



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعرييرج
Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master
Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Biodiversité et Environnement

Intitulé :

Contribution à l'étude des moustiques (Diptera : Culicidae) de
la région de Bordj Bou Arreridj : Biodiversité, importance
médico-vétérinaire et perspective de lutte

Présentée par :

Mlle BENMENNI Mouna & Mlle HADDAD Randa

Soutenue publiquement le 01/07/2018 devant le Jury :

Président	Mme. BENSEGHIR Hadjira	MAA	Univ. M. El-Bachir El-Ibrahimi – BBA
Encadreur	Mr. AMARA KORBA Raouf	MCB	Univ. M. El-Bachir El-Ibrahimi – BBA
Examineur	Mme. BENRADIA Hamida	MCB	Univ. M. El-Bachir El-Ibrahimi – BBA
Invité	Mr. HARROUZ Issam	Ingénieur	Univ. M. El-Bachir El-Ibrahimi – BBA

Année Universitaire 2017/2018

Toute reproduction du présent document, par quelque procédé que ce soit, ne peut être réalisée qu'avec l'autorisation de ses auteurs et de l'autorité académique de l'université Mohamed El Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arréridj.

Le présent document n'engage que ses auteurs.

Remerciement

*Nous remercions tout d'abord, **Dieu** tout puissant de nous avoir donné du courage, de la patience et surtout de la volonté pour réaliser ce modeste travail.*

*Nous avons beaucoup de reconnaissance et d'admiration à témoigner à notre cher encadrant, Monsieur **AMARA KORBA Raouf**, notre modèle professionnel, pour la confiance qu'il nous a accordée en acceptant de diriger ce travail, pour ses multiples conseils et pour toutes les heures qu'il a consacrées à diriger cette recherche. Il a su nous guider et nous faire partager ses connaissances de la phase expérimentale à la phase rédactionnelle. Il a toujours été à l'écoute de nos nombreuses interrogations et nous le remercions vraiment pour tout !*

*Mme **Benseghir Hadjira**, c'est pour nous un honneur de vous avoir en tant que président de ce jury. Merci d'avoir accepté de présider et de juger ce travail.*

*Nos sincères remerciements s'adressent également à Mme **Benradia Hamida**, pour avoir accepté de juger ce travail. Merci infiniment.*

*Nous tenons à remercier notre invité Monsieur **Harrouz Issam**, d'avoir accepté de juger de travail. Merci beaucoup.*

*Nous remercions beaucoup Monsieur **SAYAH Tahar**, notre enseignant pour son aide durant la période de travail en laboratoire et pour ses connaissances qui nous a partagées.*

*Nous tenons aussi à exprimer nos sincères remerciements à tous **les enseignants** qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.*

*Nous n'oublions pas de remercier **les responsables du département de Biologie** pour tous les efforts qu'ils ont fournis.*

Dédicaces

Afin d'être reconnaissante envers ceux qui m'ont appuyée et encouragée à réaliser ce travail de recherche, je dédie ce mémoire :

- ❖ *A mes Grands-parents paternelle et maternelle Qu'Allah Le Tout-Puissant, les protèges et les gardes.*
- ❖ *A mes perles du cœur, à mes très chers parents en guise de ma profonde reconnaissance pour leur amour, leur affection, leur soutien et l'aide qu'ils m'ont donnée le long de ma vie et mes études, que Dieu leur ouvre les portes du paradis.*
- ❖ *A mes très chers frères Raouf, Walid et Wassim merci pour m'avoir encouragé et d'avoir été là pour me soutenir à tout moment, je vous souhaite le bonheur, et toute La réussite dans la vie.*
- ❖ *A mes oncles, mes tantes, cousins, cousines, A toute ma famille.*
- ❖ *A mes chers amis et tous ce qui me connaissent.*

Haddad Randa

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

- ❖ *A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te garde dans son vaste paradis, à toi mon père.*

- ❖ *A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.*

- ❖ *Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à mon frères Mahdi et mes sœurs Sihame et Louiza, et mon neveu Anis, je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.*

- ❖ *Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amis, collègues d'étude, et sœurs de cœur, toi ma belle Lamia, Widad, Anfal, Hanan, Bouchra, Narimene et Majda, A mon binôme HADDAD Randa et toute sa famille.*

- ❖ *A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

Benmenni Mouna

Table des matières

Table des matières	A
Liste des figures	B
Liste des tableaux	C
Résumé	10
Introduction	14
Partie I. Synthèse bibliographique	10
Chapitre 1. Point sur les connaissances concernant les Culicidae.	10
1.1. Position systématique	10
1.2. Phylogénie des Culicidae	10
1.3. Morphologie	10
1.3.1. L'adulte	10
1.3.2. La larve	10
1.3.3. Lanympe	13
1.3.4. Les œufs	13
1.4. Cycle de vie	14
1.5. Bioécologie des stades larvaires	15
1.5.1. Gîtes larvaires et influence de leurs composantes sur le développement des larves	15
1.5.2. Nourriture et respiration des larves	15
1.5.3. Longévité	15
1.6. Bioécologie et éthologie des adultes	15
1.6.1. Emergence et accouplement	15
1.6.2. Alimentation	16
1.6.3. Dispersion et recherche d'hôte	16
1.7. Intérêt des Culicidae dans l'écosystème	16
1.7.1. Rôle des Culicidae	16
1.7.2 Intérêt Médical	17
Chapitre 2. Intérêt médico-vétérinaire des Culicidae	19
2.1. Définition d'un vecteur	19
2.2. La triade vectorielle et le système vectoriel	19
2.3. Les maladies à transmission vectorielle	19
2.4. Compétence et capacité vectorielles	20
2.5. Les agents infectieux circulants dans la région du Maghreb	21
2.5.1. Les protozoaires	21
2.5.1.1. Le Paludisme	21
2.5.2. Les arbovirus	22

2.5.2.1. Fièvre de la vallée du Rift.....	22
2.5.2.2. Le virus West Nile (WNV)	23
Chapitre 3. La lutte antivectorielle (LAV)	25
3.1. Pourquoi lutter contre les arthropodes nuisants et vecteurs d'agents infectieux ?	25
3.2. Objectifs de la lutte anti-vectorielle.....	25
3.3. La lutte anti-vectorielle	25
3.4. Les différents moyens de lutte antivectorielle	26
Partie II. Mémoire expérimentale	32
Chapitre 1. Matériels & méthodes	32
1.1. Présentation de la région.....	32
1.1.1. Situation géographique	32
1.1.2. Milieu naturel	33
1.1.3. Données climatiques de la région d'étude	33
1.1.4. Classification du climat.....	33
1.2. Choix des sites d'étude	34
1.3. Protocole expérimental.....	34
1.4. Echantillonnage des populations Culicidienne sur le terrain	37
1.4.1. Recherche de gîtes potentiels	37
1.4.2. La pêche larvaire (Récoltes des stades pré-imaginaux)	37
1.4.3. Estimation de la densité larvaire	39
1.5. Méthodes de laboratoire adoptées.....	39
1.5.1. Tri des larves.....	40
1.5.2. Méthode d'élevage	40
1.5.3. Préparation et montage des larves	40
1.5.4. Montage des adultes	41
1.6. L'identification des spécimens récoltés	42
Chapitre 2. Résultats & Discussion	43
2.1. Les gîtes rencontrés	43
2.1.1. Gîtes potentiels (gîtes négatifs)	43
2.1.2. Gîtes larvaires positifs	45
2.2. Résultat de l'inventaire	45
2.3. Description des espèces inventoriées	48
Conclusion	52
Références bibliographiques.....	i
Annexes	

Liste des figures

N°	Titre de la figure	Page
01	Systématique générale des Culicidae présents dans la région méditerranéenne	10
02	Phylogénie des Culicidae	10
03	Morphologiebasiqued'unefemelle	11
04	Morphologiebasiqued'unefemelle de <i>Cx. pipiens. l.</i> observé sous stéréomicroscope ..	12
05	Morphologie générale d'une larve de Culicinae	12
06	Observation <i>in vivo</i> d'une larve de <i>Cx. pipiens s. l.</i> sous stéréomicroscope (x40)	12
07	L'émergenced'unadultefemellede <i>Culex pipiens s.l.</i>	13
08	Observation <i>in vivo</i> d'œufsenacellede <i>Cx. pipiens. l.</i> sous stéréomicroscope (x40) ...	13
09	Le cycle de vie du moustique <i>Culex pipiens s. l.</i>	13
10	Coupe transversale schématique du proboscis	14
11	La triade vectorielle et le système vectorielle	17
12	Situation géographique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj	19
13	Localisation des sites d'étude	32
14	Protocole expérimentale	34
15	Technique du dipping	36
16	Bouteilles en plastique contenant l'eau de deux gîtes larvaires	38
17	Aspirateur à bouche utilisé pour capturée les adultes après leur émergence	39
18	Montage d'un adulte Culicinae par la méthode de la double épingle	41
19	Pourcentage des types d'habitats prospecter durant l'étude	42
20	Pourcentage des types de gîtes positifs versus gîtes négatifs	43
21	Quelques photos de quelques gîtes négatifs	43
22	Quelquesphotos de quelques gîtes positifs	44
23	Photos montrant le caractère du siphon respiratoire,	46

Liste des tableaux

N°	Titre du tableau	Page
01	Position systématique des Culicidae	9
02	Données climatiques de Bordj Bou Arréridj pour l'année 2018	33
03	Récapitulatif des sites et stations d'étude	35
04	Méthode d'estimation de la densité larvaire	39
05	Abondances absolues et relatives des différentes espèces de Culicidae récoltés dans la région de Bordj Bou Arréridj	45

Résumé

Les Culicidae sont des Diptères Nématocères qui transmettent diverses affections animales et humaines, notamment le Paludisme qui a été un fléau mondial et qui demeure encore préoccupant.

La prévention et la lutte contre ces vecteurs et les maladies qu'ils transmettent dépendent directement de la connaissance de leur biodiversité et de leurs gîtes producteurs.

Dans le but d'améliorer nos connaissances sur la biodiversité des Culicidae, nous avons mené une série de récoltes dans la région de Bordj Bou Arréridj, pour faire réaliser un inventaire systématique des culicidae et c'est le premier au niveau de la région ; aucun travail sur la biodiversité des *Culicidae* n'a été publié.

De Mars 2018 à Juin 2018, l'inventaire systématique des Culicidae récoltés à Bordj Bou Arréridj dans 33 gîtes prospectés (13 naturel, 20 artificiel) a révélé, après identification, la présence de quatre espèces appartenant à la sous-famille des Culicinae et des Anophelinae.

Nous avons trouvées que l'espèce la plus abondante est *Culiseta longiareolata* (81,50%) pullule dans 8 gîtes dont 7 artificiels, tandis que *Anophele algeriensis* avec 8,04% dans un seule gîte naturel, et *Culex pipiens* avec 6 % abandonne dans 2 habitats naturels et enfin *Culex hortensis* avec 4,46%.

Mots clés : Diptères ; Culicidae ; Gîte ; Bordj Bou Arréridj ; Anophelinae ; Paludisme.

Abstract

The Culicidae are Diptera Nematocera that transmit various animal and human diseases, including malaria, which was a global problem and that is still worrying.

The prevention and control of these vectors and the diseases they transmit depend directly on the knowledge of their biodiversity and their breeding grounds.

In order to improve our knowledge of Culicidae biodiversity, we conducted a series of harvests in the region of Bordj Bou Arréridj, to carry out a systematic inventory of culicidae and it is the first at the level of the region; no work on Culicidae biodiversity has been published.

From March 2018 to June 2018, a systematic inventory of Culicidae in Bordj Bou Arreridj from different prospected larval habitats, revealed the presence of 4 species belonging to two subfamily: *Culicinae* and *Anophelinae*.

We found that the most abundant species was *Culiseta longiareolata* (81,50%) breeds in 8 lodging including 7 artificial, while *Anopheles algeriensis* with 8,04% in a single natural lodging, and *Culex pipiens. l.* with 6% abandons in 2 natural habitats and finally *Culex hortensis* with 4,46 %.

Key words: Diptera – Culicidae – Habitat –Bordj Bou Arreridj – Anophelinae– Malaria.

الملخص:

ان العديد من ذوات الجناحين، الموزعة في جميع أنحاء العالم، تلعب دوراً في نقل الأمراض البشرية والحيوانية المختلفة ، بما في ذلك الملاريا التي كانت آفة عالمية ولا تزال مصدر قلق.

ويعتمد منع ومكافحة هذه النواقل والأمراض التي تنقلها بشكل مباشر على معرفة تنوعها البيولوجي وأراضي تكاثرها.

من أجل تحسين معرفتنا بالتنوع البيولوجي Culicidae ، أجرينا سلسلة من الحصاد في منطقة برج بوعريريج ، لإجراء جرد منتظم من culicidae وهو الأول على مستوى المنطقة ؛ لم يتم نشر أي عمل بشأن التنوع البيولوجي لـ Culicidae.

من مارس 2018 إلى يونيو 2018 ، كشف المخزون المنهجي من Culicidae الذي تم حصده في برج بوعريريج في 33 محطة محتملة (13 طبيعية و 20 مصنعة) ، بعد تحديد الهوية ، وجود أربعة أنواع تنتمي إلى فصيلة Culicinae و Anophelinae.

وجدنا أن الأنواع الأكثر وفرة هي Culiseta longiareolata (81.50%) ، التي توجد في 8 ودائع ، 7 منها مصنعة ، في حين أن Anophele algeriensis لديها 8.04 ٪ في وديعة طبيعية واحدة ، والواحد مع 6 ٪ يتخلى في موائل 2. طبيعي وأخير كوليس hortensis مع 4.46 ٪.

الكلمات المفتاحية : ذوات الجناحين. Culicidae. وديعة. برج بوعريريج. Anophelinae. الملاريا.



Introduction

Introduction

La biodiversité peut être comprise comme une étude de la différence, à savoir ce qui distingue et par la même rend originale deux entités voisines dans l'espace ou dans le temps (Blondel, 1979). La gestion de la biodiversité passe obligatoirement par une parfaite connaissance de la distribution de la faune et de la flore.

Les insectes constituent le groupe d'animaux le plus diversifié au monde, représentant plus de 58% de la biodiversité mondiale connue (Footitt & Adler, 2009). Ils sont d'une grande importance aussi bien pour les écosystèmes aquatiques que pour les écosystèmes terrestres. Leur importance se situe sur plusieurs plans : leur appartenance à la chaîne alimentaire dans la biosphère, leurs relations avec l'homme, leur appartenance au patrimoine naturel et leur valeur bioindicatrice (Oertli, 1992).

La plupart des insectes sont inoffensifs, certains ont un intérêt économique, par contre d'autres tels que les Diptera hématophages ont un impact sur la santé humaine et animale. Ces Diptera en raison de leur hématophagie occupent une place toute particulière à cause des nuisances considérables qu'ils peuvent occasionner, mais surtout à cause de leur rôle de vecteur potentiel de divers agents infectieux (virus, bactéries, protozoaires, etc.). Ils sont répartis dans diverses familles telles que les Tabanidae (les taons), les Psychodidae (les phlébotomes) et les Ceratopogonidae (les Culicoïdes), mais la famille la plus connue est celle des Culicidae regroupant les moustiques est celle qui constitue le premier groupe de vecteur dans le monde (Mullen & Durden, 2002).

Les moustiques ou Culicidae ont un rôle extrêmement important en santé humaine et animale car ils forment, de par les piqûres douloureuses qu'ils génèrent, et au-delà de ce statut d'insectes nuisant, le principal groupe de vecteurs d'agents infectieux transmissibles à l'homme. Les moustiques sont responsables, entre autres, de la transmission du *Plasmodium* (l'agent causale du paludisme), avec un à deux millions de morts par an (WHO, 2015), de nombreuses maladies à virus (arboviroses) telles que la dengue, qui est sans conteste la plus répandue, avec une incidence annuelle de 50 à 100 millions de cas, dont des centaines de milliers de cas de dengue hémorragique particulièrement meurtrière (Gubler, 2002), la fièvre jaune (FJ), la fièvre de la vallée du Rift (FVR), la fièvre à virus West Nile (VWN), le Chikungunya, d'encéphalites virales diverses mais aussi des nématodes (par exemple ceux causant la filariose). Dans l'ensemble, moins de 150 espèces appartenant aux genres *Anopheles*, *Aedes* et *Culex* sont la cause indirecte de la morbidité et de la mortalité chez les humains, plus que tout autre groupe d'organismes (Harbach, 2007).

