie

Présenté et soutenu par :

ZAITOUT Khawla et AMROUS Beya

Le : 30/06/2022 à 13h

La lutte antilarvaire des moustiques par les poissons

Jury:

Mm.	AOURAGH Hayet	MAA	Université Med khider Biskra	Président
Mr.	MERABTI Ibrahim	MCA	Université Med khider Biskra	Rapporteur
Mm.	FETITI Nabila	MAA	Université Med khider Biskra	Examineur

Année universitaire: 2021/2022

Remerciement

Nous tenons à remercier avant tout, Dieu tout puissant de nous avoir donnée la volonté, la patience et la santé pour réaliser ce mémoire.

Nous exprimons nos profondes gratitude et nos sincères remerciements particulièrement à notre encadreur **Dr, MERABTI Ibrahim** pour sa confiance et ses conseils directifs.

Nous remercions également toute **les professeures de Parasitologie** pour avoir assuré ce mémoire. Ils ont partagé ses connaissances et expériences dans ce milieu.

Nous voudrions à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire:

Tout le personnel du l'Ecole Normal Supérieur de Ouargla, en particulier **Dr. BABELHADJ Baissa** et **Dr. Ben MERZOUG Abed al Moumen** pour nous avoir apporté un grand soutien et nous avoir aidés à atteindre cette étape.

Mes parents, pour leur soutien constant et leurs encouragements.

Dédicace

Je dédie ce travail à:

- *Ma chère mère.*
- *Mon cher père.*
- *ma grand-mère.*
- *La mémoire de mon second père: **Mohamed.***
- *Mes sœurs: **Nessrine et Rania.***
- *Ma collègue dans ce travail: **Khawla.***
- *Mes professeurs sont à Ouargla, surtout **Dr. BabElHadj Baissa***
 - *Tous ceux qui me sont chers.*

Beya

Dédicace

Tout d'abord, je dédie ce modeste travail à mes chers parents ...

*A **mon cher père** la flamme de ma vie, l'enseignant et Le modèle qui me représente dans cette vie*

*A **ma chère mère** la bougie qui éclaire mon chemin et mes journées grâce à ses prières à ceux qui tout a fait pour ma réussite, pour leur sacrifiés, leurs encouragement dans le moment difficile....*

*Aussi a mon Soleil et mes étoiles, ma source de bonheur et de joie "**mon frère et mes sœurs**" les meilleures choses que Dieu m'a données*

*A **mon grand père et ma grande mère** Que Dieu les protège et les garde en bonne santé.....*

*A mes chers amis: Ma copine **Beya, Rania** que je ne les oublierai jamais.....*

*A ma deuxième famille, **mes sœurs Blooms**, vous étiez vraiment un soutien à mes jours.....*

*Son oublier tous les Professeurs qui m'ont aidé de près par l'orientation ou la traduction **Wissal et Abd Eldjalil**...*

*Et de loin **SNV FOOD**, qui nous soulageait de la pression des études...*

A tout qui sont chère, à ceux qui m'aiment.....

Je te confie ce travail...

Merci pour vos....

khawla...

Liste des abréviations

LAV: Lutte Anti-Vectorielle

DDT: Diclorodifeniltricloroetano

MTI: The Mosquito Taxonomic Inventory

G. affinis: *Gambusia affinis*

M1, M2, M3: Milieu1, 2 et 3

A. hispaniola: *Anophèle hispaniola*

C. pipiens: *Culex pipiens*

P. reticulata: *Poecilia reticulata*

Ae. Aegypti: *Aedes Aegypti*

A. gambiae: *Anophèle gambiae*

G.holbrooki: *Gambusia holbrooki*

C. guingue fasciatus: *Culex guingue fasciatus*

Liste des tableaux

Tableau. 1: Nombre de larves d' <i>Anophèles</i> au mètre carré trouvées en (1926 et en 1931)	17
Tableau. 2: Nombre de larves au mètre carré selon localités (Faoulea, Porto, San Pellegrino)	17
Tableau. 3: La quantité de larves au mètre carré dans différentes zones.....	18
Tableau. 4: Nombre de larves consommés par les poissons au cours de 20 tests.....	19

Liste des figures

Figure .1 : Les diptères piqueurs: a) Moustiques, b) Simulies, c) Cératopogonides, d)Phlébotomes, e) Taons, f) Glossines, g) Stomoxes	3
Figure .2 : Dimorphisme sexuel chez le moustique <i>Aedes aegypti</i>	4
Figure.3 : Classification des diptères	5
Figure .4 : Comparaison des Anophelinae (D, F et H) et des Culicinae (E, G et I). Œufs d' <i>Anopheles</i> (A), d' <i>Aedes</i> (B) et de <i>Culex</i> (C)	6
Figure .5 : Cycle biologique des moustiques	7
Figure .6 : Morphologie de <i>Gambusia affinis</i>	8
Figure .7 : Répartition du genre <i>Gambusia</i> à travers l'Algérie	10
Figure .8 : Morphologie de <i>Barbus pellegrini</i>	10
Figure .9 : Morphologie de <i>Poecilia reticulata</i> femelle	11
Figure .10 : Morphologie d'un poisson rouge <i>Carassin doré</i>	11
Figure .11 : Test de consommation de larves à <i>Anopheles hispaniola</i> (stade L4) par un individu de <i>Gambusia affinis</i> et par heure, réalisé dans les milieux M1 et M2 ...	15
Figure .12 : Test de consommation de larves d' <i>Anophèles hispaniola</i> (stade L4) par un individu de <i>Gambusia affinis</i> et par heure, réalisé dans le milieu M3	16
Figure .13 : Taux de larves des moustiques consommées par poisson après 24 heures.....	19
Figure .14 : Activité prédatrice de <i>P. réticulata</i> sur différents genres de moustiques en conditions de laboratoire	20
Figure .15 : Préférences alimentaire de <i>P. reticulata</i> sur <i>A. gambiae</i> et <i>Ae. Aegypti</i> en condition de laboratoire.....	20

Table de matière

Liste des abréviations.....	I
Liste des tableaux.....	II
Liste des figures.....	III
Introduction.....	1
I. Matériels et méthodes.....	3
I.1. Généralité sur les modèles biologiques.....	3
I.1.1. Les moustiques.....	3
I.1.1.1. Description.....	3
I.1.1.2. Classification.....	4
I.1.1.3. Cycle de vie.....	5
I.1.2. La lutte.....	7
I.1.2.1. La lutte mécanique.....	7
I.1.2.2. La lutte chimique.....	7
I.1.2.3. La lutte biologique.....	7
I.1.3. Les poissons larvivores.....	8
I.1.3.1. <i>Gambusia affinis</i>	8
I.1.3.1.1. Description.....	8
I.1.3.1.2. Classification.....	9
I.1.3.1.3. Ecologie.....	9
I.1.3.1.4. Répartition en Algérie.....	9
I.1.3.2. Autres poissons larvivores.....	10
I.1.3.2.1. <i>Barbus pellegrini</i>	10
I.1.3.2.2. <i>Poecilia reticulata</i>	10
I.1.3.2.3. Les poissons rouges.....	11
I.2. Méthodologie de travail.....	12
I.2.1. Elevage des moustiques " <i>Anophèle, culex</i> et <i>Aedes</i> ".....	12
I.2.2. Elevage des poissons.....	12
I.2.2.1 <i>Gambusia affinis</i>	12
I.2.2.2. <i>Gambusia holbrooki</i>	13
I.2.2.3. <i>Barbus pellegrini</i>	14

I.2.2.4. <i>Poecilia reticulata</i>	14
II. Résultat	15
II.1. Efficacité biologique de <i>Gambusia affinis</i> contre les Culicidae.....	15
II.2. L'utilisation des <i>Gambusia holbrooki</i> dans la lutte contre le Paludisme.....	16
II.3. Consommation des larves moustiques d' <i>Anophèle</i> et <i>Culex</i> par <i>Barbus pellegrini</i> ...18	
II.4. L'utilisation des <i>Poecilia reticulata</i> dans la lutte contre paludisme.....	19
III. Discussion	21
III.1. <i>Gambusia affinis</i>	21
III.2. <i>Gambusia holbrooki</i>	21
III.3. <i>Barbus pellegrini</i>	22
III.4. <i>Poecilia reticulata</i>	22
Conclusion	24
Références bibliographiques.....	25
Résumés	

Introduction

Dans le monde, il existe environ 3546 espèces de moustiques (Merabti, 2016). Trois genres constituent les principaux vecteurs: *Anopheles*, *Aedes* et *Culex*. Ils sont responsables de problèmes sanitaires graves car ils sont vecteurs de nombreuses maladies: certains *Anopheles* transmettant la malaria, tandis que certains *Aedes* vecteurs de la dengue et le chikungunya et certains *Culex* transmettent la filariose (Tabti, 2017). Les maladies vectorielles transmises par les insectes représentent une cause majeure de morbidité et de mortalité. Ainsi, les moustiques transmettent des infections à plus de 700 millions de personnes chaque année (Bouchaud *et al.*, 2009).

Certaines de ces maladies à transmission vectorielle bénéficient de mesures préventives spécifiques, comme la vaccination (fièvre jaune, encéphalite à tiques, encéphalite japonaise) ou la chimio prévention (paludisme), et d'autres de traitement (Chassis, maladie de Lyme). Cependant, pour toutes ces infections, le moyen de protection le plus efficace reste la prévention des piqûres d'exposition à leurs vecteurs. Cette protection ou commande vectorielle (LAV) est basée sur deux branches. D'une part, la réduction du nombre d'arthropodes dans l'environnement par le contrôle collectif peut réduire le niveau de transmission. Elle repose sur des méthodes physiques, fongicides, génétiques et biologiques (Anses, 2011; Carnevale et Robert, 2009).

Au tournant du 19^e siècle, il a été reconnu que certains insectes étaient responsables de la transmission de maladies importantes. Étant donné que des vaccins ou des médicaments efficaces contre ces maladies ne sont pas toujours disponibles, il n'y a souvent pas d'autre choix que de perturber les vecteurs pour les empêcher de se propager dans lequel (Rozendaal, et WHO, 1999).

Le premier plan de lutte antivectorielle comprenait l'inspection des ouvertures dans les abris, l'utilisation de moustiquaires, le drainage ou le remplissage des marais et autres plans d'eau qui servent de lieux de reproduction aux insectes et leur traitement au kérosène ou au DDT qui a une véritable révolution dans la lutte contre les insectes, qui ont été interdits dans de nombreux pays après un certain temps en raison de leur accumulation dans l'environnement et de leurs effets nocifs possibles sur la santé humaine (Mouchet, 1994; Rozendaal, et WHO, 1999).

Cependant, cette situation comprend la recherche urgente de méthodes, processus et outils de contrôle alternatifs plus spécifiques, non dangereux et respectueux de l'environnement qui peuvent être obtenus en supprimant ou en remplaçant les populations de

vecteurs, ou en utilisant le contrôle biologique apporte une réduction significative. A propos d'arrêter complètement la propagation de la maladie (Tyagi, 2021).

La notion de prédateur introduit la notion encore floue de respect et de protection de l'environnement. Un prédateur est un animal qui se nourrit de proies vivantes. La faune larvaire de moustiques prédatrices d'un réel intérêt en lutte biologique est constituée principalement de poissons et d'insectes aquatiques entomophages (Darriet, 1998).

L'objectif de cette initiative, nous voulons faire une synthèse des méthodes de lutte anitvectorielle, l'utilisation des techniques biologiques et la préoccupation majeure des scientifiques, pour réduire la destruction de l'écosystème naturel, dont les conséquences d'utilisation des insecticides contre les populations non cibles. La lutte par l'utilisation des auxiliaires tels que les poissons est une méthode qui été déjà utilisé pour lutter contre les stades immatures de moustiques -les larves-, pour cette effet, nous présentons une analyse des travaux scientifique dans ce volet.

I. Matériel et Méthodes

I.1.1. Les moustiques

Les Diptères sont l'un des ordres d'insectes les plus importants et les plus diversifiés, à la fois en raison de leur morphologie, de leur écologie et de leur importance en entomologie médicale et vétérinaire (Duvallet *et al.*, 2017). Le groupe le plus important de diptères piqueurs est constitué par les moustiques qui se distinguent des autres insectes piqueurs par leur long corps grêle, leurs longues pattes et leurs pièces buccales en forme d'aiguilles (**fig. 1**) (Aubry, 2013).

L'Hématophagie est un terme qui désigne l'habitude qu'ont certains animaux vertébrés et invertébrés à se nourrir de sang d'autres animaux, principalement vertébrés (Essono, 2015). Parmi les nombreux groupes d'insectes Hématophages, les Culicidae sont sans doute les plus connus et les plus redoutés pour différentes raisons: la transmission de maladies d'importance médicale ou vétérinaire, la nuisance générée par la prolifération de certaines espèces particulièrement dans les régions touristiques (Nadji, 2011).

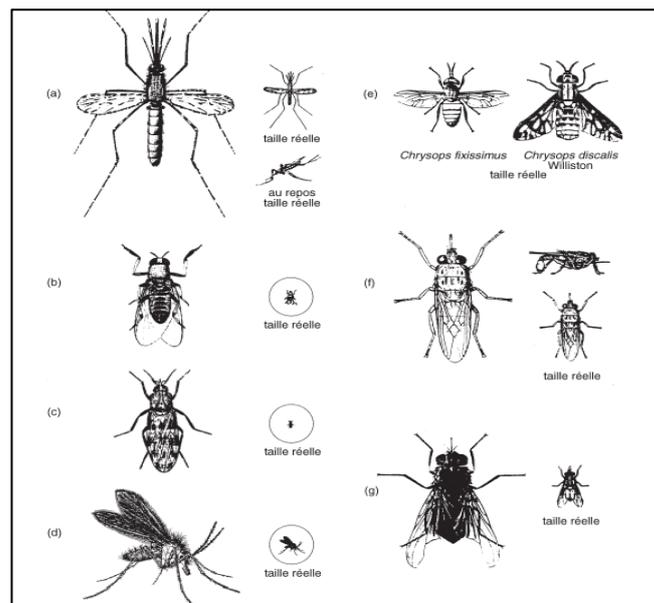


Figure 1. Les diptères piqueurs: a) Moustiques, b) Simulies, c) Cératopogonides, d) Phlébotomes, e) Taons, f) Glossines, g) Stomoxes (Aubry, 2013).

I.1.1.1. Description

Les moustiques sont des insectes diptères de la famille des Culicidae dont la taille varie entre 3 et 10 millimètres (Mourot, 2020). Les moustiques sont des insectes à métamorphose complète (insectes Holométaboles) de sorte que l'adulte, la larve et la nymphe ont des morphologies très différentes, adaptées à leurs modes de vie, aquatique pour les stades pré imaginaires et aérien pour le stade adulte ou imaginal (Carnevale et Robert, 2017).

Les mâles comme les femelles se nourrissent de jus sucré, nectars et autres sécrétions végétales, mais seules les femelles ont en plus un régime hématophage. Ce sont donc les femelles qui jouent un rôle actif dans la dissémination des maladies (Darriet, 2014).

Les adultes sont caractérisés par des antennes longues et fines, des écailles sur les ailes, possèdent de longues pièces buccales en forme de trompe rigide, de type piqueur-suceur (**fig. 2**) (Darriet, 2017; Chenouf et Nacef, 2021). 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).

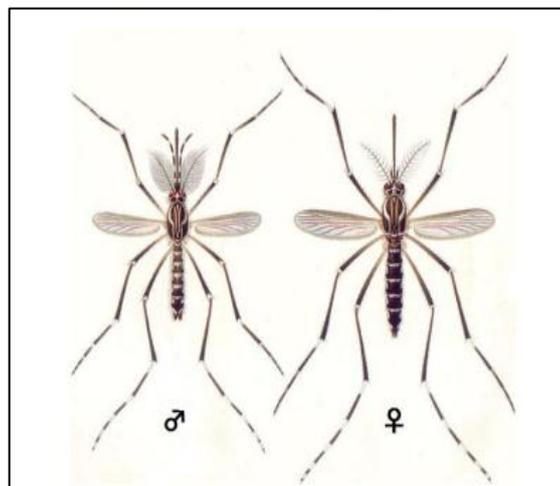


Figure 2. Dimorphisme sexuel chez le moustique *Aedes aegypti* (Goulou, 2015).

I.1.1.2. Classification

D'après le MTI, à ce jour, l'inventaire taxonomique des moustiques regroupe presque 3546 espèces (Merabti, 2016). Dans l'ordre des Diptera, la famille des Culicidae désigne l'ensemble des moustiques. Cette famille est divisée en deux sous-familles, les Culicinae (les *Aedes* et *Culex* appartiennent à la sous-famille des Culicinae) et les Anophelinae (**fig. 3**) (Vincent *et al.*, 2019; Fall, 2013). Sa classification est la suivante:

- Règne: Animal
- Embranchement: Arthropode (Boyer, 2003).
- Classe : Hexapodes (trois paires de pattes)
- Ordre : Diptères (deux ailes)
- Sous-ordre : Nématocères (à antennes longues)

- Famille : Culicidés (moustiques) (Mourot, 2020).

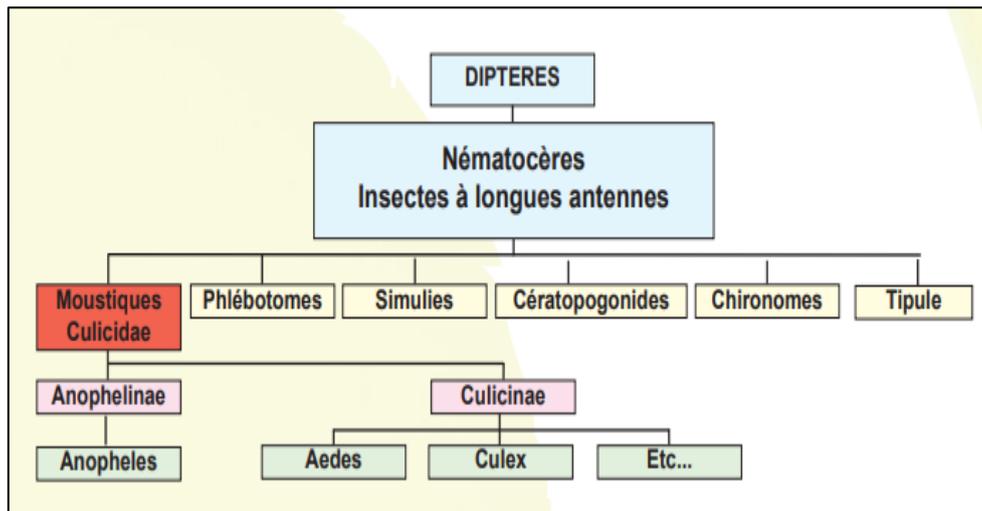


Figure 3. Classification des diptères (Mieulet et Claeys, 2016).

I.1.1.3. Cycle de vie

Les moustiques sont des insectes holométaboles, ces stades sont séparés par des mues, suivant un cycle de métamorphose complète passant par le stade d'œuf, de larve et de nymphe pour enfin aboutir à l'adulte (**fig. 4**) (Fall, 2013; Goulu, 2015). La vie d'un moustique présente deux phases: une phase aquatique (larves et nymphes) et une phase aérienne (adultes) (**fig. 5**) (Mondet *et al*, 2005).