Dans son acception la plus large, la lutte antivectorielle comprend la lutte et la protection contre les arthropodes hématophages, vecteurs d'agents pathogènes pour l'homme et les vertébrés, ainsi que leur surveillance. L'objectif général de la lutte antivectorielle est la réduction de la mortalité ou de la morbidité des maladies à transmission vectorielle. Les méthodes existantes ont recours à des procédés de type chimiques, biologiques, physiques, environnementaux et sociaux. Elles incluent la lutte biocide – notamment à l'aide d'insecticides adulticides et larvicides –, la lutte biologique – à l'aide de prédateurs ou d'agents pathogènes de moustiques –, la lutte mécanique – par des méthodes de capture de vecteurs et de protection contre le contact hôte-vecteur (pièges, moustiquaires...) –, la lutte environnementale – visant à rendre l'environnement hostile au développement des populations de vecteurs (assèchement, drainage, élimination des gîtes...) et faisant appel à une part non négligeable d'éducation sanitaire et de mobilisation sociale. (HCB, 2017).

D'autres techniques émergentes ou en développement mettent en œuvre des procédés génétiques au sens large du terme. Ces techniques incluent l'utilisation de moustiques génétiquement modifiés, ainsi que d'autres techniques basées sur des lâchers de moustiques. (HCB, 2017).

La mise en place d'une stratégie de lutte antivectorielle, avec le choix d'une technique particulière ou d'une combinaison de techniques de lutte antivectorielle, nécessite une bonne compréhension des systèmes vectoriels en jeu. Elle doit notamment tenir compte des caractéristiques du moustique vecteur ciblé et de l'influence de l'environnement sur la transmission de l'agent pathogène. (HCB, 2017).

Les derniers bouleversements politiques dans les régions d'Afrique subsaharienne et les pays du Moyen-Orient avec la stabilité relative que connaît l'Algérie a fait que le pays est devenu la destination privilégiée de milliers de migrants fuyant les guerres et la pauvreté (Elmadmad et al., 2004).

Ces migrants, souvent issus de zones à risques sanitaires élevés ou les conditions de vie (manque d'hygiène, température ambiante, environnement sanitaire précaire, etc...) favorisent l'installation endémique voire l'apparition épidémique de certaines maladies, parmi ces dernières, les maladies vectorielles transmises par les insectes présentent une cause majeure de morbidité et mortalité. (Girod et Le Goff, 2006).

Actuellement en Algérie, aucune épidémie récente liée à une transmission vectorielle n'a été signalée, mais sous l'influence des changements climatiques, démographiques et sociaux

actuels, favorables au développement des moustiques, ces espèces peuvent provoquer de brutales « bouffées » épidémiques.

En Algérie, les Culicidae par leur large répartition et leur forte abondance, ont fait l'objet d'un grand nombre de travaux concernant la systématique et la morphométrie durant cette dernière décennie dans plusieurs régions du pays (Messai et al. 2010 ; Bouabida et al. 2012 ; Amara Korba et al. 2015 ; 2016). Par contre la connaissance de la taxonomie et de la biodiversité fonctionnelle des vecteurs endémiques et invasifs, n'est pas disponible à l'heure actuelle dans la région de Bordj Bou Arréridj. L'acquisition de ces connaissances est donc un pas essentiel pour la compréhension du risque actuel et pour la préparation aux menaces futures. Ce sont ces lacunes qui nous ont poussé à choisir ce sujet portant sur une enquête préliminaire sur la biodiversité des moustiques (Diptera : Culicidae) dans la wilaya de Bordj Bou Arréridj.

Le présent tapuscrit s'articule autour de 2 parties. La première est consacrée à une synthèse bibliographique et la deuxième est consacré au mémoire expérimental.

La première partie comporte 3 chapitres :

- Le premier chapitre porte sur la bibliographie des Culicidae (Systématique, morphologie, bioécologie)
- Le deuxième chapitre décrit l'importance médico-vétérinaire des Culicidae
- Le Troisième chapitre concerne les différentes méthodes utilisées pour lutter contre ces insectes nuisibles.

La deuxième partie comporte 2 chapitres :

- Le premier chapitre est consacré aux matériels utilisés et aux méthodes employées. Il renferme la description des stations d'étude ainsi que des techniques utilisées sur le terrain et au laboratoire.
- Le chapitre 2 est consacré à la discussion des résultats obtenus par rapport aux études précédemment menées dans d'autres régions en Algérie.

Le travail s'achève sur une conclusion générale qui met l'accent sur les perspectives et les travaux qui restent à mener en se référant à de nouvelles voies d'approche qui pourraient peut-être élucider certains problèmes causés par ces insectes.



Partie I :
Synthèse bibliographique

Partie I. Synthèse bibliographique

Chapitre 1. Point sur les connaissances concernant les Culicidae.

1.1. Position systématique

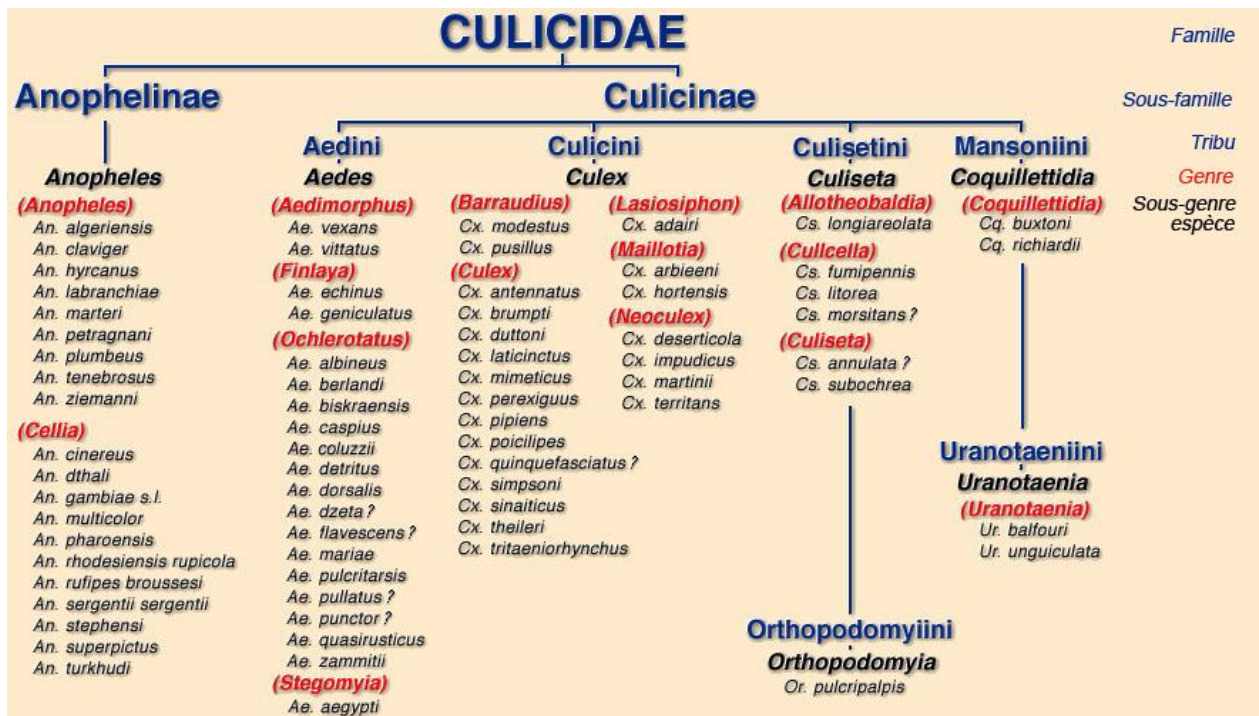
Les Culicidae ou moustiques font partie de l'ordre des Diptères : *Diptera* (1 paire d'ailes + haltères) et à la sous-famille des Nématocères : *Nematocera* (antennes longues), la Classe des Insectes : *Insecta* (pièces buccales exposées, pattes à plus de 5 segments, thorax développé + ailes, yeux composés + ocelles), la Super-classe des Hexapodes : *Hexapoda* (3paires de pattes, trachées), Embranchement des Arthropodes : *Euarthropoda* (corps et pattes segmentés), Série des Métazoaires: *Invertebrata* (organismes pluricellulaires mobiles = animaux) (Séguy, 1951).

Tableau 1. Position systématique phylogénétique des Culicidae (Source Wikipédia)

Domaine	Eukaryota
Sous Domaine	Unikonta
Règne	Opisthokonta
Embranchement	Arthropoda
Sous Embranchement	Hexapoda
Classe	Insecta
Sous Classe	Pterygota
Ordre	Diptera
Sous. Ordre	Nematocera
Infra Ordre	Culicomorpha
Super Famille	Culicoidea
Famille	Culicidae

Les moustiques se distinguent des autres Nématocères piqueurs par leurs trompes longues et fines à multiples articles (6 à 40 articles) et la présence d'écailles sur les nervures alaires. Les femelles possèdent de longues pièces buccales en forme de trompe rigide vulnérantes de type piqueur-suceur (solénophage) (RodhainetPerez,1985).

Environ 3525 espèces des Culicidae sont connues dans le monde (Harbach & Kitching, 1998), réparties en trois sous-familles, les *Toxorhynchitinae*, les *Anophelinae* et les *Culicinae* et plus de 44 genres. Pour être complet, il faut rajouter à cette liste 157 sous espèces (Harbach,2010). La sous famille des *Toxorhynchitinae* qui est formée d'un seul genre n'est pas représenté en Europe occidentale ni en Afrique méditerranéenne (Brunhesetal.1999).



Orthopodomyiini

Orthopodomyia

- Or. pulcripalpis*

Sous-famille

Tribu

Genre

Sous-genre

espèce

Figure 1. Systématique générale des Culicidae présents dans la région méditerranéenne (Brunhes et al. 1999).

1.2. Phylogénie des Culicidae

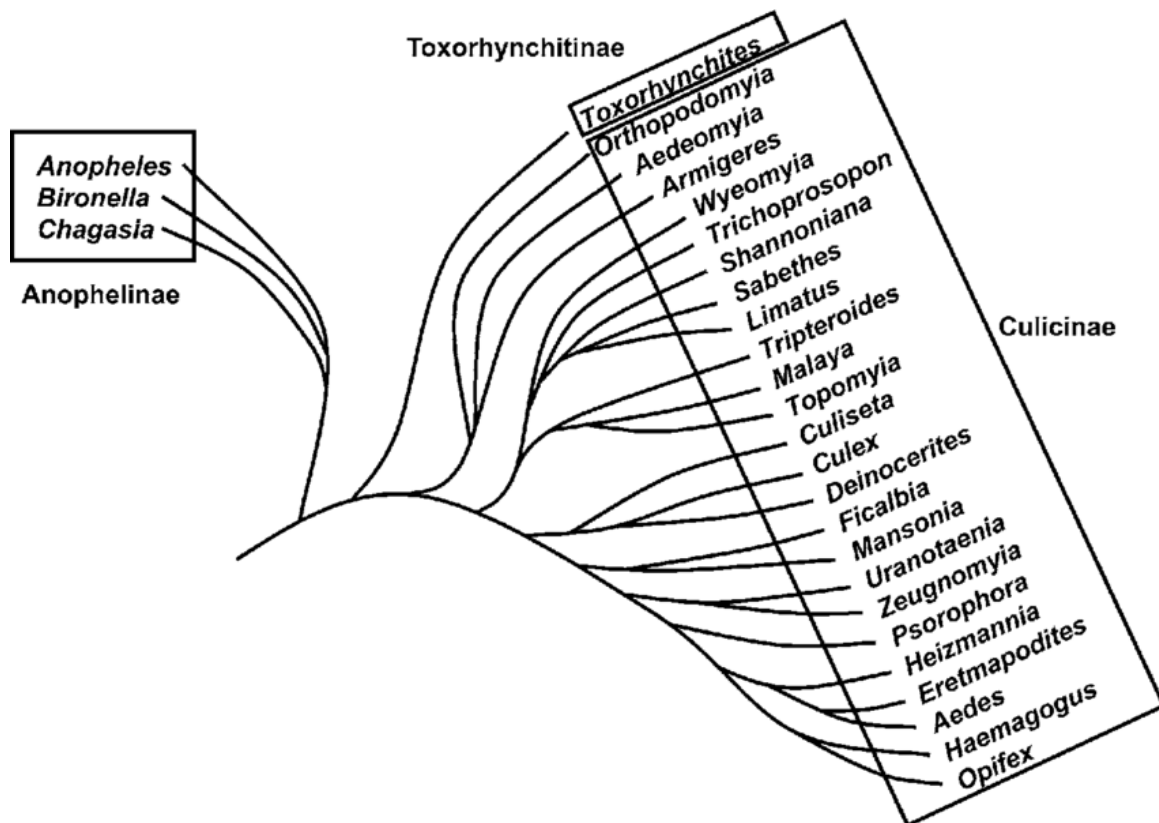


Figure 2. Phylogénie des Culicidae (Harbach, 2007)

1.3. Morphologie

Morphologiquement les Culicidae sont caractérisés par des antennes longues et fines à multiples articles, des ailes pourvues d'écaillés, dont les femelles possèdent de longues pièces buccales en forme de trompe rigide vulnérantes de type piqueur-suceur. Les Culicidae, sont des insectes à métamorphose complète (Holométaboles) de sorte que les trois stades de développement (larve, nymphe et adulte) ont des morphologies différentes, adaptées à leurs modes de vie : aquatique pour les stades pré-imaginaux, et aérien pour le stade imaginal (Carnevale & Robert, 2009). La morphologie externe – en particulier la chetotaxie – de chaque stade, permet la différenciation des espèces. Pour cela, il est important de décrire dans ce chapitre les différents caractères morphologiques de l'adulte, et des stades pré-imaginaux dont la connaissance est indispensable en systématique (Boukraa, 2010).

1.3.1. L'adulte

Taille de 5 à 20 mm ; corps composé de trois parties distinctes : tête, thorax, abdomen (Figure 3). La morphologie détaillée et la nomenclature des différentes parties du corps ont fait l'objet d'une revue (Harbach et Knight, 1981) et plus récemment par (Becker et al, 2010).

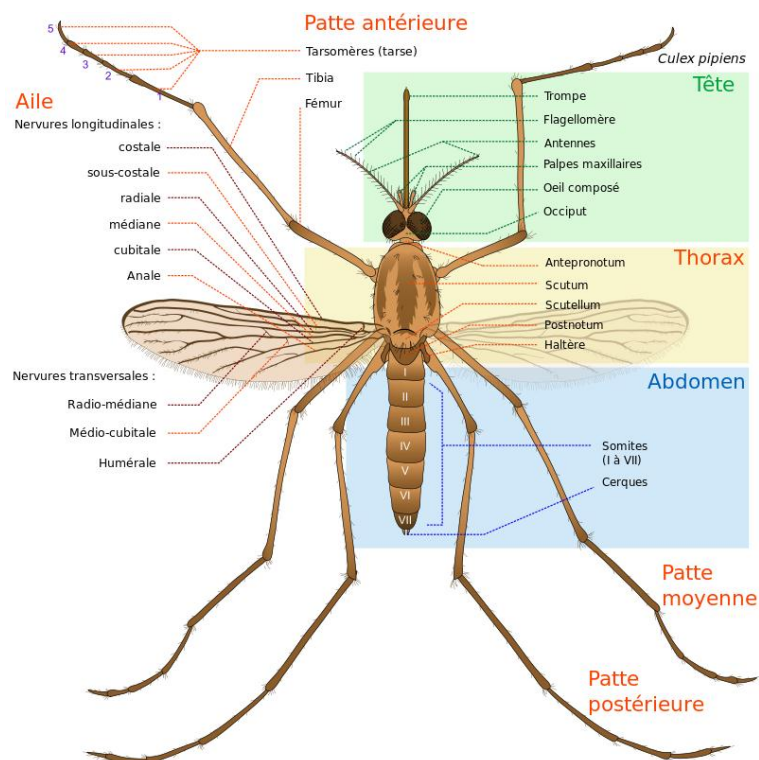


Figure 3. Morphologie basique d'une femelle (Source Wikipédia : Image libre de droits)



Figure 4. Morphologie basique d'une femelle de *Cx. pipiens*. l. observé sous stéréomicroscope (x20), (Cliché Benmenni & Haddad, 2018)

1.3.2. La larve

Le corps de la larve des Culicidae est divisé en trois parties principales : la capsule céphalique complètement scarifiée, le thorax aplati composé de trois segments fusionnés (bien plus large que les deux autres parties) et l'abdomen qui se compose de dix segments (Figure 5 et 6). D'après [Forattini \(1996\)](#) (in [Becker et al, 2010](#)), 222 paires de soies sont insérées tout au long du corps de la larve, leur arrangement est appelé la Chetotaxie ce qui présente le principal critère en taxonomie – morphologique – des larves. Chez la sous-famille des Culicinae, au niveau du stade IV la larve se caractérise par un siphon long et effilé, de même couleur que le corps et faisant un angle de 90° avec lui. Ses mouvements sont rapides et nerveux. Ainsi que des larves dont les proportions du siphon sont anormales, ont été signalées. ([Brunhes et al. 1999](#))

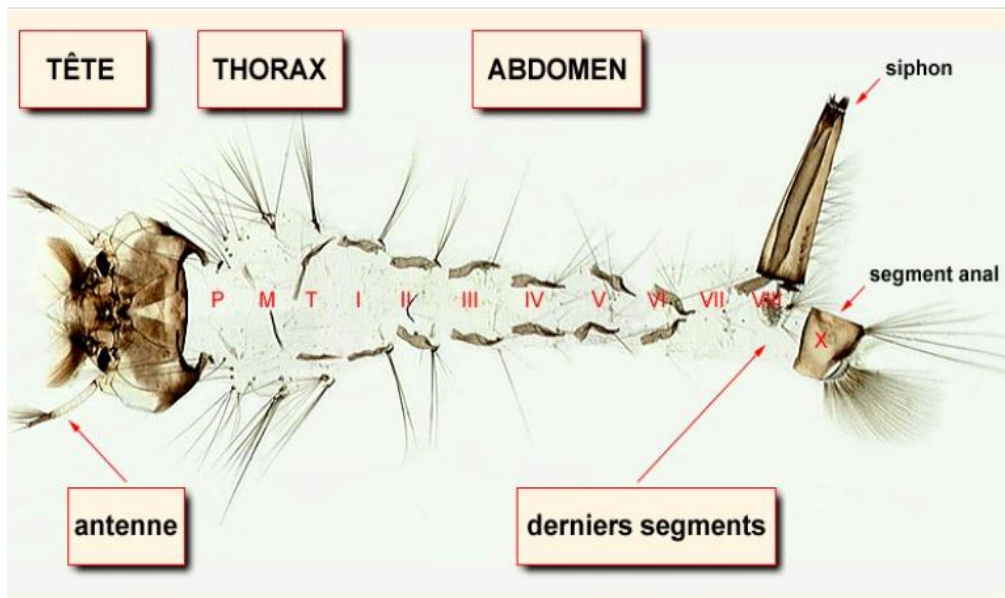


Figure 5. Morphologie générale d'une larve de Culicinae (Brunhes et al. 1999)



Figure 6. Observation in vivo d'une larve de *Cx. pipiens s. l.* sous stéréomicroscope (x40)
(Cliché Benmenni & Haddad, 2018)

1.3.3. Lanympe

La nymphe des Culicidae, se caractérise par un tête et un thorax réunis en une seule masse globuleuse (Figure 7), le céphalothorax, et une partie postérieure effilée et recourbée constituant l'abdomen; ce dernier donne à la forme générale de la nymphe un aspect d'une virgule.