- **Œuf:** Les œufs matures ont un besoin vital de sang. En effet, ce repas de sang apporte les calories et les protéines nécessaires au développement de l'œuf (Boyer, 2006). Les œufs sont pondus un par un et ils flottent à la surface de l'eau. Dans le cas des espèces *Culex* et *Culiseta*, les œufs sont collés ensemble en radeaux de 200 ou plus. Les espèces d'*Anopheles* et d'*Aedes* ne fabriquent pas de radeaux d'œufs mais pondent leurs œufs séparément. *Culex*, *Culiseta* et *Anopheles* pondent leurs œufs sur l'eau tandis que *Aedes* pondent leurs œufs sur un sol humide qui sera inondé par l'eau. La plupart des œufs éclosent en larves dans les 48 heures. L'eau est une partie nécessaire de leur habitat (Floore, 2002).
- **La larve:** Le développement des larves à ce stade est aquatique, leur déplacement est assuré par des mouvements frétilants caractéristiques, et leur évolution comporte 4 stade, de taille variant de 2mm à 12mm les larves vivent environ 10 jours (Aissani *et al.*, 2020)

- **Nymphe:** La nymphe ou pupa est en forme de virgule, mobile, présente un céphalothorax fortement renflé avec 2 trompettes respiratoires (Boulkenafet, 2006). Elle est également aquatique, ne se nourrit pas, il s'agit d'un stade de transition, au métabolisme extrêmement actif, conduit à des transformations morphologiques et physiologiques de l'insecte (Peterson, 1980).
- **Adulte:** L'émergence des adultes se produit à la surface de l'eau. La nymphe s'étire sa peau extérieure fond lentement sur son dos et le moustique se libère de sa mue. Le ver adulte nouvellement émergé est généralement assez mou avant le décollage et reste sur l'eau jusqu'à ce que ses ailes et son corps soient secs et durs. Les mâles ont tendance à apparaître avant les femelles, Parce qu'ils ont besoin de plus de temps pour développer leurs gonades. Pour la plupart des espèces, les mâles ont des antennes poilues, tandis que les femelles sont sans poils (Bendali-saoudi, 1989).

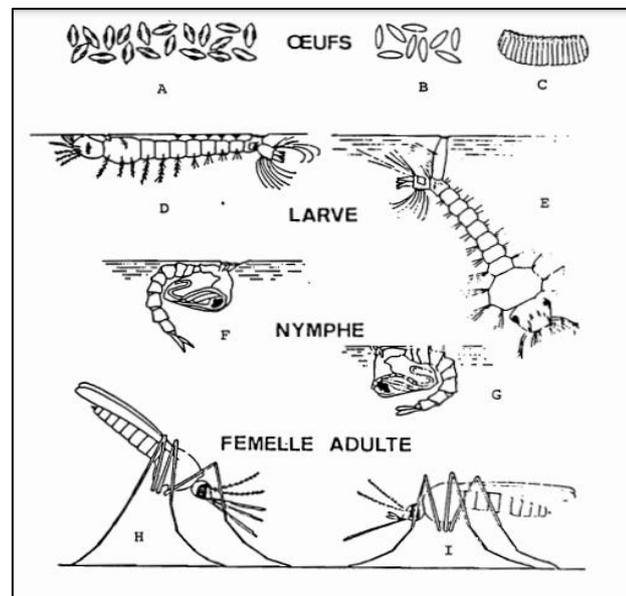


Figure 4. Comparaison des Anophelinae (D, F et H) et des Culicinae (E, G et I). Œufs d'*Anopheles* (A), d'*Aedes* (B) et de *Culex* (C) (Karch, 1987).

En général, les moustiques adultes vivent entre une semaine et plus d'un mois, certains individus vivant jusqu'à deux mois pendant le processus de reproduction, les femelles ayant survécu aux mâles et mourant peu de temps après l'accouplement. La taille varie selon le genre et l'espèce, allant de 5 à 20 mm. Le corps est composé de trois parties distinctes: la tête, le thorax et l'abdomen (Bendali-saoudi, 1989).

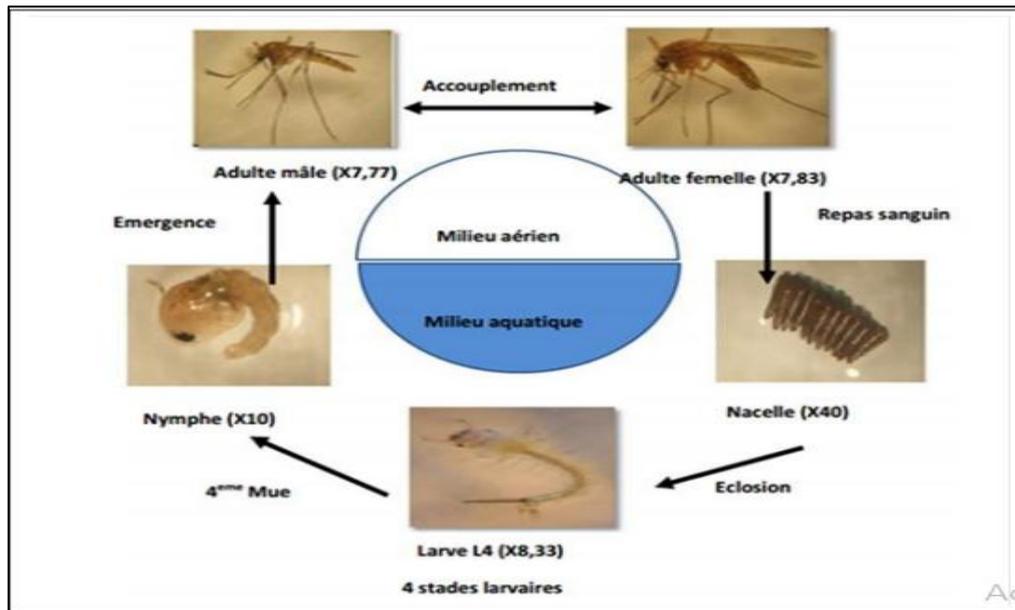


Figure 5. Cycle biologique des moustiques (Aissaoui, 2014)

I.1.2. La lutte

La lutte contre les moustiques oblige à identifier les espèces et à connaître parfaitement leur biologie, car les interventions se font principalement sur les gîtes larvaires (Guilbot, 1991).

I.1.2.1. La lutte chimique

La lutte chimique utilise essentiellement des molécules neurotoxiques ayant eu à long terme des effets secondaires dans l'environnement comme l'apparition des espèces résistantes (Soltani, 2015).

I.1.2.2. La lutte mécanique

Par des travaux d'aménagement (faucardage, drainage...), les gîtes larvaires sont réduits, voire supprimés. La mise en œuvre de tels procédés doit être parfaitement réfléchi et ne doit se réaliser qu'après information des populations concernées (Guilbot, 1991).

I.1.2.3. La lutte biologique

La lutte biologique est une alternative à la lutte chimique, qui utilise un ennemi naturel, prédateur ou pathogène, pour diminuer le nombre de Culicidae et ainsi réduire le risque de transmission (Venail, 2014).

Beaucoup d'espèces de poissons sont des "POISSONS ENTOMOPHAGES" se nourrissent de larves de moustiques. Il en est ainsi en zone tempérée, des vairons, des épinoches, des cyprins dorés et en zone subtropicale et tropicale, de nombreuses espèces dont la majorité appartient à la famille appelée "Cyprinodonte". Il y a 265 espèces de poissons employés pour lutter contre 35 espèces de moustiques dans 40 pays (Chauvet, 1979).

I.1.3. Poissons larvivores

Les invasions biologiques constituent une grave menace pour la planète. Les écosystèmes d'eau douce sont particulièrement considérés comme vulnérables aux espèces envahissantes, et les poissons sont les animaux aquatiques les plus couramment introduits dans le monde (Cheng *et al.* 2018). Le nom "poisson moustique" ou « mosquitofish » a été donné parce que le poisson mange des larves des moustiques et a été utilisé plus que tout autre poisson pour le contrôle biologique des moustiques (Masterson, 2011), dont la plus connue est *Gambusia affinis* (Bendali *et al.*, 2001).

I.1.3.1. *Gambusia affinis*

I.1.3.1.1. Description

C'est un petit poisson ayant une taille qui ne dépasse pas 63 mm chez la femelle, tandis que chez le mâle, elle est en général inférieure à 37 mm (**fig. 6**) (Ben Slimane, 2003). Le corps de la *Gambusia* est petit avec un ventre arrondi et un dos aplati, la tête plate. Les yeux sont larges et positionnés près du profil dorsal. La bouche est petite, avec une bande de petites dents sur les deux lèvres (Mekki, 2014). Elle présente une maturité sexuelle précoce, une croissance rapide, un taux de reproduction élevé et une durée de vie courte (Quiterie, 2007).

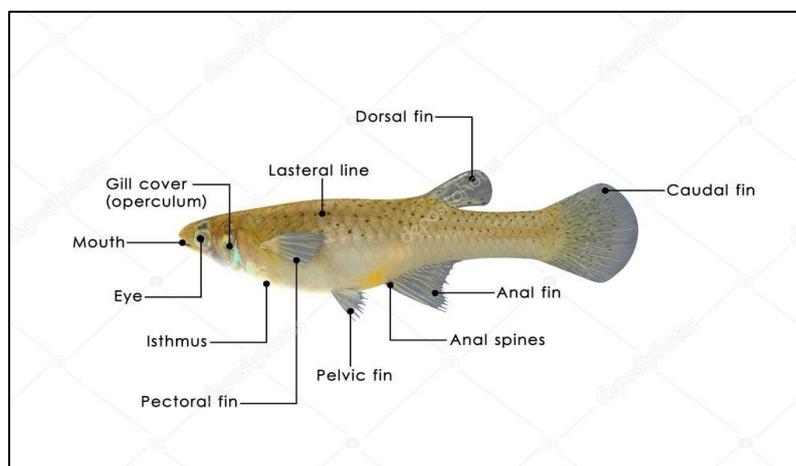


Figure 6. Morphologie de *Gambusia affinis* (site web1).

I.1.3.1.2. Classification

Les *Gambusies* sont partie de la famille Pœciliidae. Ils ne pondent pas d'œufs, mais plutôt donner naissance à des êtres vivants, bien développés et très actifs (Johnson, 2008).

- Règne: Animal
- Embranchement: Vertébrés
- Classe: Osteichtyens
- Sous classe: Téléostéens
- Ordre: Cyprinodontiformes
- Famille: Pœciliidae
- Genre: *Gambusia*
- Espèce: *Gambusia affinis* (Ben slimane, 2003).

I.1.3.1.3. Ecologique

Gambusia affinis se trouve principalement dans les eaux chaudes, peu profondes et marginales des lacs, des étangs, des marécages et des zones humides et dans les bords herbeux des ruisseaux et des rivières (Moore *et al.*, 2008). Les *Gambusia* sont par ailleurs extrêmement flexibles et robustes en termes d'habitats. Ils ont s'est produite dans l'eau avec des températures d'environ 0 à 45°C, des salinités d'environ 0 à 41 ppt, un pH d'environ 4.5 à 9.0, oxygène dissous d'environ 1 à 11 mg/l, et la turbidité d'environ 3 à 275 unités de turbidité Jackson (Pyke, 2008). Omnivore et opportuniste, elle se nourrit principalement en surface d'arthropodes, mollusques, œufs, petits poissons mais aussi d'algues et autres particules végétales. Son mode de prédation implique principalement la vue c'est pourquoi les milieux turbides lui sont peu favorables (Quitrie, 2007).

I.1.3.1.4. Répartition géographique en Algérie

Le genre *Gambusia* peut être réintroduit dans de nombreuse zones humides en Algérie, vu sa position géographique, sa configuration physique et la diversité de son climat. Environs 254 zone humides naturelles (**fig. 7**), parmi elles une soixantaine d'importance internationale sont inscrites sur la liste de la convention de Ramsar (Touchi *et al.*, 2007).

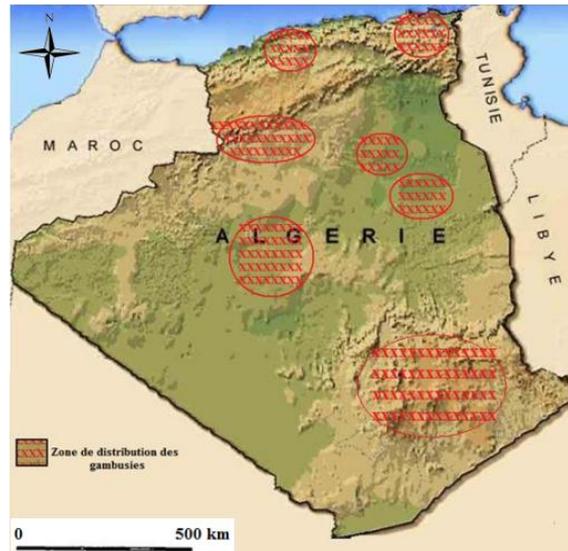


Figure 7. Répartition du genre *Gambusia* à travers l'Algérie (Touchi *et al.*, 2007).

I.1.3.2. Autres poissons larvivores

I.1.3.2.1-*Barbus pellegrini*

La Taille maximale 90 mm, le corps est brun vert dorsalement, doré sur les flancs et argenté ventralement. Les nageoires sont de couleur brun jaune, les nageoires paires étant souvent incolores (**fig. 8**) (Vos et Thys, 1990).

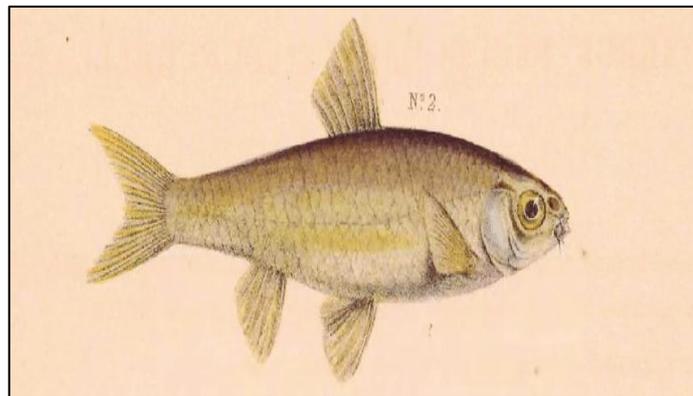


Figure 8. Morphologie de *Barbus pellegrini* (Martin et Chakona, 2019).

I.1.3.2.2. *Poecilia reticulata*

Les poissons de ce type sont sexuellement dimorphes en termes de modèle de croissance, de taille et de modèle de couleur. Les mâles cessent de croître lorsqu'ils atteignent la maturité et sont extrêmement polymorphes dans les motifs de couleur. Les femelles ont une croissance indéterminée et atteignent souvent une taille beaucoup plus grande que les mâles.

Contrairement aux mâles, ils ont une couleur bronzée uniforme et terne (**fig. 9**) (Reznick et Endler, 1982).



Figure 9. Morphologie de *Poecilia reticulata* femelle (Krinski et Camera, 2017).

I.1.3.2.3. Les poissons rouges

La plupart des poissons rouges mangent volontiers les larves de moustiques, les comètes. Ils ont une coloration plus foncée qui leur permet de mieux se fondre dans leur environnement et plus grande probabilité d'ingérer plus de larves de moustiques que les variétés de poissons rouges aux couleurs vives. Ces deux variétés de poissons rouges sont assez grandes (13 à 16 pouces de longueur), assez rustiques et faciles à entretenir, et conviennent à la fois aux vétérans et aux débutants amateurs de bassins d'arrière-cour (**fig.10**) (Xiong *et al.*, 2008).

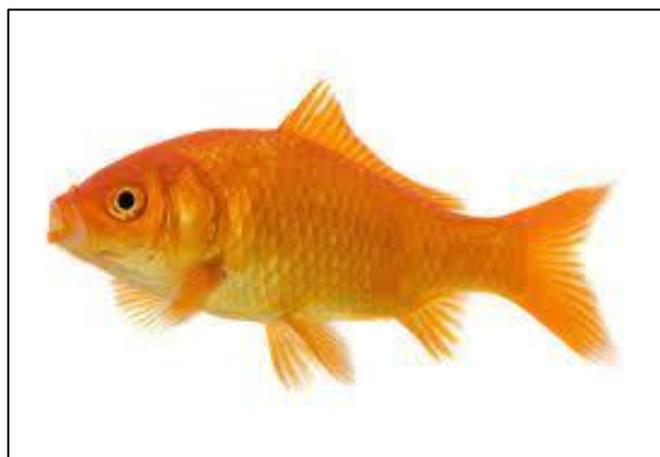


Figure 10. Morphologie d'un poisson rouge *Carassin doré* (Hachour, 2017).

I.2. Méthodologie de travail

I.2.1. Elevage des moustiques "*Anophèle, Culex et Aedes*"

L'élevage des 3 espèces moustiques sont obtenues à la station, qui a La température de l'eau est supérieure à 12°C en janvier et ne dépasse pas 32°C en juillet. Le pH reste faiblement alcalin, il varie entre 6,5 et 8,1. La conductivité oscille entre 310 et 4900 ms/cnr. Les teneurs en chlorures sont comprises entre 213 mg/H en période des crues et 603,5 mg/H en période d'étiage (Bouallam *et al.*, 1998).

D'autre part, Bendali *et al.* (2001) ont réalisé un élevage de masse en laboratoire à partir de larves néonates de *Culex pipiens*, les indicateurs d'élevage larvaire dans des cristallisoirs contenant 500 ml d'eau déchlorurée et maintenus à une température de 25°C et une photopériode de 14 h de lumière.

Les nourritures des larves *Culex pipiens* sont constituées d'un mélange de biscuit (75 %) et de levure sèche (25%) (Bendali *et al.*, 2001).

I.2.4. Elevage des poissons

Quatre espèces des poissons larvivores ont été choisis comme modèle biologique pour mener à cette partie:

I.2.1. *Gambusia affinis*

D'après Bouallam *et al.* (1998) *G. affinis* a été échantillonné dans le bassin d'épuration de Marrakech. La température de l'eau à la station est supérieure à 11°C en janvier et ne dépasse pas 32°C en juillet. Le pH a été varié entre 6,5 et 7,8 et la conductivité a été variée de 1 entre 1500 et 2800 ms.cnr. En plus de ces trois stations, pour des expériences en laboratoire, de l'eau a été prélevée d'un puits situé à l'Académie des sciences de Marrakech. Le puits se caractérise par un pH légèrement alcalin (6,5 à 7,3) et une température de l'eau de 15 à 30°C.

Dans une autre étude de Drèze *et al.* (1998) les poissons ont été obtenus à partir d'un étang situé à proximité des mésocosmes à l'automne 1995 et maintenus en laboratoire à 25°C sous photopériode naturelle. Après observation des os du gonopode, les poissons ont été identifiés comme *Gambusia affinis* (moustique de l'Est).

Les mésocosmes sont situés sur le campus de l'École Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes. Ils sont constitués de cuves métalliques circulaires (3,2 m de diamètre, 1,2 m de

hauteur) enterrées dans le sol sur un quart de leur hauteur. La face intérieure du mur est recouverte d'un liner épais. Chaque étang peut être vidé et toute la teneur en eau et les organismes collectés à l'aide de puits souterrains (Drèze *et al.*, 1998).

- **Méthode**

Les expériences de Bouallam *et al.* (1998) ont été réalisées à raison de 20 larves de L4 par pilulier contenant chacun un poisson mâle ou femelle respectivement de 2,6 et 3 centimètres de taille. Le test est effectué séparément avec trois répétitions pour chaque milieu.

Les larves sont testées en utilisant des milieux différents:

- Eau brute du puits utilisée comme milieu témoin
- Eau brute du gîte des poissons prélevée dans un bassin des eaux usées de Marrakech (Milieu M1).
- Eau brute de la station Agadir Tachraft, gîte larvaire d'*A. hispaniola* (Milieu M2).
- Eau diluée à 5 et 10 % du deuxième bassin de lagunage, milieu où nous avons constaté la présence des larves de *C. pipiens* (Milieu M3) (Bouallam *et al.*, 1998).