Figure 7. (Carrés): Nymphes, (Cercle): l'émergence d'un adulte femelle de *Culex pipiens s.l.*
(Cliché Amara Korba, 2012).

1.3.4. Les œufs

Les œufs sont pondus en « radeaux » ou séparément, de couleur noire facilement visibles à l'œil nu, directement sur la surface de l'eau. Les espèces du genre *Culex*, forment des nacelles (Figure 8) plus ou moins régulières où chaque œuf, qui est muni d'un flotteur micropylaire en socle, se tient verticalement (Séguy, 1955). C'est avec les pattes postérieures croisées que la femelle du moustique guide ses œufs pour obtenir cette formation (Callot et Helluy, 1958).

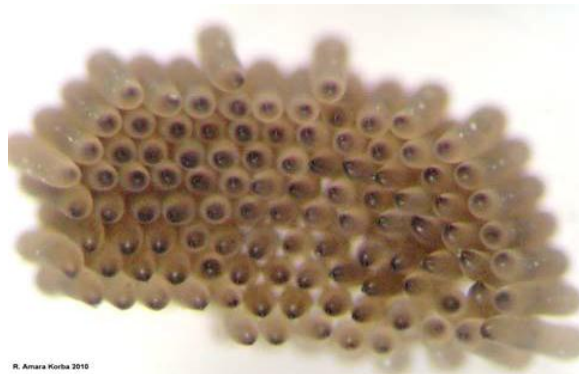


Figure 8. Observation *in vivo* d'œufs en nacelle de *Cx. pipiens s. l.* sous stéréomicroscope (x40)
(Cliché Amara Korba, 2010)

1.4.Cycle de vie

Le cycle biologique des moustiques comprend deux phases (Robert et al. 2017) :

- Une phase aquatique pour les stades pré-imaginaux ou immatures (Figure 9) : œuf, larve, (avec 4 stades larvaires entrecoupés chacun d'une mue) et nymphe ; les stades larvaires concernent une période de croissance avec une augmentation notable de taille qui peut être d'un facteur 10, du stade I au stade IV ; ce phénomène d'accroissement ne se retrouvera plus dans la phase ultérieure.
- Une phase aérienne pour le stade adulte ou imago, avec des mâles et des femelles. C'est la période de reproduction et de dispersion. Le mâle se nourrit exclusivement de jus sucrés, tandis que la femelle s'alimente non seulement de jus sucrés qui procurent l'énergie nécessaire pour le vol mais aussi de sang humain et/ou animal qui permet le développement des ovaires. Chez les moustiques, seule la femelle est hématophage, et c'est au cours d'un repas de sang qu'elle peut ingérer et/ou transmettre des agents infectieux.

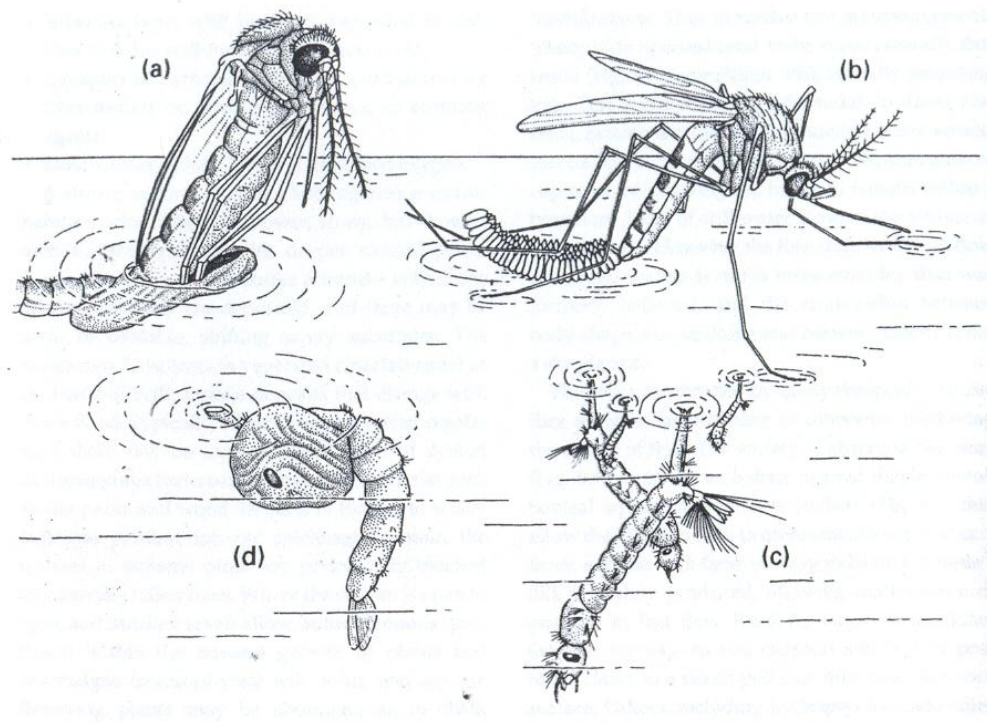


Figure 9. Le cycle de vie du moustique *Culex pipiens s. l.* : (a) adulte émergent de ses exuvies nymphales à la surface de l'eau; (b) l'oviposition d'une femelle adulte, ses œufs adhérant ensemble comme un radeau flottant; (c) les larves obtiennent de l'oxygène à la surface de l'eau par l'intermédiaire de leurs siphons respiratoire ; (d) nymphe suspendue au ménisque de l'eau, dont le contact respire l'atmosphère. (D'après Clements, 1992.)

1.5. Bioécologie des stades larvaires

1.5.1. Gîtes larvaires et influence de leurs composantes sur le développement des larves

Les gîtes larvaires susceptibles de recevoir des pontes, sont constitués par des collections d'eau dont le type est extrêmement variable suivant l'espèce. Certaines espèces de moustiques sont d'ailleurs extrêmement strictes, alors que d'autres semblent très peu exigeantes. C'est en effet à la femelle pondreuse que revient le choix du gîte. Ce dernier se différencie selon l'importance de sa couverture, en biotope ombragé (sciaphile) ou ensoleillé (héliophile), selon les caractéristiques chimiques de l'eau douce (dulçaquicole) ou salée (halophile) et selon la taille du gîte, grande dimension (rivage de lac, de grand fleuve) ou très petite taille (creux d'arbre, empreinte de pas, petits récipients artificiels) (RodhainetPerez,1985).

De multiples facteurs peuvent aussi être pris en considération, tels que la température, le pH de l'eau, la lumière et les facteurs biotiques comme l'abondance de la végétation aquatique et la faune associée. La température de l'eau n'est pas un facteur limitatif, mais peut être considérée comme importante, car elle agit sur la vitesse de développement des larves et des nymphes des Culicidae. Selon Séguy (1955), la lumière a une grande influence sur quelques espèces culicidiennes, et les larves sont plus nombreuses dans les mares abritées des rayons du soleil.

1.5.2. Nourriture et respiration des larves

Dans l'eau du gîte, les larves se trouvent au repos sous la surface, respirant l'air atmosphérique en faisant affleurer leurs siphons respiratoires ; en position oblique par rapport à la surface de l'eau. La nourriture des larves consiste surtout en des éléments planctoniques, notamment des algues microscopiques, bactéries, et protozoaires(RodhainetPerez,1985).

1.5.3. Longévité

La durée des quatre stades larvaires est habituellement de 8 à 12 jours lorsque les conditions de température sont favorables (Rodhain et Perez, 1985).

1.6. Bioécologie et éthologie des adultes

1.6.1. Emergence et accouplement

Les premiers jours de la vie imaginaire permettent le durcissement de la cuticule, la prise d'une alimentation sucrée et la maturation des organes sexuels. L'accouplement se fait 2 ou 3 jours après l'émergence chez les femelles, avant ou après le premier repas de sang. Les mâles sont fertiles après la troisième journée de vie imaginaire. Dans la plupart des cas, l'accouplement est précédé d'un essaimage des mâles observable à quelques mètres du sol. Cet essaimage se forme généralement au crépuscule, mais aussi parfois à l'aube, à des heures très répétitives, souvent près de leurs gîtes de développement larvaire (Carnevale et Robert, 2009). Les Culicidae mâles saisissent les femelles au vol et s'appliquent contre elles ventre à ventre. La copulation peut se dérouler entièrement en vol ou bien commencer en vol et se poursuivre lorsque le couple est au sol. Cette copulation dure de quelques secondes à plusieurs minutes.

1.6.2. Alimentation

D'une façon générale, les pièces buccales des Culicidae – et en particulier celles des mâles – sont adaptées à piquer et à sucer les sucres végétaux et le nectar des fleurs (Becker et al. 2010). Cependant, la prise d'un repas de sang par les femelles, est nécessaire pour la maturation des œufs (Carnevale et Robert, 2009).

Il existe chez certaines espèces de Culicidae, des souches dites « autogènes », où les femelles sont capables d'élaborer des œufs fertiles sans avoir effectué de repas de sang (Séguy, 1923, 1955 ; Matile, 1993). Celles qui ne possèdent pas cette faculté elles sont dites anautogènes.

1.6.3. Dispersion et recherche d'hôte

Le régime hématophage des femelles entraîne la nécessité de rechercher un hôte convenable, ce qui favorise leur dispersion à partir du gîte d'origine. Les hôtes des moustiques peuvent être des mammifères, des oiseaux, des reptiles ou des batraciens. Les préférences trophiques sont extrêmement variables d'une espèce culicidienne à une autre. Les espèces qui piquent préférentiellement l'homme sont dites anthropophiles, mais elles peuvent être également ornithophiles, herpétophiles ou encore simiophiles (Séguy, 1955 ; Rodhain et Perez, 1985). La localisation des hôtes est basée sur des stimuli olfactifs, visuels et thermiques.

1.7. Intérêt des Culicidae dans l'écosystème

1.7.1. Rôle des Culicidae

Les Culicidae représentent un maillon essentiel dans le fonctionnement d'un écosystème aquatique. En effet, par sa présence en grand nombre, il représente une biomasse importante dont se nourrissent de nombreux organismes (batraciens, poissons...). Ils sont ainsi un maillon important de la chaîne trophique des zones humides. De plus, de par leur régime alimentaire, les larves participent au processus de dégradation de la matière organique. Leur régime omnivore, avec l'ingestion de feuilles en décomposition par exemple, accélère la décomposition des matières organiques dans les écosystèmes aquatiques (Merabti, 2016).

1.6.2. Intérêt Médical

Les Culicidae constituent le tout premier groupe d'insectes d'intérêt médical. Les moustiques sont vecteurs de 3 groupes d'agents pathogènes pour l'homme : *Plasmodium*, filaires des genres *Wuchereria* et *Brugia* ainsi que de nombreux arbovirus (Becker et al. 2010). C'est par sa trompe qui lui sert à piquer que le moustique transmet les pathogènes à l'homme ou aux animaux.

La trompe ou proboscis (Figure 10) de la femelle est composée par des pièces buccales vulnérantes ou stylets (maxilles, labre, hypopharynx) qui sont enveloppées par le labium souple qui se replie au moment de la piqûre (Rodhain et Perez, 1985).

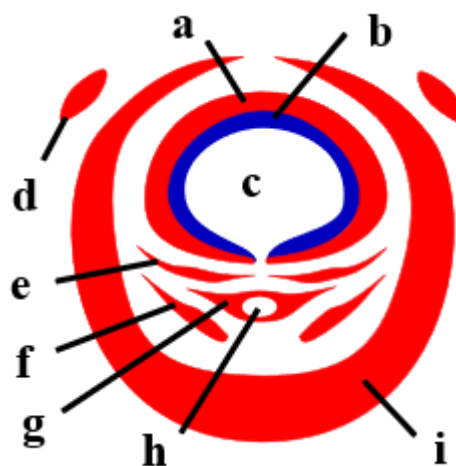


Figure 10. Coupe transversale schématique du proboscis. (a) : labre supérieur ; (b) : épipharynx ; (c) : canal alimentaire ; (d) : palpe maxillaire ; (e) : mandibule ; (f) : maxille ; (g) : hypopharynx ; (h) : canal salivaire ; (i) : labium (Source Wikipédia, Image libre de droit)

Le moustique enfonce les stylets dans l'épiderme jusqu'à un capillaire sanguin grâce aux maxilles qui perforent la peau et qui permettent à la trompe de se maintenir en place lors du prélèvement sanguin (Balenghien, 2006).

Les stylets délimitent 2 canaux : l'un, formé par l'hypopharynx, par lequel est injectée une salive anesthésiante et anticoagulante, l'autre, au niveau du labre, par lequel est aspiré le sang qui, s'il est infecté, contamine le moustique. La quantité de sang prélevée varie de 4 à 10 µl en 1 à 2 minutes (Balenghien, 2006).

Mêlé au sang aspiré, le parasite pathogène -excepté les filaires- (*Plasmodium sp.* responsables du paludisme, le virus de la dengue, de la fièvre jaune, le virus du Nil occidental ou le virus du Chikungunya...) parvient dans l'estomac du moustique, puis franchit la paroi stomacale. Une fois multiplié, il se retrouve dans les glandes salivaires du moustique qui l'inocule à son hôte lors de la piqûre, par la salive infectée, via l'hypopharynx (Balenghien, 2006).

Les genres *Aedes*, *Culex*, *Eretmapodites*, *Mansonia* et *Anopheles* contiennent la majorité des espèces qui s'attaquent à l'homme (Balenghien, 2006).

Chapitre 2. Intérêt médico-vétérinaire des Culicidae

2.1. Définition d'un vecteur

Un vecteur est un arthropode hématophage qui assure une transmission biologique et active d'un agent infectieux d'un vertébré à un autre vertébré (Rodhain, 2018).

2.2. La triade vectorielle et le système vectoriel

La triade vectorielle est constituée de trois acteurs biologiques : l'agent infectieux, son (ses) Vecteur(s), son (ses) hôte(s) vertébré(s). Cette triade s'inscrit dans un environnement dont la prise en compte définit un système vectoriel. Un système vectoriel est donc défini par une triade particulière et par les interrelations entre les trois acteurs de la triade, fonctionnant dans un environnement particulier (Figure 11) (Duvallat et al. 2017).