I.2.2. *Gambusia holbrooki*

L'étude de Coulon et Sautet (1931) a été menée sur une période de six ans afin d'éradiquer le paludisme et de s'en débarrasser au moindre coût dans la région de Corsica en France, qui utilise:

- Estuaire du Favone en juillet. L'eau, douce en hiver, renferme parfois, quand elle ne s'écoule plus dans la mer en été, 27 gr. de sel marin par litre. Avant l'introduction des *Gambusia*, malgré cette forte teneur en sel, on y rencontrait toujours quelques larves d'*Anopheles*.
- Empoisonnement de l'estuaire de l'Ostriconi. Le transport des poissons se fait dans des bidons de fer blanc d'une contenance de 15 à 20 litres, une seule exception est à considérer pour les eaux saumâtres, en communication avec la mer.
- L'étang pérenne de Capo di Padule où l'eau, renfermant 52 grammes de sel marin par litre en été, permet néanmoins la conservation des *Gambusia* qui se répandent de là au moment des inondations et des pluies dans tout le marais de Capo di Padule.

- Barque située dans un canal faisant communiquer l'étang de Biguglia que l'on voit au loin avec son canal de ceinture. Les *Gambusia*, mis au début dans ce dernier, ont envahit les bords de cet étang saumâtre (15 à 30 gr. de sel par litre) (Coulon et Sautet, 1931).

I.2.3. *Barbus pellegrini*

Dans l'étude de Ndakala *et al.* (2015) les poissons ont été récoltés dans le ruisseau Birunga, situé dans la Est de la RD Congo. Les spécimens des poissons ont été récoltés à l'aide d'une senne de plage de 45 cm de circonférence et de 2mm de mailles.

- **Méthode**

Un total de 20 poissons a été examiné. L'expérience sur le degré de consommation des larves des moustiques par l'espèce *Barbus pellegrini* a été suivie dans des conditions de laboratoire. Au 1er essai, 150 larves ont été soumises aux 9 poissons, 149 larves au 2ème essai et 153 larves au 3ème essai à partir de 7h du matin. Pour déterminer le nombre de larves consommées par poisson (Ndakala *et al.*, 2015).

I.2.4. *Poecilia reticulata*

Au début de l'expérimentation de Sabatinelli *et al.* (1990) 120 réservoirs ont été dénombrés. En novembre 1987, on aensemencé 59 bassins d'ablution avec *P. reticulata*, à raison de 3-5 poissons au mètre cube. Parallèlement, 61 grandes citernes ont été traitées par un insecticide "l'ABATE 500E", à la dose de 2 cc/m³. Puis, au fur et à mesure de la disponibilité de poissons obtenus par reproduction, tous les réservoirs ont étéensemencés selon le calendrier suivant: 15 en janvier, 17 en février, 30 en mars et 7 en avril 1988.

La nourriture des poissons, à base de crevettes et de poissons déshydratés (Bendali *et al.*, 2001).

- **Méthodes**

Quarante poissons ont été prélevés par Sabatinelli *et al.* (1990) après une station de trois jours dans les bassins et disséqués pour en examiner le contenu intestinal.

II. Résultats

II. 1. Efficacité biologique de *Gambusia affinis* contre les Culicidae

Bouallam *et al.* (1998) constaté que le taux de consommation par individu et par heure est d'une larve chez les mâles et de trois larves chez les femelles pour le milieu témoin (eau brute du puits). Il est d'une larve chez les mâles et de deux larves chez les femelles pour le milieu1 (M1). Pour le milieu2 (M2), il est de deux larves chez les mâles et de trois larves chez les femelles (**fig.11**). Cependant, dans le milieu3 (M3) dilué à 5 %, nous avons constaté que le taux de consommation de *G.affinis* est de quatre larves par heure chez les mâles et de 4 à 5 larves chez les femelles ; avec une dilution de 10 % du milieu3 (M3), ce taux est de deux larves chez les mâles et de trois larves chez les femelles (**fig.12**).

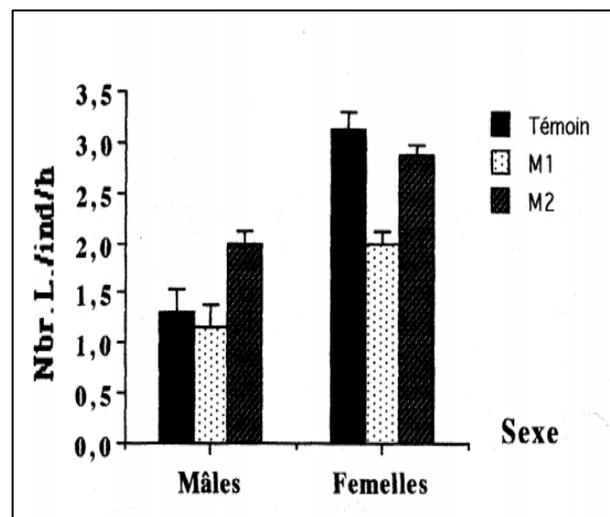


Figure 11. Test de consommation de larves à *Anopheles hispaniola* (stade L4) par un individu de *Gambusia affinis* et par heure, réalisé dans les milieux (M1) et (M2) (Bouallam *et al.*, 1998).

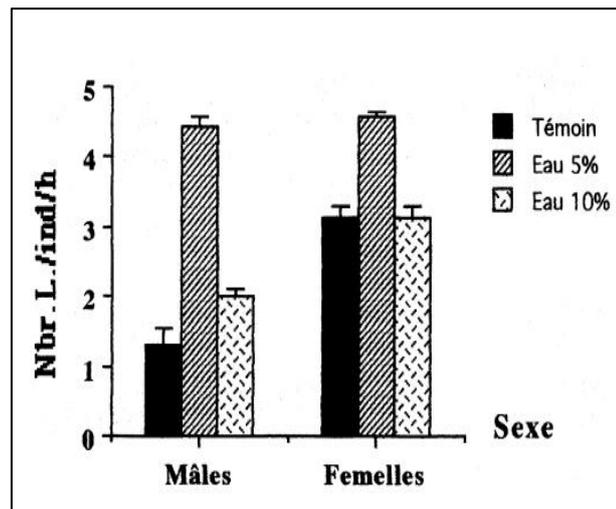


Figure 12. Test de consommation de larves *d'Anophèles hispaniola* (stade L4) par un individu de *Gambusia affinis* et par heure, réalisé dans le M3 (Bouallam *et al.*, 1998).

Des observations anecdotiques initiales de Pyke (2008) ont suggéré que *Gambusia* ajouté à un étang avec une abondance des moustiques les larves vont drastiquement les réduire ou les éliminer et que les étangs avec *Gambusia* auront peu ou pas de larves de moustiques, tandis que les étangs avec peu ou pas les poissons peuvent avoir de nombreux moustiques. Des observations anecdotiques depuis lors ont soutenu ces points de vue et ont indiqué que l'abondance des larves de moustiques augmente après l'élimination de *Gambusia*.

II. 2. L'utilisation des *Gambusia holbrooki* dans la lutte contre le paludisme

Dans ces canaux surtout lorsqu'ils sont herbeux, les *Gambusia* existent toujours en grande quantité même au printemps et l'été, leur développement y devient prodigieux.

Au printemps, on continue à y trouver quoique en nombre restreint et seulement de place en place quelques larves *d'Anophèles* à tous stades et quelques nymphes mais bien vite, en raison de la pullulation des *Gambusia* qui rend plus sévère la lutte pour la vie, des nombreux sujets nouvellement nés dont la taille exigüe permet l'accès des écheveaux d'herbes aquatiques, la présence de larves devient une exception puis une rareté (**tableau.1**) (Coulon et Sautet, 1931).

Tableau 1. Nombre de larves d'Anophèles au mètre carré trouvées en 1926 et en 1931
(Coulon et Sautet, 1931).

Régions	Canaux	Nombre de larves AU MÈTRE CARRÉ	
		1925-1926	1931
Région de Biguglia	-Grand Fossone.	-500 environ	-0 environ
	-Canal de ceinture de l'étang de Furiani.	-500	-0
	-Canal de colmatage au Fossare.	-50	-1 ou 2
	-Canal de la Giunchetta.	-300	-0
Casinca	-Canal de dessèchement de la Casinca.	-200 – 300	- 1
	-Canal du Bollaro de Campo al Cervo.	-50 – 200	-0
Région d'Aléria	-Canaux étang Del Sale.	-50	-0
	-Canal Ziglione à Del Sale.	-500	-0
Région de Porlovecchio	-Canal central de Capo di Padule.	-200	-0
Région de Saint-Florent	-Canaux d'eau douce des marais (sauf exception).	-50 -200	-0
Calvi	-Canaux de drainage du bassin de Calvi.	-30 -300	-1 à 2

Tableau 2. Nombre de larves au mètre carré selon localités (Faoulea, Porto, San Pellegrino)
(Coulon et Sautet, 1931).

Localités	Nombre de larves au mètre carré	
	1926-1927-1928	1931
-Faoulea	600	0
-Porto	100-300	0
-San Pellegrino	10-200	2 à 10

Tableau 3.La quantité de larves au mètre carré dans différentes zones

(Coulon et Sautet, 1931).

Localités	Nombre de larves au mètre carré	
	1927	1931
-Stabiaccio	3 à 400	0 (<i>Gambusia</i> très abondants).
- Fium'orbo (Mares du Pont)	10 à 100	50 à 60 (pas de <i>Gambusia</i>).
-Abbtesco (Pont)	300	0 (<i>Gambusia</i>).
-Golo (Pont du chemin de fer)	10 à 20	10 (pas de <i>Gambusia</i>).
-Fiumalto (Pillego)	200	0 (<i>Gambusia</i>).
-Liamone	50	0 à 10 (peu de <i>Gambusia</i>).
-Taviqnano (Pont)	Nombreuses larves	4-5 (peu de <i>Gambusia</i>).
-Ruisseau de Vadina	60	2-10 (peu de <i>Gambusia</i>).
-Ruisseau de Vix	10	0 (<i>Gambusia</i>).