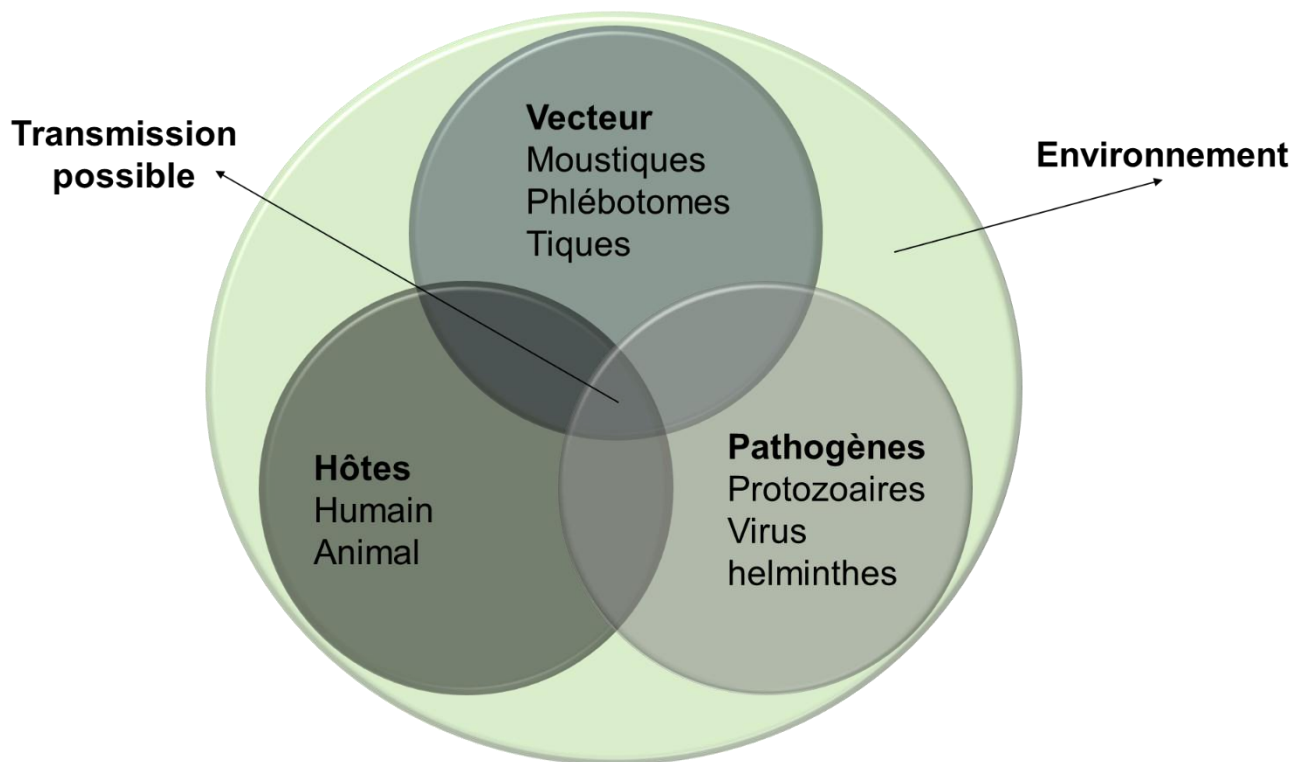


Figure 11. La triade vectorielle et le système vectorielle

2.3. Les maladies à transmission vectorielle

Les maladies à vecteurs, encore appelées maladies à transmission vectorielle, sont des maladies infectieuses dans lesquelles l'agent pathogène (virus, bactérie, parasite) est obligatoirement transmis par un intermédiaire vivant (le vecteur), le plus souvent un insecte hématophage à l'occasion d'un « repas de sang ». Largement répandues dans les zones tropicales

et subtropicales, où elles sont responsables d'une morbidité et d'une mortalité importantes (paludisme, maladie du sommeil, maladie de Chagas, bilharziose, dengue, chikungunya, onchocercoses...), elles se rencontrent également dans les climats tempérés ou froids (maladie de Lyme, peste, typhus...). Leur existence est intimement liée aux écosystèmes qui permettent le maintien de populations d'insectes vecteurs (Gachelin, 2018)

En effet, ces maladies sont particulièrement sensibles aux changements écologiques susceptibles de modifier l'aire de répartition de certains pathogènes et/ou vecteurs et de favoriser la propagation de la maladie. C'est le cas, par exemple, de l'émergence récente de la fièvre catarrhale ovine dans le bassin méditerranéen (Purse et al. 2005) ou de la fièvre à virus West-Nile aux Etats-Unis (Glaser, 2004).

2.4. Compétence et capacité vectorielles

En matière de transmission vectorielle, deux autres notions sont fondamentales : la compétence vectorielle et la capacité vectorielle. La Compétence vectorielle (CV), telle que définie par Dye (1992) et Lord et al. (1996) désigne la « faculté du vecteur à s'infecter après ingestion du repas de sang infecté, puis à assurer le développement du pathogène et enfin à transmettre le pathogène au vertébré par une piqûre » (Duvallet et De Gentile, 2012). En d'autres termes, la compétence vectorielle mesure le niveau de coadaptation pathogène/vecteur invertébré, et dépend essentiellement de facteurs génétiques (Hardy et al. 1983 ; Failloux et al. 1999 ; 2002). À titre d'exemples, on notera qu'*An. gambiae* a une CV nulle pour le virus chikungunya (Vanlandingham et al. 2005). *Ae. albopictus* avait une CV médiocre pour le virus chikungunya jusqu'au moment où a été sélectionné un virus ayant une mutation d'un gène d'une protéine virale impliquée dans l'attachement du virus à l'épithélium digestif du moustique ; la CV d'*Ae. albopictus* est dès lors devenue bonne pour le virus chikungunya muté (Vazeille et al. 2007). La compétence vectorielle est donc une variable quantitative (Duvallet et De Gentile, 2012 ; Amara Korba, 2016).

La notion de capacité vectorielle peut aussi être abordée en prenant l'exemple sur le paludisme : si un anophèle prend son 2^{ème} repas de sang sur un homme porteur de gamétocytes (stade sanguin du parasite infectant pour le moustique), et si ce moustique prend habituellement un repas de sang toutes les trois nuits (soit un cycle gonotrophique¹ de trois jours), puisque le développement sporogonique du *Plasmodium* (incubation extrinsèque) dure 11 jours (au moins à 27 °C), alors le moustique ne pourra héberger des sporozoïtes (stade du parasite infectant pour

¹ Cycle gonotrophique : correspond à la succession des phénomènes physiologiques qui se produisent chez un arthropode vecteur entre le repas sanguin et la ponte des œufs

l'homme) dans ses glandes salivaires, et donc les transmettre, qu'à partir de son 6^{ème} repas sanguin, lui-même étant alors âgé de 17 jours. La survie de ce moustique jusqu'à son 17^{ème} jour est indispensable pour la transmission à l'homme ; il en résulte qu'une grande longévité des vecteurs potentiels est cruciale pour le système vectoriel (Duvallet et De Gentile, 2012 ; Amara Korba, 2016).

Donc pour résumé, la compétence vectorielle exprime le degré de coadaptation entre le parasite et le vecteur. La capacité vectorielle, par contre, exprime le niveau de fonctionnement de l'ensemble du système vectoriel dans un environnement donné, à un moment précis. Ainsi, un vecteur à compétence faible pour un agent pathogène donné, pourra toujours, s'il est très abondant et si sa longévité est grande, jouer un rôle épidémiologique déterminant dans la transmission car il présente une capacité vectorielle élevée qui peut varier aussi selon la saison (Rodhain, 1989).

2.5. Les agents infectieux circulants dans la région du Maghreb

2.5.1. Les protozoaires

Dans la région du Maghreb, le paludisme est causé par deux parasites du genre *Plasmodium* (*P. falciparum* et *P. vivax*). Toutes les espèces de *Plasmodium* sont transmises par les moustiques du genre *Anopheles*. La Tunisie et le Maroc ont été respectivement certifiés exempts de paludisme en 1979 et en 2010. Quant à l'Algérie, le paludisme y est endémique mais à faible taux de transmission et le pays est en phase d'élimination du parasite (WHO, 2017). Cependant, la région du Maghreb reste vulnérable à la maladie en raison de la persistance de vecteurs et la coexistence d'un réservoir constitué par les cas importés de l'Afrique subsaharienne (Aoun et al. 2010).

Des épidémies de paludisme ont été observées dans le sud de l'Algérie depuis bien longtemps, y compris une épidémie majeure à Djanet en 1928-1929 (Brousses, 1930). La plupart des cas documentés (> 90%) ont été attribués à *Plasmodium falciparum* (Benzerroug et Janssens 1985) ; Les moustiques *Anopheles sergenti* et *Anopheles multicolor* ont été incriminés comme des vecteurs potentiels (Holstein et al. 1970). Le désert du Sahara a été considéré comme une barrière efficace contre l'expansion vers le nord du moustique *An. gambiae*, principal vecteur du paludisme en Afrique, en Algérie. Toutefois, ce moustique a été détecté près de la frontière Algérie-Mali (Doumbo et al. 1991 in Boubidi et al. 2010).

Au cours des dernières années, marqué changements dans l'environnement et l'économie du sud de l'Algérie ont eu lieu (exploitation des ressources en eau souterraines, la croissance de la

population humaine dans plusieurs oasis, et le développement d'infrastructures de transports). La nouvelle autoroute Trans-saharienne, qui relie l'Algérie et l'Afrique de l'Ouest, est une voie potentielle pour l'introduction de vecteurs et les parasites tropicaux dans le sud Algérie (Ramsdale et De Zulueta 1983 ; Benzerroug et Janssens 1985 in Boubidi et al. 2010).

2.5.1.1. Le Paludisme

Le paludisme (du latin *palus*, paludis, marais), appelé aussi malaria (de l'italien mal'aria, mauvais air), est une infection parasitaire, due à quatre espèces de *Plasmodium*, transmise par la piqûre de moustiques du genre *Anopheles*. Le paludisme est un problème de santé publique à l'échelle mondiale puisque 40% de la population y est exposée, mais il affecte tout particulièrement le continent africain (WHO, 2017).

D'après le rapport 2011 de l'OMS sur le paludisme dans le Monde, 106 pays sont en situation d'endémie palustre et 216 millions de cas de paludisme ont été déclarés en 2010, dont plus de 80% en Afrique. En 2010, le nombre des décès dus au paludisme s'élève à 655 000, dont 91% en Afrique (principalement chez l'enfant). En Afrique, les décès estimés dus au paludisme représentaient 0,5 à 5‰ de la population en 2006 (WHO, 2017).

2.5.2. Les arbovirus

La fièvre West Nile a fait son apparition en Algérie en 1994 et était responsable de 50 cas dont 8 décès (Le Guenno et al., 1996). En 1997, une deuxième épidémie a été déclarée dans la région, en Tunisie, faisant 173 cas dont 8 décès (Triki et al., 2001). Au Maroc, c'est une épizootie qui a été rapportée en 1996 avec 42 équidés morts (El Harrak et al. 1997). Dès lors, le virus a sévi à plusieurs reprises au Maroc (2003, 2008 et 2010) et en Tunisie (2003, 2008 et 2011) laissant suggérer une circulation enzootique du virus (Amraoui, 2012).

Par ailleurs, le virus de la Fièvre de la Vallée du Rift a circulé dans deux pays voisins : en Égypte et en Mauritanie. En Égypte en 1977, le moustique du complexe *Cx. pipiens* a été fortement impliqué dans les premières épidémies de FVR. Il était représenté par une seule espèce autogène ayant des préférences trophiques larges (Nudelman et al. 1988). *Cx. pipiens* fut impliqué dans la transmission virale entre animaux domestiques et l'homme (Gad et al. 1986) durant l'épidémie de 1977 (Meegan, 1979) puis celle de 1993 (Arthur et al. 1993). En Mauritanie, le virus apparut en 1987 à la suite de la construction du barrage de Diama sur le fleuve Sénégal (Jouan et al. 1988). En 1998, une nouvelle épidémie a été rapportée en Mauritanie (Nabeth et al. 2001), le vecteur incriminé étant un moustique du genre *Culex*. Compte tenu des nombreux échanges frontaliers non contrôlés de bétail qui peut provenir de ces pays où

la FVR est endémique, l'Algérie, le Maroc et la Tunisie sont des pays où un risque d'introduction du virus FVR est réel.

2.5.2.1. Fièvre de la vallée du Rift

La fièvre de la vallée du rift (RVF) est une zoonose virale (affectant principalement les animaux domestiques (bétail), mais pouvant se transmettre aux humains) en se manifestant par une fièvre. Elle est disséminée par la pique d'un moustique infecté. La maladie est propagée par le virus RVF, rattaché au genre *Phlebovirus* (famille des *Bunyaviridae*). La maladie a été rapportée pour la première fois chez le bétail du Kenya aux alentours de 1915, mais le virus n'a pas été isolé avant 1931. Les manifestations du RVF surviennent en Afrique sub-saharienne mais des épisodes peuvent éclater ailleurs, rarement (mais parfois sévèrement) en Égypte - pendant les années 1977 et 78, plusieurs millions de personnes ont été infectés et des milliers sont mortes au cours d'une violente épidémie – Au Kenya en 1998, le virus a entraîné le décès de plus de 400 Kenyans. En septembre 2000 un épisode a été confirmé en Arabie saoudite et au Yémen (Nicholas et al. 2014).

Approximativement 1% des humains victimes de la maladie en meurent. Parmi le bétail le niveau de mortalité est sensiblement plus élevé. Chez les femelles gravides infectées par le RVF, le taux d'avortement est de pratiquement 100% des fœtus. Une épizootie (maladie épidémie atteignant les animaux) de RVF se manifeste habituellement d'abord par une vague d'avortements inexplicables (Nicholas et al. 2014).

2.5.2.2. Le virus West Nile (WNV)

La fièvre à virus WN est une arbovirose dont l'agent causal est un flavivirus isolé pour la première fois en 1937 dans le district du West Nile en Ouganda, chez une femme souffrant d'une forte fièvre (Smithburn et al., 1940). Endémique à l'Afrique sub-saharienne puis détecté en Égypte dans les années 40, en Roumanie dans les années 50 et en Camargue (France) dans les années 60, le virus WN s'est, ensuite, largement disséminé en Afrique du Nord, en Europe, aux États-Unis puis au Canada et au Mexique (Zeller et Schuffenecker, 2004). Il est considéré désormais comme le plus répandu des flavivirus après le virus de la dengue. Il touche l'homme de façon sporadique ou épidémique provoquant une fièvre importante accompagnée de maux de tête et de dos, des douleurs musculaires, des nausées, de diarrhées et des symptômes respiratoires. La maladie peut être fatale pour les personnes âgées et parfois, pour les jeunes enfants.

Le cycle épidémiologique de la maladie implique des oiseaux migrateurs jouant le rôle de réservoir aviaire, des moustiques ornithophiles principalement du genre *Culex* en tant que vecteurs amplifiant la circulation virale entre les populations d'oiseaux (Hubalek et Halouzka, 1999). Les oiseaux migrateurs assurent l'introduction du virus d'Afrique vers les zones tempérées, en Afrique du Nord et en Europe (Zeller, 1999). En présence de vecteurs ornithophiles tels que *Cx. pipiens*, le cycle moustiques/oiseaux pourrait être initié si les facteurs favorables à la pullulation des moustiques sont réunis : pluies abondantes survenant généralement en automne, irrigation, températures élevées (Murgue et al. 2001 ; Durand et al. 2004). C'est dans ces conditions que l'infection des équidés et de l'homme pourra se produire en présence de moustiques en fortes densités susceptibles de piquer les mammifères.

Chapitre 3. La lutte antivectorielle (LAV)

3.1. Pourquoi lutter contre les arthropodes nuisants et vecteurs d'agents infectieux ?

- C'est le seul moyen de prévention de masse utilisable contre la plupart des agents infectieux transmis par des arthropodes ;
- Peu de vaccins au point ;
- Résistance aux médicaments ;
- Peu de moyens curatifs ;

3.2. Objectifs de la lutte anti-vectorielle

- Exceptionnellement : Éradiquer localement la maladie en éliminant le ou les vecteurs ou en interrompant durablement la transmission
- Le plus souvent : Réduire la transmission en réduisant la densité et / ou la longévité des populations de vecteurs pour que la maladie ne soit plus un problème de santé publique, ni un obstacle au développement socio-économique.

3.3. La lutte anti-vectorielle

Si certaines pathologies véhiculées par des vecteurs biologiques bénéficient de moyens de prophylaxie médicale spécifiques comme la vaccination (fièvre jaune, encéphalite japonaise...) ou les traitements (chloroquine et quinine comme traitement antipaludique...), la plupart ne possèdent pas encore de traitements efficaces. Ainsi, le moyen de lutte conventionnel pour endiguer l'expansion de ces maladies reste la prophylaxie sanitaire préventive. Cette méthode de prévention comprend une sensibilisation des populations concernant les moyens de protection disponibles ainsi et surtout qu'une diminution des populations de vecteurs, principalement par l'utilisation d'insecticides (Goulu, 2015).

Les moyens de lutte employés dépendent ainsi du vecteur, de l'environnement, du contexte épidémiologique et du niveau socio-économique des populations autochtones. Le plus souvent, plusieurs méthodes sont mises en place dans un processus de lutte anti-vectorielle intégrée (LAVI) (Goulu, 2015).

3.4. Les différents moyens de lutte antivectorielle

Les méthodes de lutte antivectorielle peuvent être classées de différentes façons (Carnevale et Robert, 2009).

Selon les méthodes :

- Méthodes biologiques (poissons larvivores, essais de champignons, etc.) ;
- Méthodes physiques (surtout changements de l'environnement mais aussi moustiquaires, grillage de fenêtres, etc.),
- Méthodes chimiques (avec les larvicides, les aspersion intradomiciliaires pariétales, les moustiquaires imprégnées et les pulvérisations spatiales, qui peuvent être faites à l'intérieur ou à l'extérieur des maisons, à plus ou moins grande échelle selon les besoins) ;

Selon les effets ou buts recherchés :

La limitation du contact hôte/vecteur ou action sur la densité ou action sur la longévité. Cette classification selon les effets est intéressante d'un point de vue épidémiologique et on peut considérer schématiquement 3 principales options :

La limitation du contact hôte/vecteur avec 4 méthodes principales :

- Les moustiquaires et les moustiquaires imprégnées,
- Les protections au niveau des maisons : grillages de fenêtres, rideaux imprégnés et autres fermetures des points d'entrée, ventilateurs, etc.,
- L'utilisation de répulsifs (en application cutanée et vêtements imprégnés),
- L'utilisation des serpentins, plaquettes, etc. ;

La réduction de la densité avec 4 méthodes principales :

- Les modifications de l'environnement pour réduire/éliminer les gîtes larvaires favorables ;
- La lutte anti-larvaire avec des larvicides chimiques ou des biopesticides (Bt),
- La lutte biologique contre les stades préimaginaux,
- Les pulvérisations intradomiciliaires et extradomiciliaires ;

La réduction de la longévité avec 3 méthodes principales :

- L'emploi généralisé des moustiquaires imprégnées d'insecticide ;

- Les aspersions intradomiciliaires (house spraying ou inside residual spraying) avec des insecticides rémanents ;
- Les pulvérisations spatiales.

3.4.1. Lutte mécanique (physique)

Par l'expression très générale d'action mécanique ou physique on entend toute modification intentionnelle du milieu qui vise soit à faire disparaître ou réduire par des moyens physique les nappes d'eau de surface dans lesquelles les moustiques se développent, soit à provoquer des modifications physiques du milieu qui rendent l'eau impropre à la reproduction des moustiques(Alaoui Boukhris, 2009).

L'action physique consiste généralement à entreprendre des travaux de régularisation du régime des eaux, d'aménagement de l'écoulement ou de modification physique par d'autres moyens (WHO,1974).

La lutte mécanique consiste à limiter la population de moustique par des moyens plus ou moins techniques, le plus simple étant d'éliminer les gîtes larvaires en drainant les marais et en limitant les points d'eau stagnante comme les soucoupes des pots de fleurs. Mais il existe aussi des études plus ou moins abouties d'installation de pièges à moustiques fonctionnant CO₂, à l'électricité et à l'énergie solaire(Goulu, 2015).

3.4.2. Lutte biologique :

L'action contre les larves de moustiques par des agents naturels consiste à détruire les larves ou à empêcher leur développement par l'utilisation de forces naturelles animées ou inanimées (WHO, 1974).

La lutte biologique est l'un des moyens de lutte alternative couramment envisagés pour limiter l'emploi de produits chimiques. Plus respectueuses de l'environnement, elle vise à restreindre ou détruire les populations larvaires ou imaginaires en utilisant des organismes vivants, comme des prédateurs ou des micro-organismes pathogènes pour le moustique vecteur de maladie(Goulu, 2015).

La lutte biologique consiste à introduire, dans le biotope des moustiques, des espèces qui sont leurs ennemis, tel que :

- Les prédateurs naturels des larves de moustiques : les moyens les plus répandus sont les larvicides biologiques et les poissons larvivores. Le plus représentatif est *Gambusia*

- *affinis*, connu aussi sous le nom de faux-guppy. Très efficace contre les moustiques, notamment du genre *Culex* et *Anopheles*, ce petit poisson survit dans de nombreuses conditions de salinité, d'oxygénation et de turbidité (Goulu, 2015).
- Les micro-organismes pathogènes : *Bacillus thuringiensis israeli* (Bti), sérotype H14, est une bactérie à Gram positif qui, en sporulant, produit une toxine mortelle pour les larves de moustiques, en particulier du genre *Aedes*. N'étant pas dangereuse pour les autres insectes ou pour les organismes aquatiques, elle est spécifique aux moustiques et aux mouches (Goulu, 2015).

3.4.3. La lutte génétique

Plus récente que la lutte mécanique ou la lutte biologique, la lutte génétique s'appuie sur la connaissance du patrimoine génétique du moustique afin d'en modifier une séquence. Ces manipulations ont pour but de limiter les populations de Culicidae par l'introduction de moustiques stériles ou porteurs de gènes létaux pour les générations suivantes. Pour la plupart à l'état d'études expérimentales, elles représentent néanmoins un ensemble de méthodes alternatives et prometteuses de contrôle des populations de moustiques, notamment dans le contexte actuel de prise de conscience environnementale (Goulu, 2015).

3.4.4. La lutte chimique

A ce jour, la lutte chimique ou biocide en LAV reste largement employée à travers le monde, malgré les questionnements sur l'impact environnemental. Pouvant être utilisés à tous les stades de développement, les insecticides font partie de diverses familles chimiques (organophosphorés, pyréthriinoïdes...) avec des modes d'action distincts. Le choix de l'insecticide dépend du contexte épidémiologique et de l'écologie des espèces vectrices présentes sur le terrain. Ainsi pour certaines espèces, il est préférable d'utiliser un produit larvicide, tandis que pour d'autres espèces, la lutte chimique sera plus efficace contre les adultes (Goulu, 2015).

Particulièrement efficaces, les insecticides sont néanmoins de plus en plus souvent utilisés en association ou en alternance avec d'autres moyens de prophylaxie afin de limiter les impacts négatifs sur l'environnement, mais aussi le développement de résistances chez les moustiques (Goulu, 2015).

a) La lutte larvicide

Comme son nom l'indique, la lutte larvicide vise à éliminer les moustiques au stade larvaire, par l'utilisation de produits chimiques spécifiques. Cependant, contrairement à certains

traitements antilarvaires (*Bti* ou spinosad), les insecticides ne peuvent être utilisés dans les eaux consommées par les populations humaines. Il s'agit donc de traitements employés dans le cas de gîtes permanents, généralement dans les zones agricoles. Ces insecticides sont essentiellement des organophosphorés, le fenthion étant utilisé contre les moustiques *Culex*, le chlorpyrifos étant plus efficace dans les eaux polluées et le téméphos servant généralement contre les larves d'*Anopheles* (Carnevale et Robert, 2009).

Plus récemment, pour contourner les problèmes de résistance au téméphos, des études ont envisagé les huiles essentielles de plantes comme des molécules potentiellement larvicides. Dias et Moraes (2014) ont ainsi fait un travail de compilation de la littérature sur le sujet, démontrant que sur 361 huiles essentielles testées, 60% ont un effet larvicide sur *Ae. aegypti* ($LC_{50} < 100$ mg/L).

b) La lutte adulticide

La lutte adulticide contre les moustiques a été envisagée dès les premières campagnes mondiales d'éradication des espèces vectrices lors des années 1950. Celles-ci préconisaient notamment l'aspersion intradomiciliaires d'insecticides rémanents durant les épidémies de paludisme, afin de contrôler puis d'envisager la disparition de la maladie à moyen terme. Dans ce cadre, il a été envisagé l'utilisation massive d'un insecticide organochloré, le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), déjà abondamment utilisé en agriculture. Selon les régions, les résultats se sont avérés plus ou moins prometteurs.

Néanmoins, des questions environnementales, ainsi que l'apparition de résistances chez les moustiques ont poussé les autorités sanitaires à envisager de nouvelles stratégies de LAV dès 1969 (Davies et al, 2007). Depuis, de nouveaux insecticides ont été utilisés en aspersions intradomiciliaires, notamment les organophosphorés, tel le malathion, les carbamates, comme le propoxur, ou encore les pyréthrinoïdes, telle que la deltaméthrine, qui restent à ce jour les insecticides les plus utilisés en LAV. Ainsi en Thaïlande, la deltaméthrine est couramment utilisée depuis 1994 pour limiter les épidémies de dengue (Chareonviriyaphap et al, 2013). Les pyréthrinoïdes sont par ailleurs particulièrement appréciés en LAV pour leur effet rapide et leur faible toxicité sur les mammifères (Bonizzoni et al, 2013). Malheureusement, pour la plupart de ces insecticides, une utilisation incontrôlée notamment en agriculture, a entraîné le développement de résistances chez les moustiques ciblés. C'est pour cette raison que l'emploi d'aspersions intradomiciliaires demeure limité aux zones où la maladie reste instable (Carnevale et Robert, 2009).

c) La protection personnelle

La protection personnelle est une mesure de protection contre les piqûres applicables au niveau individuel. A cette fin, différents types de protection peuvent être utilisés selon le contexte et la préférence des individus. Dans le cas des soldats partant sur le terrain, il s'agit généralement du seul moyen de protection contre les moustiques (Pagès, 2009). Au sein du domicile, il est possible d'utiliser des insecticides d'appoint en aérosols, ou encore des répulsifs qui repoussent les moustiques en perturbant leurs perceptions olfactives. Ces répulsifs, composés de produits chimiques, mais aussi de produits d'origine naturelle comme les huiles essentielles de citronnelle ou de géraniole, peuvent se décliner sous la forme de serpentins fumigènes, de diffuseurs électriques ou de bougies. Leur efficacité diffère selon le type de substance active contenue, les produits chimiques s'avérant généralement plus efficaces que les produits naturels, mais sur de petits périmètres, inférieurs à 5 mètres (Revay et al. 2013).



Partie II :

Mémoire expérimentale

Partie II. Mémoire expérimentale

Chapitre 1. Matériels & méthodes

1.1. Présentation de la région

1.1.1. Situation géographique

La wilaya de Bordj Bou Arreridj occupe une place stratégique au sein de l'Est algérien. Elle se trouve à mi-parcours du trajet séparant Alger de Constantin. Le Chef-lieu de la wilaya est situé à 220 km à l'est de la capitale, Alger. La wilaya de Bordj Bou Arreridj s'étend sur une superficie de 3 921 km² (ANDI, 2013).

La wilaya est située au Nord- Est du pays sur les Haut-Plateaux. Elle est limitée par les wilayas suivantes : au nord par Bejaia, à l'est par Sétif, au sud par M'Sila, à l'ouest par Bouira.

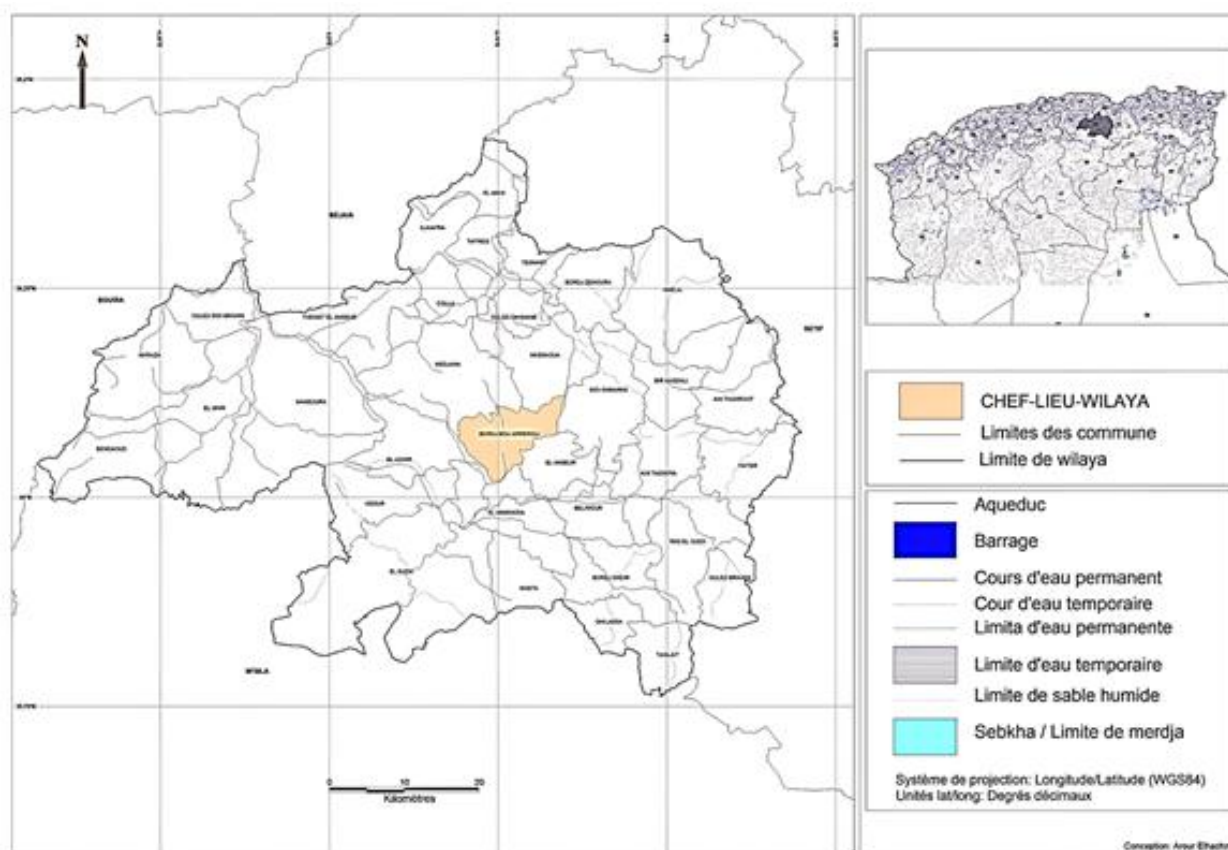


Figure 12. Situation géographique de la wilaya de Bordj Bou Arreridj (DSA, 2014)

1.1.2. Milieu naturel

La wilaya est constituée de trois zones géographiques qui se succèdent : Une zone montagneuse, avec au nord, la chaîne des Bibans, une zone de hautes plaines qui constitue la majeure partie de la wilaya, une zone steppique, au sud-ouest, à vocation agropastorale (ANDI, 2014).

La wilaya de Bordj Bou Arréridj possède de nombreuses sources d'eau, elle enregistre la présence de thermes naturels, dont les eaux sont dotées de vertus curatives. La plus connue est Hammam El Biban, à l'ouest qui a été rénovée. Le principal cours d'eau traversant la wilaya est l'Oued Bou Sellam ainsi que l'Oued el Ksob dans le sud de la wilaya. Le thermalisme est de plus exploité dans les 200 sources thermales de la wilaya. La wilaya comprend le barrage d'Ain Zada (ANDI, 2014).

1.1.3. Données climatiques de la région d'étude

Tous les insectes sont soumis dans le milieu où ils vivent aux actions d'agents climatiques très variés qui conditionnent leur activité et leur répartition géographique (Dajoz, 1975). Les données climatiques relevées s'étalent sur une période de quatre mois (de Janvier à Avril 2018) et ont été fournies par la station météorologique de Bordj Bou Arréridj. Comme facteurs climatiques agissant sur la faune culicidienne, aussi bien du point de vue diversité que répartition, il y a la pluviométrie et la température, et l'humidité.

Tableau 2. Données climatiques de Bordj Bou Arréridj pour l'année 2018 (Source station météorologique de Bordj Bou Arréridj)

Paramètres	Janvier	Février	Mars	Avril
Température moy. (°c)	7.5	5.6	10	13.7
T min. moy. (°c)	3.2	1.6	6	7.6
T max. moy. (°c)	13.1	10.7	14.9	20.6
Humidité moyenne en %	71.2	75.2	67.9	63.8
Cumul pluie (mm)	24.6	21.1	54	54

1.1.4. Classification du climat

La wilaya se caractérise par un climat continental, bénéficie d'un climat de steppe qui offre des températures chaudes en été et très froides en hiver, Les pluies sont faibles à Bordj Bou

Arreridj et ça toute l'année parmi les plus basses d'Algérie. Selon la classification de Koppen-Geiger, le climat est de type **BSk**¹. Bordj Bou Arreridj affiche une température annuelle moyenne de 15.0 °C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 373 mm (ANDI, 2013).

1.2. Choix des sites d'étude

Une prospection préliminaire effectuée en zones urbaine et rurale nous a permis d'inventorier quelques sites potentiels. Parmi ces derniers, plusieurs gîtes ont retenu notre attention. Les critères pris en compte dans le choix des gîtes larvaires sont la présence de collection d'eau, l'accessibilité, la pérennité et la présence de quelques exuvies qui seraient des exuvies de larves de *Culicidae*. Cette étude a eu lieu de mars à juin 2018. Elle a porté sur des échantillons dans dix sites représentés dans le tableau 3 et la figure 13.