Dans les rivières, les résultats sont très inégaux suivant les endroits et les années, ils sont en général d'autant meilleurs que le cours d'eau est moins important et moins bons sur les rives que dans les mares résiduelles complètement séparées du cours où les résultats sont en ce cas ou les résultats sont inégaux et varient suivant les années, probablement avec la force des crues Ces résultats sont donc variables et on ne peut pas compter sur une action automatique des *Gambusia*, pour stériliser ces gîtes. Mais les résultats obtenus dans certains cas sont des plus favorables et diminuent d'autant le travail à effectuer pour la lutte anti-larvaire (**tableau.2 et 3**) (Coulon et Sautet, 1931).

II. 3. Consommation des larves des moustiques *Anophèle* et *Culex* par les poissons *Barbus pellegrini*

Ndakala *et al.* (2015) ont rapporté qu'un total de 452 larves ont été soumises à des groupes de 9 poissons dans les 20 tests effectués. Après 6 heures (7h à 13h) d'expérience, 314 larves (soit 69,5%) ont été consommées par les poissons. Le 8ème test a montré le plus grand nombre de larves consommées après 6 heures. Alors que les 3ème et 13ème expériences ont montré zéro larve consommée après 6 heures d'exposition. Cependant, après 24 h d'exposition, toutes les larves (133 larves soit 29,4 %) ont été consommées (**Tableau.4**).

Tableau4. Nombre de larves consommés par les poissons au cours de 20 tests (Ndakala *et al.*, 2015)

	1er	2e	3e	4e	5e	6e	7e	8e	9e	10e	11e	12e	13e	14e	15e	16e	17e	18e	19e	20e	Tot	%
<i>Nbre de Larves et nymphes données</i>	20	30	10	50	40	20	18	45	30	36	20	30	20	20	15	24	13	5	4	2	452	100
<i>Nbre de larves consommées après 6h</i>	14	18	0	10	34	20	18	43	26	33	20	30	0	5	9	10	13	5	4	2	314	69,5
<i>Nbre de larves consommées après 24h</i>	6	12	10	38	6	0	0	2	4	3	0	0	20	15	3	14	0	0	0	0	133	29,4
<i>Développement en adultes</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0,88

Dans les 20 tests de Ndakala *et al.* (2015) qui indiquent le nombre de larves consommées par un poisson par jour. Un poisson a consommé au moins 50 % (5 à 10 larves) de nombre de larves par jour. Le pourcentage le plus élevé (100% soit 10 larves) a été observé au cours de 4 tests. Tandis que deux tests présentent le taux (40%) le plus faible (**fig. 13**).

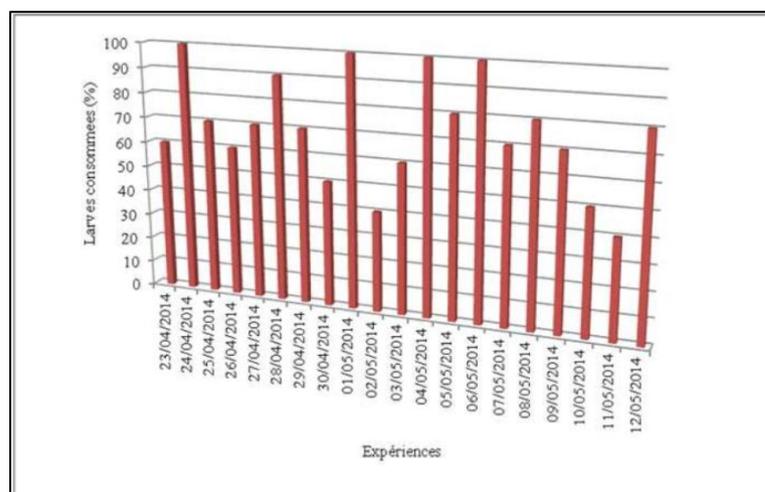


Figure 13.Taux de larves des moustiques consommées par poisson après 24 heures (Ndakala *et al.*, 2015).

II. 4. L'utilisation des *Poecilia reticulata* dans la lutte contre le Paludisme

Sabatinelli *et al.* (1990) ont trouvé que les données ont été traitées pour obtenir une moyenne des larves ingurgitées par poisson, par heure, dans les trois séries d'essais. Nous avons observé une forte activité prédatrice des poissons à jeun dans les deux premières heures, dirigée surtout vers les larves d' *Aedes* (8 larves/heure) (**fig. 14**).

Puis l'activité continue avec des variations entre 0 et 4,5 larves/heure. En moyenne, en une journée, un poisson avait ingurgité, au total, environ soit 55 larves de *Aedes* (L2-L3), soit 36 de *Anopheles* (stade L3-L4), soit 13 de *Culex* (stade L2-L3) (Sabatinelli *et al.*, 1990) .

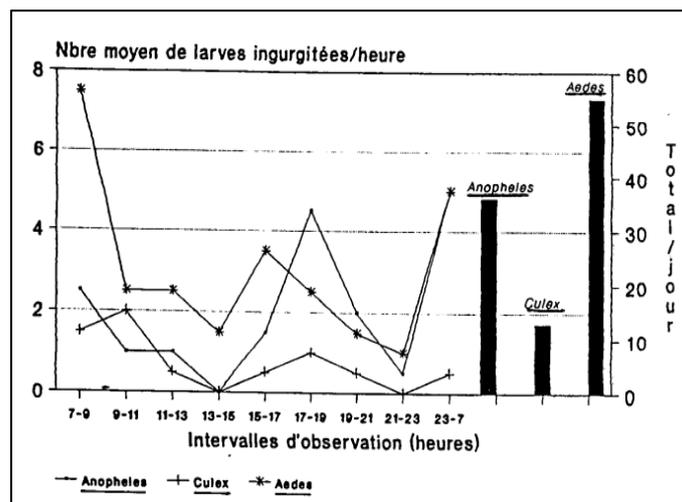


Figure 14. Activité prédatrice de *P. reticulata* sur différents genres de moustiques en conditions de laboratoire (Sabatinelli *et al.*, 1990).

Après la dissection du poisson, on a réalisé 24 contenants des larves de *Anopheles*, un de *Culex*, deux de *Aedes* 4 d'autres diptères, 5 des débris divers. Dans un poisson ont été trouvés jusqu'à 156 œufs de *Culex*. 15 poissons vides provenaient de citernes ne contenant pas de larves de moustiques.

Nous avons observé que 92,5 % des larves de *Ae. aegypti*, dont les mouvements vermiculaires attiraient visiblement les poissons, étaient éliminées dans les six premières heures. Puis, l'activité prédatrice se reportait sur les larves de *A. gambiae*, seules restantes (**fig. 15**) (Sabatinelli *et al.*, 1990).

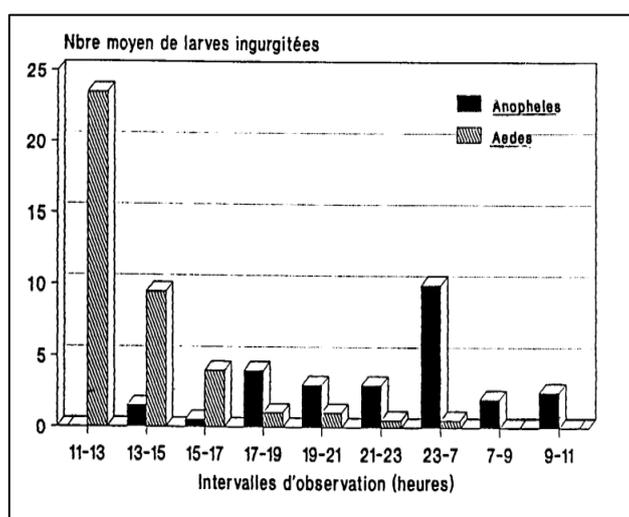


Figure 15. Préférences alimentaire de *P. reticulata* sur *A. gambiae* et *Ae. Aegypti* en condition de laboratoire (Sabatinelli *et al.*, 1990).

III. Discussions

En général, La prédation par les poissons diminue généralement avec le temps et est relativement élevée au cours des trois premiers stades larvaires. Ceci était associé au gain de poids corporel individuel à divers stades du développement post-embryonnaire plutôt qu'à la qualité de la nourriture, car les rapports des principaux métabolites (lipides, protéines, glucides) étaient comparables à tous les stades du moustique (Legner *et al.*, 1975).

III.1. *Gambusia affinis*

G. affinis, présente des avantages certains dans l'optique d'une lutte biologique, notamment contre les moustiques. L'introduction de *G.affinis* dans les étangs à raison de 0,22 kg/ha provoque, après 2 semaines, une augmentation de l'abondance des larves de moustiques. Après 10 semaines, l'abondance décroît progressivement jusqu'à atteindre celle des étangs témoins (Lenger *et al.*, 1975).

Après introduction de *G.affinis* à une biomasse élevée (0,67 kg/ha), d'autres étangs développeraient peu de moustiques durant toute l'expérience par rapport aux étangs témoins. Le taux de consommation des larves d'*A.hispaniola* au stade L4 est très élevé dans le milieu M 3 surtout quand l'eau est diluée à 5 % (Bouallam *et al.*, 1998).

Le taux de consommation par *G.affinis* varie en fonction des milieux mais reste toujours plus élevé chez les femelles que chez les mâles. Ceci peut être expliqué par le fait qu'avant la reproduction les femelles ont un appétit plus important, alors que durant la gestation, elles se nourrissent moins. Le taux peut varier aussi en fonction de la taille des mâles (2,6 cm) et des femelles (3 cm). L'efficacité de *G. affinis* dans la lutte contre les moustiques. De nouveaux développements, en conditions réelles, sont souhaitables (Bouallam *et al.*, 1998).

III.2. *Gambusia holbrooki*

Le *G.holbrooki* est un auxiliaire des plus intéressants dans la lutte anti-larvaire. Son action est plus efficace l'été et l'automne qu'au printemps, Il peut suffire seul dans de nombreux cas sous réserve de contrôler son action et de l'aider au besoin par des faucardages ou de la compléter au printemps par des épandages de larvicides (le vert de Paris ou les huiles de pétrole sont inoffensifs pour les *Gambusia*). Il est nécessaire de surveiller et de contrôler l'action des *Gambusia* pour les aider ou pour suppléer à leur action le cas échéant. En effet, cette action comme chaque fois que l'on fait appel à un moyen de lutte biologique est sujette à variations et est influençable par des facteurs très divers (Coulon et Sautet, 1931).

Pyke (2005) a fait une comparaison entre *Gambusia holbrooki* et *Gambusia affinis* où il a conclu que sont considérées ensemble ici parce que ces deux espèces de poissons sont très proches, semblables en apparence, semblables en biologie. Des attitudes très divergentes se sont développées à l'égard de ces poissons avec une certaine opinion comme étant très bénéfiques pour l'homme en contrôlant les moustiques et les maladies qu'ils hébergent, et d'autres s'inquiètent des impacts négatifs que ces poissons peuvent avoir sur d'autres espèces avec lesquels ils interagissent. En raison de la distribution étendue, des niveaux élevés d'abondance, de la facilité de capture et de maintenance captive.

III.3. *Barbus pellegrini*

Nombreuses études montrent que la capacité d'un poisson de consommer les larves des moustiques varie d'une espèce à l'autre. Elle dépend de la taille du poisson, de son adaptation à la qualité physico-chimique de l'eau qui héberge les larves, de l'espèce de moustique et de son stade de développement. Au cours de l'expérience de Ndakala *et al.* (2015) le caractéristiques des spécimens utilisés n'ont pas été mesurées. Toute fois l'espèce *Barbus pellegrinii* se révèle moins efficaces par rapport aux autres espèces.

Cette espèce indigène présente un double avantage dans la région du Congo son élevage servira à la fois comme source de protéine et dans la lutte contre la prolifération des moustiques pour cette population qui souffre à la fois de la malnutrition et du paludisme. Cependant, les facteurs taille, sexe du poisson ainsi que le stade de développement et l'identification des larves moustiques jusqu'au niveau de l'espèce doivent être étudiées afin de savoir plus sur l'efficacité de ce poisson de consommer les moustiques (Ndakala *et al.*, 2015).

III.4. *Poecilia reticulata*

En conditions de laboratoire, dans les bacs expérimentaux *P. reticulata* a montré de bonnes capacités prédatrices sur *Ae. aegypti* ainsi que sur *A. gambiae* et moindres sur *C. guingue fasciatus*. En nature, l'activité larvivores sur *A. gambiae* a été confirmée, a la dissection, par la présence de larves dans l'intestin des poissons *P. reticulata* provenant des citernes.

L'utilisation de *P. reticulata* a entraîné une importante réduction des populations vectorielles et a permis de réduire la prévalence du paludisme de 50 % déjà après une année. La méthode. Très bien acceptée par la population, pourrait contribuer de façon importante au

contrôle du paludisme, dans le cadre des programmes des soins de santé primaires conjointement à d'autres mesures (Ndakala *et al.*, 2015).

Conclusion

Les moustiques sont des insectes diptères qui représentent un grand danger pour la santé humaine car ils sont considérés comme un vecteur majeur des maladies mortelles pour les humains et les animaux, qui sont connus par "les maladies vectorielle". Ces insectes se caractérisent par un cycle biologique divisé en deux phases: une phase aquatique pour les stades pré-adulte: (œuf, larve et nymphe) et une phase aérobie pour les stades adulte.

Les moustiques sont généralement contrôlés par plusieurs méthodes comme la lutte physique par les moustiquaires, le drainage, la lutte chimique qui utilise des insecticides conventionnels qui ont donné de bons résultats mais, malheureusement, ont également largement contribué à perturber l'environnement par des effets toxiques indésirables sur l'homme et sur les espèces non visées. C'est pourquoi on a eu recours à la lutte biologique qui utilise des prédateurs naturels comme les poissons.

Dans ce travail, 05 espèces de poissons larvivores ont été choisis comme modèle d'étude sont: *Gambusia affinis*, *Gambusia holbrooki*, *Barbus pellegrini*, *Poecilia reticulata*, et Les poissons rouges.

Ils ont utilisé ces types de poissons pour éliminer le paludisme car ils sont un bon dévoreur d'*Anophèles*, *Aedes* et *Culex*.

L'efficacité de ces poissons contre les chenilles varie selon plusieurs aspects, c'est-à-dire que chaque poisson affecte un type de chenille spécifique et un stade spécifique dans une période de temps spécifique. Il convient également de noter que certaines espèces de *Gambusia* peuvent affecter d'autres espèces de poissons en se nourrissant d'œufs s'ils se trouvent dans le même réservoir.

Au final, il faut suivre les précautions préventives personnelles, les mesures générales, et tenir compte des campagnes de sensibilisation pour se protéger contre ces vecteurs mortels et prévenir les maladies mortelles pour maintenir la santé publique.

Références bibliographiques

1. Aissani, A., Belghalem, I., Zeghib, F. (2020). Contribution à l'étude des activités biologiques et du potentiel insecticide de la plante *Artemisia herba alba* Asso.
2. Aissaoui, L. (2014). Etude écophysiological et systématique des Culicidae dans la région de Tébessa et lutte biologique (Doctoral dissertation, Thèse de doctorat en Biologie animale, Université d'Annaba).
3. Anses, Novembre 2011, Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail, Rapport d'expertise collective: Recherche d'insecticides potentiellement utilisables en lutte anti-vectorielle.
4. Aubry, P., Gaüzère, D. B. A. (2013). La lutte antivectorielle. Diplôme de médecin tropicale des pays de l'Océan Indien.
5. Azerouall, A. (2003). Doctorat en sciences biologiques (Doctoral dissertation, université Mohammed V-AGDAL).
6. Ben Slimane, M. A. (2003). Effet des apports allochtones du platane (*Platanus acerifolia*) et du peuplier noir (*Populus nigra*) sur les milieux aquatiques récepteurs.
7. Bendali, F., Djebbar, F., Soltani, N. (2001). Efficacité comparée de quelques espèces de poissons à l'égard de divers stades de *Culex pipiens* L. dans des conditions de laboratoire. *Parasitica*, 57(4), 255-265.
8. Bendali-Saoudi, F. (1989). Etude de *Culex pipiens* anautogène. Systématique, biologie, lutte (*Bacillus thuringiensis* raellensis type H14, *Bacillus sphaericus* 1953) et deux espèces d'hydracariens (Doctoral dissertation, Thèse de Magister en Arthropodologie, Univ. d'Annaba).
9. Bouallam, S., Maarouf, A., Bouzidi, A., Badri, A. (1998, March). Efficacité des traitements chimique et biologique sur les Culicidae: effet létal du téméphos et taux de consommation par *Gambusia affinis*. In *Annales de Limnologie-International Journal of Limnology* (Vol. 34, No. 1, pp. 99-105). EDP Sciences.
10. Bouchaud O., CONSIGNY P.-H., COT M. et al. (2009). Médecine des voyages : Médecine tropicale. Collection Abrégés. Issy-les-Moulineaux : Éditions Elsevier Masson SAS.
11. Boulkenafet, F. (2006). Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes (Diptera: Psychodidae) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera : Culicidae) dans la région Skikda. Thèse de Magister 191 Université Montpellier (France).
12. Boyer, S. (2006). Résistance métabolique des larves de moustiques aux insecticides: conséquences environnementales (Doctoral dissertation, Université Joseph-Fourier Grenoble I).

13. Carnevale P. ROBERT V. (2009). Les anophèles : Biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle. Collection Didactiques. Marseille : Éditions IRD
14. Carnevale, P., Robert, V. (Eds.). (2017). Les anophèles: biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle. IRD éditions.
15. Chauvet, G. (1979). lutte biologique contre les vecteurs d' affections.
16. Cheng, Y., Xiong, W., Tao, J., He, D., Chen, K., Chen, Y. (2018). Life-history traits of the invasive mosquitofish (*Gambusia affinis* Baird and Girard, 1853) in the central Yangtze River, China. *Bio Invasions Records*, 7(3), 309-318.
17. Coulon, G., Sautet, J. (1931). *Gambusia holbrookiet* paludisme en Corse. Résultats de six années de lutte antilarvaire au moyen des poissons culiciphages. *Annales de Parasitologie Humaine et Comparée*, 9(6), 530-545.
18. Darriet, F. (1998). La lutte contre les moustiques nuisants et vecteurs de maladies: l'évaluation de nouveaux insecticides utilisables contre les moustiques en Afrique tropicale. KARTHALA Editions.
19. Darriet, F. (2017). Des moustiques et des hommes: Chronique d'une pullulation annoncée. IRD Éditions.
20. Davis, T. J., Devitre, D. (1996). Le manuel de la Convention de Ramsar: guide de la Convention relative aux zones humides d'importance internationale, particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau.
21. Drèze, V., Gaulay, O., Monod, G. (1998). Development of mosquitofish (*Gambusia affinis holbrookii*) populations in lentic mesocosms. Perspectives for ecotoxicological studies. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, (350-351), 465-477.
22. Duvallet, G., Robert, V., Fontenille, D. (2017). Entomologie médicale et vétérinaire. *Entomologie médicale et vétérinaire*, 1-688.
23. Essono, P. Y. B. (2015). Identification, écologie et utilisation des diptères hématophages (glossine, stomoxe et tabanide) comme moyen d'échantillonnage non invasif de la faune sauvage dans quatre parcs du Gabon (Doctoral dissertation, Université de Bourgogne).
24. Fall, A. G. (2013) Techniques de capture et d'identification des moustiques (Diptera: Culicidae) vecteurs de la fièvre de la vallée du Rift p8.
25. Floore, T. (2002). Mosquito Information. The American Mosquito Control Association, pherecfamu.