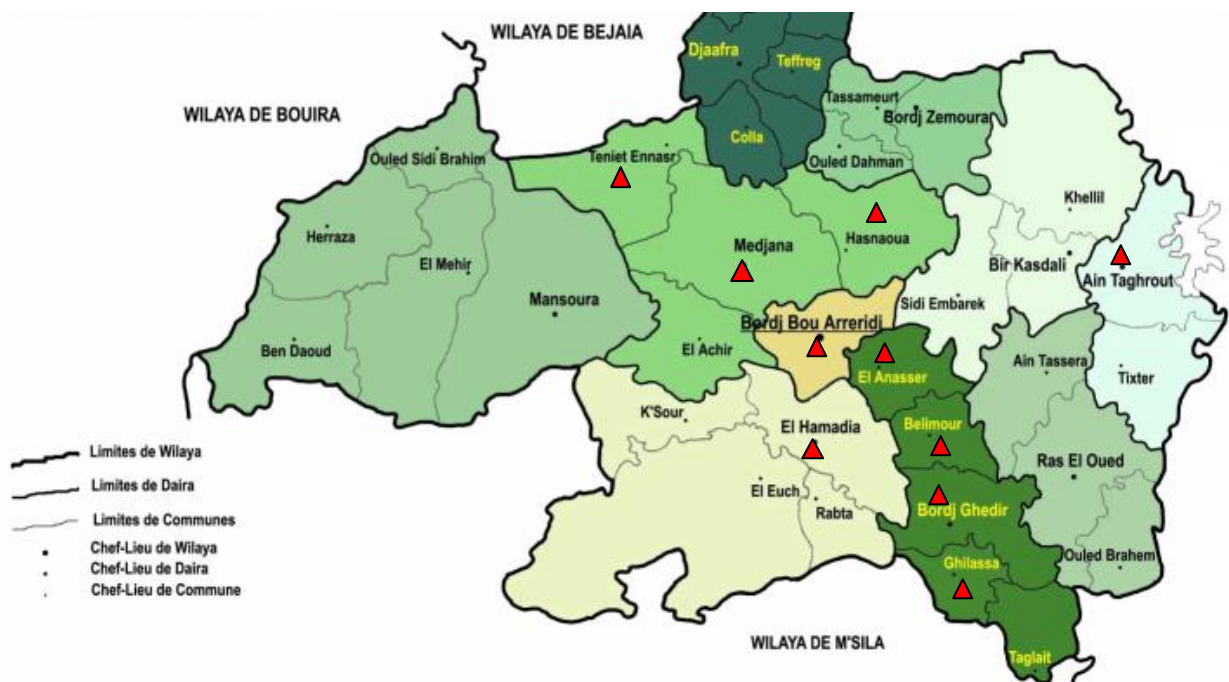


Figure 13. Localisation des sites d'étude. ▲

1.3. Protocole expérimental

La réalisation d'un inventaire des *Culicidae* d'une région donnée comporte deux étapes : La recherche de stades pré-imaginaux de moustiques, leur collecte et leur tri (partie faite sur le terrain) ; L'identification des spécimens récoltés. La figure (3) résume les principales étapes suivies au cours de cette étude.

¹(c-à-d un climat semi-aride dans laquelle les précipitations sont, certaines années, insuffisantes pour y maintenir les cultures et où l'évaporation excède souvent les précipitations)

Tableau 3. Récapitulatif des sites et stations d'étude.

Sites	Stations	Code Gîtes	Coordonnées géographiques	
			Latitude	Longitude
Ghilassa	Ouled Touati	GOT_01	35°51'10.854"N	4°54'44.16"E
		GOT_02	35°51'10.59"N	4°54'44.754"E
		GOT_03	35°51'9.684"N	4°54'46.734"E
		GOT_04	35°51'3.714"N	4°54'43.338"E
	Retba	GR_05	35°51'482"N	4°54'683"E
		GR_06	35°51'34.254"N	4°54'48.804"E
		GR_07	35°51'36.39"N	4°54'48.006"E
		GR_08	35°51'33.792"N	4°54'46.968"E
	Laaraba	GL_09	35°51'40.37616"N	4°54'31.0536"E
Bordj El Ghedir	Zgandou	BGZ_10	35°54'13.284"N	4°54'2.604"E
	Ain Hassani	BGAH_11	35°54'3.846"N	4°53'30.312"E
	Zemala	BGZE_12	35°53'445"N	4°56'206"E
		BGZE_13	35°53'513"N	4°56'229"E
	Ouled belhadj	BGOB_14	35°53'513"N	4°56'652"E
Belimour	Zambia	BZ_15	35°59'27.6"N	4°52'26.022"E
		BZ_16	35°59'26.904"N	4°52'25.848"E
El Hamadia	Oued Lakhder	EHOL_17	35°57'175"N	4°49'569"E
		EHOL_18	35°57'65"N	4°48'772"E
El Annasser	Université de BBA	UNV_19	36°03'00.9"N	4°48'04.5"E
		UNV_20	36°02'48.3"N	4°48'03.8"E
		UNV_21	36°02'47.4"N	4°48'03.2"E
		UNV_22	36°02'47.4"N	4°48'04.6"E
BBA Ville	Zone Industrielle	BBAZ_23	36°3'21.27"N	4°45'15.828"E
		BBAZ_24	36°3'22.272"N	4°45'5.376"E
		BBAZ_25	36°3'22.272"N	4°45'5.352"E
		BBAZ_26	36°3'23.448"N	4°45'6.288"E
Tniet Enacer	Ain Echiouane	TEAE_27	36°12'5.994"N	4°34'38.539"E
		TEAE_28	36°12'4.744"N	4°37'218"E
	Bouhamza	TEB_29	36°13'53.477"N	4°37'20.328"E
	Bouni	TEBN_30	36°15'26.923"N	4°33'28.536"E
Ain taghrout	Barrage	ATB_31	36°2'47.724"N	4°48'4.332"E
Majana	Ouled Atia	MOA_32	36°10'47.464"N	4°37'45.502"E
Charchar	Bouabah	CB_33	36°09'940"N	4°47'598"E

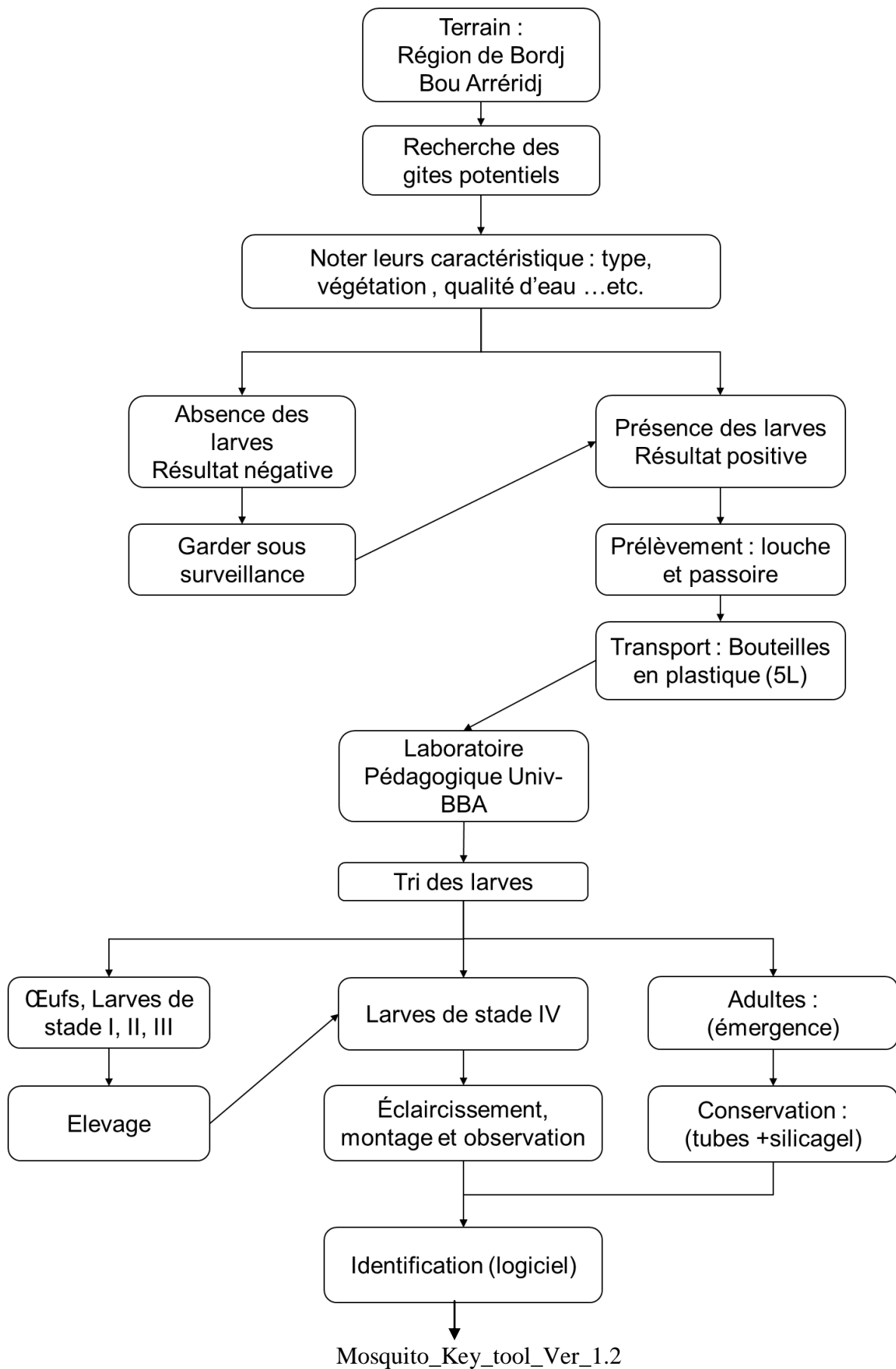


Figure 14. Protocole expérimentale

1.4. Echantillonnage des populations Culicidienne sur le terrain

1.4.1. Recherche de gîtes potentiels

Il s'agit de prospecter les lieux à la recherche de l'existence de collections d'eau, grandes ou petites, naturelles ou artificielles, potentiellement favorables au développement des larves de moustiques. Toutes les collections d'eau stagnante ont été considérées comme des gîtes larvaires potentiels et ont été prises en considération.

Durant nos prospections, les différentes caractéristiques des gîtes potentiels ont été notées :

- **Localisation:** nous avons utilisé un smartphone de marque *Samsung Galaxy S[®]* et l'application *AndroidGPS Essentials[®]* pour obtenir les coordonnées géographiques de Chaque gite prospecter.
- **Type de gîte :** naturel ou artificiel.
- **Pérennité :** gîte permanent ou temporaire.
- **Végétation :** environnante, sur la bordure ou en surface, abondante ou absente.
- **Faune aquatique potentiellement prédatrice de larves:** poissons ou autres larvivores.
- **Ensoleillement :** milieu exposé au soleil ou ombragé.
- **Présence de stades pré-imaginaux :**Présence de larves ou d'œufs de moustiques par observation directe .
- **Photos :** chaque gîte a été pris en photo, ([Saidi, 2013](#))

Les données les concernant ont été reportées dans une fiche technique (voir Annexes).

1.4.2. La pêche larvaire (Récoltes des stades pré-imaginaux)

Chaque espèce de moustique préfère pondre ses œufs dans une collection d'eau particulière. Certains pondront leurs œufs seulement dans l'eau de source claire, à l'ombre, d'autres dans l'eau saumâtre, d'autres encore se contenteront de petites quantités d'eau contenues dans les empreintes de pas par exemple. Pour identifier les gîtes actifs, il est essentiel d'être systématique et d'examiner tous les gîtes possibles, même ceux qui sont difficiles à accéder.

Pour la récolte des larves nous avons adoptes la technique de la louche ([Silver, 2008](#)) « dipping en Anglais », qui est sans aucun doute l'outil le plus couramment utilisé pour la collecte des larves de moustiques etdes nymphes d'une grande variété d'habitats. On a réalisé 10 coups de louche (Avec un volume d'un litre d'eau par louche) en bordure et au milieu du gite larvaire (Figure 15).



Figure 15.Technique du dipping (Photo de gauche cliché Belarbi & Siouda, 2018 ; photo de droite cliché Benmenni & Haddad, 2018).

Une fois le gîte repéré, la récolte des larves a été faite selon les étapes suivantes :

- Se mettre en face du soleil pour éviter de créer une ombre qui va faire fuir les larves au fond du gîte;
- Plonger la louche doucement, avec un angle de 45°. Le mouvement doit être fluide et surtout pas brusque. Dans le cas du filet (ou passoire), il doit être glissé à la surface de l'eau à une certaine profondeur;
- Verser le contenu de la louche dans des bouteilles en plastique en prenant soin de prélever assez d'eau du gîte pour permettre l'élevage temporaire des premiers stades larvaires.
- Pour la passoire, il faut la vider dans un bac contenant l'eau du gîte puis transvaser le tout dans des bouteilles en plastiques;
- Attendre quelques minutes, le temps que les larves remontent à la surface, et refaire le prélèvement ;
- Les bouteilles doivent être marquées (nom ou code du gîte), elles ne doivent pas être remplies entièrement, il faut laisser assez d'air aux larves pour respirer. Ne pas fermer hermétiquement si c'est possible.

Au niveau de chaque gîte nous avons noté plusieurs paramètres (la végétation environnante, la faune, type du gîte etc...) grâce à des fiches de récoltes (voir annexes).

Une fois prélevé, les échantillons sont mis dans des récipients en plastique munis d'un couvercle. Pendant toute la phase de collecte, les récipients ne sont pas fermés hermétiquement et sont installés à l'ombre, afin de limiter la mortalité des larves jusqu'à ce qu'ils soient tous prélevés et ramenés au laboratoire (Figure 16). (Amara korba, 2016).



Figure 16. Bouteilles en plastique contenant l'eau de deux gîtes larvaires (Cliché Belarbi & Siouda, 2018).

1.4.3. Estimation de la densité larvaire

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

Tableau4. Méthode d'estimation de la densité larvaire (Amara Korba, 2010)

Classe	Nombre approximatif de stades pré-imaginaux/1 litre d'eau du gîte
1	0
2	10 (1 - 10)
3	50 (11 - 50)
4	100 (51 - 100)
5	500 et >100

1.5. Méthodes de laboratoire adoptées

Les techniques utilisées au laboratoire sont comme suite:

- Tri des stades pré-imaginaux
- Mise en élevage des stades pré-imaginaux
- Préparation et le montage des larves.
- La récupération et le montage des adultes émergés.
- L'identification au laboratoire des espèces recueillies sur le terrain.

1.5.1. Tri des larves

Le tri des larves a été fait dans un plateau rectangulaire en plastique blanc, à l'aide d'une pipette. Les larves ont été triées selon :

- **Leur sous-famille** : les larves d'*Anophelinae* peuvent être aisément distinguées, à l'œil nu, de celles de *Culicinae* par l'absence de siphon respiratoire.
- **Leur stade de développement** : les larves ont été triées selon leur stade de développement
- Les larves des stades I, II et III ont été mis dans des bocaux en plastique (portant le code du gîte et recouverts de tulle moustiquaire contenant l'eau de leur gîte pour un élevage temporaire, jusqu'à ce qu'ils atteignent le stade IV. Il n'était pas nécessaire de les nourrir. Il est préférable d'avoir une importante quantité d'eau du gîte pour qu'il y ait assez de nutriments pour l'élevage temporaire.
- Les larves de stade IV sont utilisées pour l'identification de l'espèce. Elles ont été tuées et conservées dans des tubes d'alcool à 85°.
- Les nymphes récoltées ont été mises dans des tubes à essai contenant de l'eau distillée en attendant l'émergence de l'adulte.

1.5.2. Méthode d'élevage

Les larves recueillies sur le terrain sont mises en élevage dans des bacs en plastique, et couvertes avec un tulle moustiquaire.

On laisse la moitié des larves poursuivre leur développement qui passe par quatre stades successifs. Seules les larves du quatrième stade sont récupérées et prises en considération pour des montages entre lame et lamelle. On laisse la deuxième moitié des larves poursuivre leur développement jusqu'à l'émergence des adultes, et un contrôle de leur émergence était effectué quotidiennement afin de récupérer les adultes en état sec et d'éviter qu'ils tombent dans l'eau. Les adultes sont prélevés à l'aide d'un aspirateur à bouche, puis sont tués par le froid (15 min au congélateur).

1.5.3. Préparation et montage des larves

Pour la détermination des genres et espèces de Culicidae, les larves du quatrième stade sont utilisées, vu la facilité de leur manipulation et leur chétotaxie (Bouabida et al. 2012). Pour l'éclaircissement et le montage des larves, nous avons suivi les étapes citées par Grenier et

Taufflieb (1952) et Messai et al. (2011). Réhydratation des larves conservées dans l'alcool dans un bain d'eau distillée pendant quelques minutes ;

- Eclaircissement dans une solution de potasse (KOH) à 10 % pendant 24 heures ;
- Rinçage à l'eau distillée (de 2 à 5 minutes) ;
- Déshydratation dans un bain d'alcool de concentration 90° pendant 5 minutes ;
- Mettre les larves en suite dans le xylène(ou autres diluants)pendant quelques secondes ;
- Montage entre lame et lamelle dans une goutte de Baume du Canada, après avoir coupé l'abdomen à la jonction du 6^{ème}et 7^{ème}segment, à l'aide d'une fine aiguille (les larves d'Anophèles ne requièrent pas de dissection) ;
- Les lames sont posées sur une surface plate pour séchage, puis examinées au microscope.



Figure 17. Aspirateur à bouche utilisé pour capturer les adultes après leur émergence(Cliché Benmenni & Haddad, 2018).

1.5.4. Montage des adultes

D'après Séguy, (1923) la préparation des Culicidés adultes destinés à l'étude systématique se fait à sec, compte tenu du fait que leur identification est basée principalement sur les caractères morphologiques externes. La technique de montage la plus adaptée pour les adultes de moustiques est la méthode de la double épingle.

Le moustique est posé sur le dos et est maintenu dans cette position. On prend une épingle entomologique fine, et on l'enfonce lentement entre les pattes médianes jusqu'à ce que la pointe ressorte de deux millimètres par la face dorsale, puis elle est piquée et enfoncée sur la paillette jusqu'à la hauteur désirée. Les pattes sont allongées avec soin et les ailes redressées pour dégager l'extrémité de l'abdomen. Tous ses organes offrent des caractères utiles pour l'identification (Séguy, 1951).

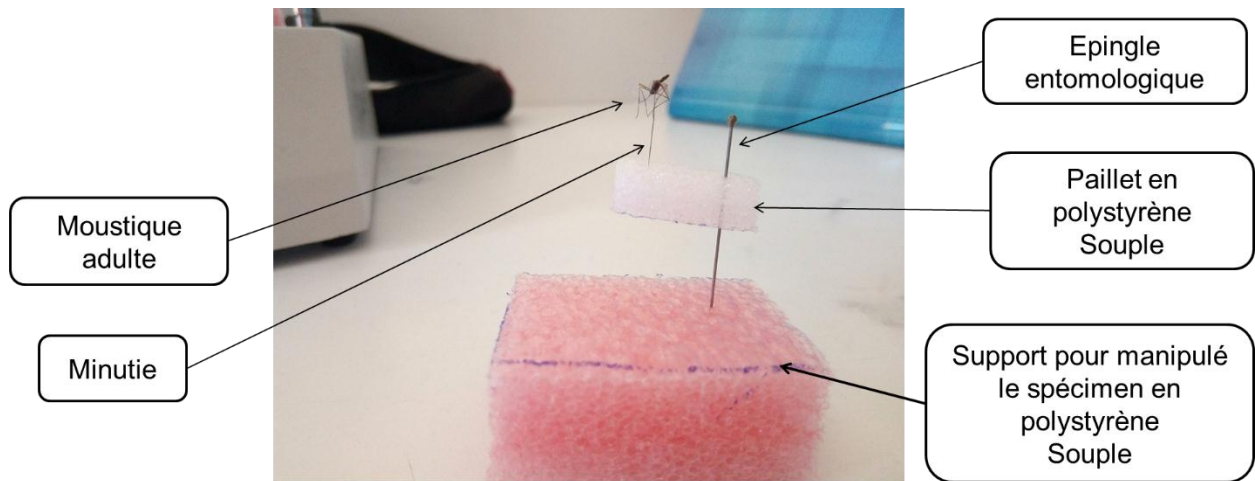


Figure18.Montage d'un adulte Culicinae par la méthode de la double épingle (Cliché Belarbi & Siouda, 2018)

1.6. L'identification des spécimens récoltés

Une fois préparées, les lames ont été examinées au microscope photonique avec les objectifs(x10)et (x40)et un oculaire de grossissement (x10).L'identification des larves a été faite selon des critères morphologiques (point d'insertion des soies et leur nombre, forme du siphon,...).

Les adultes sont observées sous loupe binoculaire avec un grossissement (x2) ou (x4).

L'identification se fait à l'aide d'un logiciel très performant : (Mosquito Key Tool ver 1.2 de Gunay et al. 2017).

Chapitre 2. Résultats & Discussion

2.1. Les gîtes rencontrés

La prospection effectuée pour l'étude de la faune culicidienne de la région de Bordj Bou Arréridj, nous a permis de visiter différents types de milieux (naturels et artificiels) renfermant divers types d'habitats pouvant accueillir des larves de moustiques. Sur les 33 gîtes rencontrés, 13 sont de type naturelle et 20 sont de type artificiel.

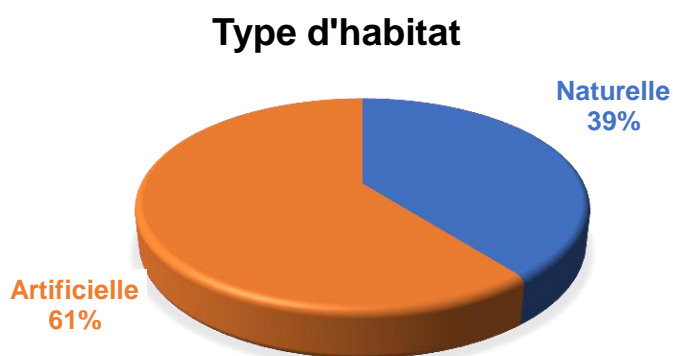


Figure 19. Pourcentage des types d'habitats prospectés durant l'étude.

2.1.1. Gîtes potentiels (gîtes négatifs)

Sur les 33 gîtes prospectés, 22 se sont révélés négatifs (Figure 20), c'est-à-dire, ils n'abritaient pas de larves de moustiques. La figure 21 suivante montre les photos de quelques-uns de ces gîtes.



Figure 20. Pourcentage des types de gîtes positifs versus gîtes négatifs.

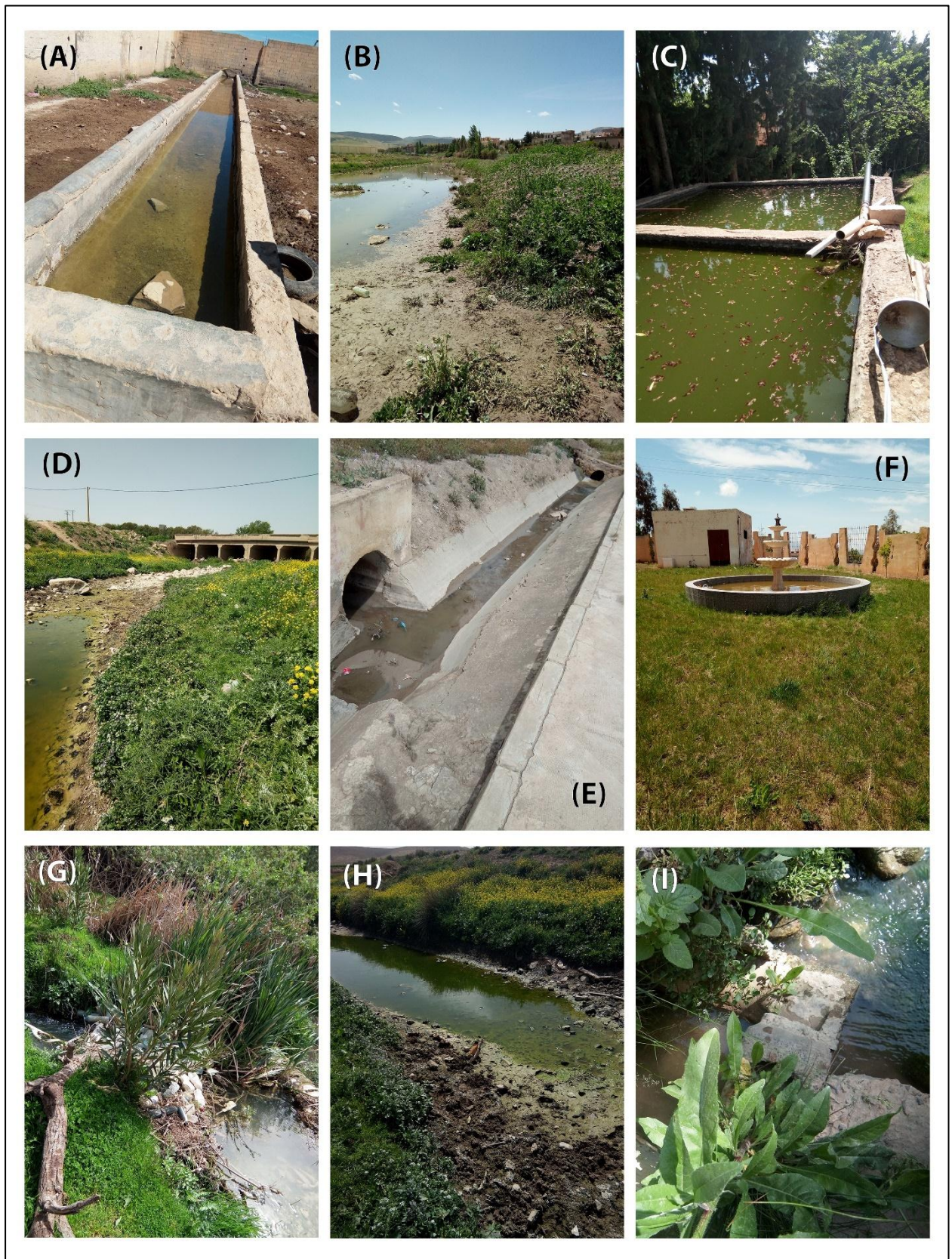


Figure 21. Photos de quelques gîtes négatifs (Absence de Stades pré-imaginaux de moustiques).

(A) :BZ_16, (B) :BGZ_10, (C) : GR_06, (D) : EHOL_17, (E) : BBAZ_24, (F) : UNV_20,

(G) :GOT_02, (H) :EHOL_18, (I) : GOT_04.

Les 22 gîtes sont considérés comme des gîtes potentiels, car leurs caractéristiques correspondent à celles des gîtes larvaires, bien qu'aucune larve n'y ait été trouvée. Ils sont de taille, de nature et d'origine différente. Les uns sont d'origine artificielle ou anthropique, les autres sont des collections d'eau formées naturellement de grande ou de petite taille. Certains sont relativement propres tandis que d'autres sont très pollués (eaux usées).

2.1.2. Gîtes larvaires positifs

Parmi les 33 gîtes prospectés 11 se sont révélés positifs (Figure 22), ils étaient colonisés par les différents stades pré-imaginaux des *Culicidae*. Larves et nymphes ont été collectées.

2.2. Résultat de l'inventaire

A la lumière de cette phase d'échantillonnage, nous avons dénombré un effectif total de 1032 larves de moustiques. L'examen de la structure du peuplement des *Culicidae* inventoriés dans la région de BBA, pendant une période d'étude de 3 mois (avril, mai et juin 2018), a permis de mettre en relief l'existence de 4 espèces appartenant à deux sous-familles : *Anophelinae* et *Culicinae*. La sous-famille des *Culicinae* prend une part importante dans le présent inventaire. Elle est représentée par 3 espèces réparties entre 2 genres, celui des *Culex* avec 2 espèces *Cx. pipiens sensu lato*, *Cx. hortensis*. Le genre *Culiseta* comprend 1 espèce ; *Cs. longiareolata*. Quant à la sous-famille des *Anophelinae*, elle n'est représentée que par 1 seul genre et une seule espèce. Il s'agit d'*Anopheles algeriensis*. Les espèces recensées sont citées dans le tableau 5.

Tableau 5. Abondances absolues et relatives des différentes espèces de *Culicidae* récoltés dans la région de Bordj Bou Arréridj (code gites voir tableau 3 page)

Espèces / Gîte larvaires	<i>Cx. pipiens</i>		<i>Cx. hortensis</i>		<i>Cs. Longiareolata</i>		<i>An. algeriensis</i>	
	<i>ni</i>	Fi (%)	<i>ni</i>	Fi (%)	<i>Ni</i>	Fi (%)	<i>ni</i>	Fi (%)
BGZ_01	12	19,35	0	0	20	2,38	0	0
TEAE_27	0	0	46	100	0	0,00	0	0
TEBN_30	0	0	0	0	60	7,13	0	0
TEB_29	0	0	0	0	0	0,00	83	100
GR_06	0	0	0	0	81	9,63	0	0
GL_09	0	0	0	0	160	19,02	0	0
UNV_19	0	0	0	0	75	8,92	0	0
UNV_21	0	0	0	0	345	41,02	0	0
UNV_22	0	0	0	0	80	9,51	0	0
ATB_31	50	80,65	0	0	0	0,00	0	0
CB_33	0	0	0	0	20	2,38	0	0



Figure 22. Photos de quelques gîtes positifs (Présence de Stades pré-imaginaux de moustiques).
 (A) :UNV_19, (B) : ATB_31, (C) : UNV_22, (D) : GL_09, (E) : BGZE_12, (F) : CB_33.

L'identification des genres est relativement simple. Elle a été faite par examen microscopique des lames préparées. Cependant, l'identification peut être faite directement sous loupe sans même passer par l'éclaircissement et le montage :

- La présence ou l'absence du siphon respiratoire indique la sous-famille (Figure 23) :
 - Siphon absent chez les *Anophelinae* représenté par un seul genre (*Anopheles*);
 - Présence du siphon chez les *Culicinae*.



Figure 23. Photos montrant le caractère du siphon respiratoire, présent chez les *Culicinae* (photo de gauche) et absent chez les *Anophelinae* (Clichés Benmeni & Haddad, 2018).

- La forme du siphon respiratoire et la position des touffes de soies permettent de distinguer les genres de la famille des *Culicinae* :
 - Un siphon relativement long et fin avec **plusieurs touffes** chez les *Culex* ;
 - Un siphon plus court et trapu avec **une seule touffe** basale chez les *Culiseta*.

Par contre, l'identification des espèces ne peut être possible sans le montage des larves et une clé de détermination. Plusieurs critères d'identification sont proposés par le logiciel ; le choix des caractères à étudier dépend de la qualité de la conservation, de l'éclaircissement et du montage des larves ainsi que du manipulateur.

Dans certains cas, quand les larves montées étaient intactes, l'identification de l'espèce a été très rapide, elle s'est faite en passant par quatre caractères au maximum.

Cependant, dans la plupart des cas, les larves ne disposaient pas de toutes leurs soies, faute d'expérience (soies perdues lors de la manipulation) et à cause de la conservation.

3.2. Description des espèces inventoriées

Durant les quatre mois d'étude (de mars à juin 2018), nous avons pu effectuer, dans la région de Bordj Bou Arréridj, un certain nombre d'observations concernant l'écologie larvaire de quelques espèces de Culicidés fréquentes à ce moment de l'année.

Les méthodes que nous avons employées (voir Partie II chapitre 1) peuvent donner des résultats sensiblement différents, en fonction de l'opérateur, de la technique utilisée, de la nature du gîte, du moment de prélèvement, du lieu de prélèvement, et de l'accessibilité de ce dernier.

La température et les précipitations ont une influence directe sur la biologie des *Culicidae*, quand la température augmente, les femelles moustiques digèrent plus rapidement leur repas de sang et pondent donc plus fréquemment. Aussi, la durée du développement des stades pré imaginaires dépend de la température de l'eau et de la pérennité du gîte (Himmi et al. 1998 ; Baldé et al. 2000 ; Githeko, 2000).

22 gîtes trouvés entre Mars et Juin 2018 se sont révélés être négatifs. Cela serait dû à la durée de la saison froide. Le mois de Mai était froid et a connu de fortes précipitations. La température n'a pas beaucoup augmenté au mois de Juin. Malgré la présence de nombreuses collections d'eau, on suppose que la température n'était pas très favorable au développement larvaire. La présence de prédateurs (tortues, grenouilles) a aussi été notée dans ces mares.

Il apparaît d'après les résultats trouvés, que sur 11 gîtes fonctionnels de type aussi varié que possible (4 gîtes naturels et 7 gîtes artificiels), nous avons rencontrés, par ordre d'effectifs *Culiseta longiareolata* (841), *Anopheles algeriensis* (83), *Culex pipiens* (62), *Culex hortensis* (46).

Culiseta longiareolata est capable de se développer dans des gîtes différents. Cette espèce présente une grande aptitude à coloniser des biotopes naturels ainsi que les gîtes artificiels différents par leurs caractéristiques physiques (Hassaine, 2002 ; Messai et al. 2010).

Cette espèce à large répartition elle se trouve dans des gîtes de types très variés (bassins, abreuvoirs, puits abandonnés, trous de rochers, canaux) mais l'eau y est toujours stagnante et généralement riche en matières organiques. Ces gîtes sont permanents ou temporaires, ombragés ou ensoleillés, remplis d'eau douce ou saumâtre, propre ou polluée.