26. Goulu, M. (2015). Développement d'une nouvelle stratégie de protection chimique contre les moustiques vecteurs de maladies: utilisation d'une association répulsif/insecticide afin d'optimiser l'efficacité du traitement tout en réduisant les doses utilisées (Doctoral dissertation, Angers) p14-17.
27. Guilbot, R. (1991). exemples de lutte biologique en milieux urbain et périurbain. *Courrier de la cellule environnement intra*, 13(13), 30-34.
28. Hachour, K. (2017). Contribution à la connaissance des poissons d'eau douce de Kabylie (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
29. Johnson, L. (2008). Western mosquitofish (*Gambusia affinis*). Available at: depts.washington.edu.
30. Karch, S. (1987). Études au laboratoire et dans les conditions naturelles de l'activité larvicide de *Bacillus sphaericus* Neide, 1904, pour la lutte contre les moustiques (Doctoral dissertation, université de Paris).
31. Krinski, D., Camera, B. F. (2017). Occasional release of guppy, *Poecilia reticulata* (Cyprino dontiformes, Poeciliidae) in Upper Paraguay River Basin, Mato Grosso State: a new threat to rivers forming the Brazilian Pantanal?. *Brazilian Journal of Biology*, 78, 595-596.
32. Martin, M. B., Chakona, A. (2019). Designation of a neotype for *Enteromiu spallidus* (Smith, 1841), an endemic cyprinid minnow from the Cape Fold Ecoregion, South Africa. *Zoo Keys*, 848, 103.
33. Merabti, I., (2016). Identification, composition et structure des populations Culicidiénne de la région de Biskra (Sud-est Algérien). Effets des facteurs écologiques sur l'abondance saisonnière. Essais de lutte (Doctoral dissertation, université KASDI Merbah-Ouargla).
34. Mieulet, E., Claeys, C. (2016). (In) acceptabilités environnementales et/ou sanitaires: dilemmes autour de la démoustication du littoral méditerranéen français. [VertigO] *La revue électronique en sciences de l'environnement*, 16(1).
35. Mondet, B., Diaïté, A., Fall, A. G., Chevalier, V. (2005). Relations entre la pluviométrie et le risque de transmission virale par les moustiques: cas du virus de la Rift Valley fever (RVF) dans le Ferlo (Sénégal). *Environnement, Risques & Santé*, 4(2), 125-129.
36. Moore, A., Giorgetti, A., Maclean, C., Grace, P., Wadhwa, S., Cooke, J. (2008). Review of the impacts of gambusia, redfin perch, tench, roach, yellowfin goby and streaked goby in Australia.
37. Mouchet, J. (1994). Le DDT en santé publique. La lutte antivectorielle. *Santé: Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones*, 4(4), 257-262.

38. Mourot, E. (2020). Biodiversité et moustiques face au changement climatique et à la mondialisation-Impacts sur la santé en France métropolitaine.
39. Nadji, H. (2011). Contribution à l'étude des moustiques de la région de Biskra: aspects systématique, écologique, biochimique et énergétique (Doctoral dissertation, université Mohamed Khider- Biskra).
40. Ndakala, P. M., Ngera, F. M., Bandibabone, J. B., Mulungula, P. (2015). Test sur la consommation des larves des moustiques par l'espèce *Barbus pellegrini* au CRSN/Lwiro, Sud Kivu, Est de la RD Congo [Test on the consumption of mosquito larvae by the species *Barbus pellegrini* to the CRSN/Lwiro, South Kivu, East the DRC].
41. Peterson E.L. (1980). A limit cycle interpretation of a mosquito circadian oscillator .J. theor. Biol. 84 : (281-310).
42. Puig, H. (1994). Phytogéographie tropicale: réalités et perspectives. Natures Sciences Sociétés, 2(1), 56-61.
43. Pyke, G. H. (2005). A review of the biology of *Gambusia affinis* and *G.holbrooki*. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 15(4), 339-365.
44. Pyke, G. H. (2008). Plague minnow or mosquito fish? A review of the biology and impacts of introduced *Gambusia* species. Annual review of ecology, evolution, and systematics, 39, 171-191.
45. Quiterie, D. (2007). Prédiction des risques de colonisation de la gambusie *Gambusia affinis* (Poeciliidae) à l'échelle mondiale.
46. Reznick, D., Endler, J. A. (1982). The impact of predation on life history evolution in Trinidadian guppies (*Poecilia reticulata*). Evolution, 160-177
47. Rozendaal, J. A., World Health Organization. (1999). a lutte antivectorielle: éthodes à usage individuel et communautaire. rganisation mondiale de la anté.
48. Sabatinelli, G., Majori, G., Blanchy, S., Fayaerts, P. H., Papakay, M., World Health Organization. (1990). Expérimentation du poisson larvivore *Poecilia reticulata* dans la lutte contre le paludisme en RFI des Comores (No. WHO/MAL/90.1060. Unpublished). Organisation mondiale de la anté.
49. Samraoui, B. (2002). Branchiopoda (Ctenopoda and anomopoda) and Copepoda from eastern Numidia, Algeria. Hydrobiologia, 470(1), 173-179.
50. Site web1, Sciencepic, ID 67958575, <https://fr.depositphotos.com/67958575/stock-photogambusia-isolatedon white.html> , 17/06/2022; 18:11.

51. Soltani, N. (2015, October). Les moustiques: risques sanitaires, bioessais et stratégies de contrôle. In 1er séminaire national sur l'entomologie médicale et la lutte biologique; Conférence introductive, Tébessa, Algérie (pp. 19-20).
52. Tabti, N. (2017). Etude comparée de l'effet de *Bacillus thuringiensis* sur les populations purifiées et les populations des gîtes artificiels de *Culex pipiens* L.(Diptera–Culicidae) de la ville de Tlemcen (Doctoral dissertation, Université de Tlemcen-Abou Bekr Belkaid).
53. Touchi W, Korichi, Moula M. (2007). Etude écologique et comportementale de *Gambusia affinis* en milieu naturel de Réghaia. Thèse de Magister en Science biologiques, Université USTHB.
54. Tyagi, B. K. (2021). Genetically Modified and other Innovative Vector Control Technologies.
55. Venail, R. (2014). Sensibilité aux insecticides et évaluation préliminaire des méthodes de lutte antivectorielle disponibles contre les Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae) paléarctiques, vecteurs de virus émergents d'intérêt en santé animale (Doctoral dissertation, Université Montpellier 2).
56. Vincent et all, (2019). Entomologie médicale et vétérinaire. Bull. Soc. Pathol. Exot, 110, 281-283.
57. Vos, L. D., Thys Van Den Audenaerde, D. F. E. (1990). Petits Barbus (Pisces, Cyprinidae) du Rwanda.
58. Walton, W. E. (2007). Larvivorous fish including *Gambusia*. Journal of the American Mosquito Control Association, 23(sp2), 184-220.
59. Wissem, C. H. E. N. O. U. F., Imene, N. A. C. E. F. (2021). Caractérisation des habitats larvaires des moustiques Diptera, Culicidae dans la région de Bordj Bou Arreridj (Doctoral dissertation).
60. Xiong, Z., Yong, C. K., Wu, G., Chen, P., Shaw, W., Karkamkar, A., ... amp; David, W. I. (2008). High-capacity hydrogen storage in lithium and sodium amidoboranes. Nature materials, 7(2), 138-141.

المكافحة البيولوجية هي إحدى وسائل القضاء على البعوض الذي يشكل خطرا كبيرا على الصحة العامة من خلال نقل العديد من الامراض القاتلة للإنسان، وقد لجأوا إلى هذه الطريقة بعد فشل العديد من التقنيات التي أثرت بشكل كبير على البيئة. تستخدم هذه الطريقة الأسماك الناهبة لليرقات للقضاء على يرقات البعوض. أشهر هذه الأسماك هي غامبوسيا أفينيس والتي تستعمل ضد ناقلات الملاريا.

في هذا العمل، تم تحليل بعض المقالات حول مكافحة يرقات البعوض بواسطة أنواع مختلفة من أسماك المياه العذبة وتم تحليلها ومناقشة طريقة تكاثر البعوض والأسماك من حيث الظروف المعيشية ومراحل اليرقات التي تفضلها الأسماك.

الكلمات المفتاحية: المكافحة البيولوجية، البعوض، الأسماك الناهبة لليرقات، اليرقات

Résumé

La lutte biologique est l'un des moyens d'éliminer les moustiques, qui représentent un grand danger pour la santé publique en transmettant plusieurs maladies mortelles à l'homme, et ils ont eu recours à cette méthode après l'échec de nombreuses techniques qui ont considérablement affecté l'environnement. Cette méthode utilise des poissons larvivores pour éliminer les larves des moustiques. Le plus connu poisson c'est *Gambusia affinis* contre les vecteurs du paludisme.

Dans ce travail, certains des articles sont analysés sur la lutte contre les larves des moustiques par différents types des poissons d'eau douce ont été analysés et discutés la méthode d'élevage des moustiques et des poissons, leurs conditions de vie et les stades larvaires préféré par les poissons.

Mots clés: La lutte biologique, Les moustiques, Poissons larvivores, Larves.

Summary

Biological control is one of the means of eliminating mosquitoes, which pose a great danger to public health by transmitting several deadly diseases to humans, and they have resorted to this method after the failure of many techniques which significantly affected the environment. This method uses mosquitofish to eliminate mosquito larvae. The best known fish is *Gambusia affinis* against malaria vectors.

In this work we analyzed some articles about the control of mosquito larvae by different types of freshwater fish. where we analyzed and discussed the breeding methods of both fish and mosquitoes, their living conditions and larval stages preferred by fish.

key words: Biological control, mosquitos, mosquitofish, larvae.