Les adultes sont présents toute l'année avec un maximum de densité au printemps et un autre en automne. Les femelles piquent les oiseaux; elles pénètrent très rarement dans les maisons.

Cette espèce ne pique pas l'homme et son rôle de vecteur de parasitoses humaines ne peut être que des plus réduits (Shalaby, 1972). Elle a été trouvée dans 8 des 11 gîtes examinés. En nombre, elle est classée en première position.

Anophele algeriensis se distingue de toutes les autres espèces de l'Afrique méditerranéenne par l'absence de touffe d'écailles claires projetées entre les deux yeux. Elle se rencontre dans toute l'Europe et jusqu'en Afghanistan. Largement répandue en Afrique méditerranéenne, elle n'est jamais très abondante.

Les gîtes larvaires sont des marécages et des ruisseaux lents encombrés de végétation; ces gîtes sont le plus souvent ombragés, avec une eau toujours fraîche, parfois légèrement salée. Les renseignements sur le comportement piqueur et sur les habitats des adultes sont contradictoires probablement en raison de la rareté des observations effectuées.

A l'extérieur et à proximité des gîtes, les femelles peuvent piquer l'homme (Glick, 1992). Le rôle d'*An. algeriensis* dans la transmission de parasitoses est inconnue.

Elle est trouvée dans un seul gîte des 11 examinés, mais avec un effectif élevé; elle est classée en deuxième position.

Par contre, *Culex pipiens* est le moustique le plus fréquent dans le monde. C'est un moustique ubiquiste capable de s'adapter à différents biotopes; il se développe aussi bien dans les milieux urbains que ruraux, dans les eaux polluées que propres à haute température, ainsi colonise surtout les eaux douces riches en matières organiques d'origine végétale (Hassaine, 2002; Faraj et al. 2006; Himmi, 2007; Messai et al. 2010).

Les larves se développent dans des eaux très polluées par les matières organiques (fossé de drainage d'eaux usées, mare temporaire de la périphérie des villes, vide sanitaire inondé). On peut les rencontrer dans des gîtes dont l'eau est fraîche et pure (bidon contenant de l'eau de pluie, bassin, bords de ruisseau non pollué).

En Algérie, *Culex pipiens s. l.* est le moustique qui présente le plus d'intérêt en raison de son abondance et de sa nuisance réelle dans les zones urbaines (Berchi, 2000; Berchi et al. 2012).

Cette espèce a été signalée en Algérie dans toutes les études menées sur les *Culicidae*: à Constantine (Berchi et al. 2012), à Skikda (Boulkenafet, 2006) et à Tizi-ouzou (Brahmi et al. 2013). *Cx. pipiens* est le vecteur majeur de filariose de Bancroft en Egypte. Ce moustique est aussi responsable de la transmission du virus West Nile ainsi que d'autres arbovirus (Brunhes et

al.1999).Elle a été trouvée dans deux des 11 gîtes examinés. En nombre, elle est classée en troisième position.

Cx. hortensis est multivoltine et sténogame, les larves sont présentes du milieu du printemps jusqu'en automne, elles disparaissent aux premières gelées. Les gîtes larvaires sont très variés. Les larves peuvent en effet se développer dans de petits gîtes dépourvus de végétation (creux de rocher, abreuvoir cimenté, flaque dans le lit de torrent) ou dans des gîtes encombrés de végétation (bords de mares, drains). L'eau de ces gîtes peut être limpide ou riche en matière organique, elle est généralement douce, ensoleillée et stagnante. Les femelles ne piquent pas les mammifères ; elles se nourrissent par contre très volontiers sur batraciens et reptiles. L'espèce n'a jamais été impliquée dans la transmission de parasitoses humaines (Schaffner et al. 2001). Elle a été trouvée dans un seul gîte.



Conclusion

Conclusion

Cette étude, qui est complémentaire à d'autres enquêtes entomologiques des moustiques effectuées en Algérie, a pour but d'enrichir nos connaissances sur de la distribution de la faune culicidienne à importance médicale en Algérie.

Le présent travail est une enquête préliminaire sur la biodiversité des moustiques (Diptera : Culicidae) dans la wilaya de Bordj Bou Arreridj.

Les inventaires ont été effectués dans 10 sites différents. Les prospections menées sur terrain, ont permis d'inventorier 3 espèces de *Culicinae* appartenant à 2 genres (*Culex* et *Culiseta*) et une espèce de *Anophelinae*, ont été identifiées avec des pourcentages différentes.

L'étude réalisée dans région de Bordj Bou Arreridj nous a permis de préciser les différents types d'habitats qui peuvent accueillir le peuplement des moustiques.

Les moustiques jouent un rôle majeur dans les écosystèmes mais aussi en épidémiologie humaine et animale, car outre qu'ils sont source de nuisance par les piqûres qu'ils infligent, ils constituent le plus important groupe de vecteur d'agents pathogènes transmissibles à l'homme et aux animaux domestiques. L'étude de la distribution des larves des moustiques apparait cruciale pour une gestion efficace des gîtes potentiels ainsi que pour une meilleure prévision des maladies à transmission vectorielle dans le cadre de des programmes de biosurveillance et de lutte antivectorielle.

Selon l'OMS, les maladies à transmission vectorielle sont responsables de plus de 17 % des maladies infectieuses et provoquent plus d'un million de décès chaque année dans le monde. Parmi les maladies transmises par les moustiques paludisme, dengue...

Au-delà de son intérêt en recherche fondamentale, pour une meilleure compréhension de la biologie du moustique vecteur et de ses interactions avec hôtes et pathogènes, la modification génétique des moustiques peut être mise à profit dans le cadre de la lutte anti vectorielle.

L'objectif général de la lutte génétique: la réduction de la densité des populations de moustiques vecteurs d'une part, et la réduction de la compétence de ces moustiques pour transmettre les agents pathogènes d'autre part.



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

- **Agence Nationale de Développement de l'Investissement. ANDI. (2013).** Wilaya de Bordj Bou Arréridj. 14 pages.
- **Amara Korba, R. (2016).** Evaluation du risque d'introduction du virus West Nile et du virus de la fièvre de la vallée du Rift en Algérie. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar de Annaba, Algérie. 214p.
- **Amara Korba R., Boukraa S., Alayat M. S., Bendjeddou M. L., Francis F., Boubidi S. C., & Bouzlama Z. (2015).** Preliminary report of mosquitoes survey at Tonga Lake (North-East Algeria). *Advances in Environmental Biology*, 9(27), 288-294.
- **Baldé M. C., Dieng B., Diallo A., Camara S. K., Konstantinov O. K., & Mourzine N. C. (2000).** Contribution to the study of mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Guinea: Fauna and distribution. *Bulletin de la Société de pathologies exotique* (1990), 94(2 Pt 2), 199-201.
- **Balenghien T. (2006).** Les moustiques vecteurs de la fièvre du Nil occidental en Camargue. Les moustiques de l'Afrique méditerranéenne : Programme d'identification et d'enseignement. Ed. IRD, Montpellier sectes. Paris. 259 p.
- **Becker N., Petric D., Zgomba M., Boase C., Madon M., Dahl C., & Kaiser A. (2010).** *Mosquitoes and Their Control.* Springer Science & Business Media.
- **Becker N., Petric D., Zgomba M., Boase C., Madon M., Dahl C., Kaiser A. 2010.** *Mosquitoes and Their Control,* Second edition Springer. Second edition 2010.
- **Berchi S. (2000a).** Résistance de certaines populations de *Culex pipiens* (L) au Malathion à Constantine (Algérie). (Diptéra, Culicidae). *Bull. Soc. Ent. France.* 125-129p .
- **Berchi. S. (2000b).** Bioécologie de *Culex pipiens* L. (Diptera : Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de luttés. Thèse doc. Es – science. Université de Constantine, Algérie: 133p.
- **Blondel J. (1979).** Ecologie et gestion de l'espace naturel, l'apport du "modèle-oiseaux". *Journal Ecologie et Développement*, 21.
- **Blondel J. (1975).** Ecologie et gestion de l'espace naturel. L'apport du modèle oiseaux. *Journ Ces Ecologie-Développement.* 21p.
- **Bouabida H., Djebbar F., & Soltani N. (2012).** Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera : Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). *Entomologie*

faunistique-Faunistic Entomology.

- **Boubidi S.C., Gassen I., Khechache Y., Lamali K., Tchicha B., Brengues C., Menegon M., Severini C., Fontenille D., Harrat Z. (2010).** Plasmodium falciparum malaria, southern Algeria, 2007. *Emerg Infect Dis.* 16(2): 301-3
- **Boukraa S. (2010).** Biosystématique des moustiques (Diptera : Culicidae) dans et aux alentours des fermes d'élevage en Belgique. Mémoire d'ingénieur, orientation Protection des végétaux. Université de Liège. Belgique. 109p.
- **Brunhes, I., Rhaim, A., Geoffroy B., Angel, G. & Hervy, J.P. (1999).** Les moustiques de l'Afrique méditerranéenne, Logiciel d'identification et d'enseignement, I.R.D., Edition.
- **Carnevale P. et Robert V. (2009).** Les anophèles . Biologie , transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle. Edition. I.R.D., Marseille, 389p.
- **Clements A. N. (1992).** The biology of mosquitoes: development, nutrition and reproduction vol. 1. Wallingford: CAB International.
- **Conffet. T., Rogier C., Pages F. (2009).** Evaluation de l'agressivité des anophèles et du risque de transmission du paludisme : méthodes utilisées dans les Armées françaises. *Médecine Tropicale.* 109-122p.
- **Dojz R. (1971).** Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris. 434p.
- **Delaunay P., Fauran P., Marty P. (2001).** Les moustiques d'intérêt médical. *Revue Française des Laboratoires.* 27-36p.
- **Duchauffour P. (1976).** Atlas écologique des sols du monde. Ed. Masson, Paris. 178p.
- **Duvallet G. & de Gentile L. (2012).** Protection personnelle antivectorielle. IRD Editions.
- **Duvallet G., Fontenille D., & Robert V. (2017).** Entomologie médicale et vétérinaire. Editions Quae. 687p.
- **Dye C. (1992).** The analysis of parasite transmission by bloodsucking insects. *Annual review of entomology,* 37(1), 1-19.
- **El Harrack M., Le Guenno B. & Gounon P. (1997).** Isolement du virus West Nile au Maroc. *Virologie.* 1(3) : 248-9.
- **Elmadmad K., Guennouni N., Musette M.S., Kerdoun A., Labdalaoui H., Souaber H., Chekir H., BenJemiaa M., & Boubakri H. (2004).** Les migrants et leurs droits au

Maghreb avec un eréférence spéciale à la Convention sur la protection des droits de tous les travailleurs migrants.SérieUNESCO.SHS/2004/MC/4.137p.

- **Failloux A.B., Vazeille-Falcoz M., Mousson L. & Rodhain, F. (1999).** Contrôle génétique de la compétence vectorielle des moustiques du genre *Aedes*. Bull. Soc. Pathol. Exot ; 92(4) : 266-273.
- **Failloux A.B., Vazeille M. & Rodhain F. (2002).**Geographic genetic variation in populations of the dengue virus vector *Aedes aegypti*. Journal of Molecular Evolution, 55(6), 653-663.
- **Footitt R. G., & Adler P. H. (2009).** Insect biodiversity: science and society. John Wiley & Sons (Eds.).
- **Gachelin G. (2018).** Maladies à vecteurs, Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 23 juin 2018. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/maladies-a-vecteurs/>
- **Girod R., Le Goff G. (2006).** Inventaire actualisé des moustiques (Diptera : Culicidae) des îlots français de Europa, Juan-de-Nova et Grande-Glorieuse (Canal du Mozambique, océan Indien). Pathologie Exotique. 208-212p.
- **Githko A., Lindsay S., Confalonieri U., Patza A. (2000).** Changement climatique et maladies à transmission vectorielles : Une analyse régionale. Bulletin of the World HealthOrganization. 1136-1147p.
- **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. Thèse de Doctorat. Sciences agricoles. Université d'Angers, France. 225p.
- **Grenier P., Taufflieb R. (1952).** Remarques sur les techniques modernes de montage rapide des insectes et l'utilisation des résines polyvinyliques en microscopie. Bulletin de la Société de Pathologie Exotique. 122-128p.
- **GublerD.J.,(2002).**Epidemicdengue/dengue hemorrhagic fevers public health , social and economic problem in the 21st century.TrendsMicrobiol.2002Feb;10(2):100-3.
- **Gunay F., Picard M. & Robert V. (2017).** Mosquito Key Tool: a novel interactive key includes 131 mosquito species in 71 countries (Euro-Mediterranean, Black Sea and Western Palaeartic Regions) (Version 1.2).

- **Harbach R . E ., & Knight L ., (1981)** . Corrections and Additions to Taxonomist's Glossary of Mosquito Anatomy . Mosquito Systematics vol.13(2)201-207.
- **Harbach, R . (2010)** . Mosquito Taxonomic Inventory [.www.mosquito-taxonomic-inventory.info/](http://www.mosquito-taxonomic-inventory.info/).
- **Harbach R. E. (2007)**. The Culicidae (Diptera): a review of taxonomy, classification and phylogeny. Zootaxa, 1668(1), 591-638.
- **Harbach R . E . & Kitching I.J . (1998)** . Phylogeny and classification of the Culicidae (Diptera). Systematic Entomology 23:327–370.
- **Hardy J.L., Houk, E.J., Kramer, L.D. & Reeves, W.C. (1983)**. Intrinsic factors affecting vector competence of mosquitoes for arboviruses. Annual review of entomology. 28(1): 229-262.
- **Hassaine K. (2002)**. Bioécologie et biotypologie des Culicidae (Diptera: Nematocera) de l'Afrique méditerranéenne. Biologie des espèces les plus vulnérantes (Ae. Caspius, Ae. Detritus, Ae. Mariae et Cx. pipiens) dans la région occidentale algérienne. Thèse de doctorat. Université de Tlemcen. 191 p.
- **Haut Conseil de Biotechnologie. HCB (2017)**. En réponse à la saisine de 12 octobre 2015 concernant l'utilisation de moustiques génétiquement modifié dans le cadre de lutte anti vectorielle. 150 p.
- **Himmi O., Trari B., El-agbani M., Dakki M. (1998)**. Contribution à la connaissance de la cinétique et des cycles biologiques des moustiques (Diptera, Culicidae) dans la région de Rabat-Kénitra, Maroc. Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat. 71-79p.
- **Lord C.C., Woolhouse M.E.J., Heesterbeek, J.A.P. and Mellor, P.S. (1996)**. Vector- borne diseases and the basic reproduction number: a case study of African horse sickness. Medical and veterinary entomology. 10(1): 19-28.
- **Matille L. (1993)**. Les diptères d'Europe occidentale. Introduction, technique d'étude et morphologie. Nématocères, Brachycères, Orthoraphes et Aschizes. Ed. Boubée, T1, Paris. 439p.
- **Meegan J.M. (1979)**. The Rift Valley fever epizootic in Egypt 1977–1978 1. Description of the epizootic and virological studies. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene. 73(6): 618-623.

- **Merabti B. (2016).** Identification, composition et structure des populations Culicidienne de la région de Biskra, effet des facteurs écologiques sur la répartition saisonnière et essais de lutte. Thèse de doctorat. Université KasdiMerbah de Ouargla. 196p.
- **Messai N., Berchi S., Boulknaed F., & Louadi K. (2010).** Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera : Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). Entomologie Faunistique-FaunisticEntomology.
- **Messai N., Berchi S., Boulknaed F., & Louadi K. (2011).** Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera : Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). FaunisticEntomology. 203-206p.
- **Nudelman S., Galun R., Kitron U. & Spielman A. (1988).** Physiological Characteristics of Culex pipiens populations in the Middle East. Medical and Veterinary Entomology. 2(2): 161-169.
- **Mullen G., and DurdenL., (2002).** Medical and veterinary entomology . Academic Press , Amsterdam , p591.
- **Murgue B., Murri S., Zientara S., Durand B., Durand J.P. et Zeller H. (2001).** West Nile outbreak in horses in southern France, 2000: the return after 35 years. Emerg Infect Dis. 7(4): 692-6.
- **Nabeth P., Kane Y., Abdalahi M.O., Diallo M., Ndiaye K., Ba K., ... & Mathiot C. (2001).** Rift Valley fever outbreak, Mauritania, 1998: seroepidemiologic, virologic, entomologic, and zoologic investigations. Emerging infectious diseases. 7(6): 1052
- **Oertli B. (1992).** L'influence de trois substrats (Typha, Chara, feuilles mortes) d'un étang forestier sur la densité, la biomasse et la production des macroinvertébrés aquatiques (Doctoral dissertation, University of Geneva).
- **Organisation mondiale de la santé. OMS. (2015).** Rapport sur le paludisme dans le monde : résumé et points essentiels <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs094/fr/>
- **OMS. (2013).** Campagnes mondiales de santé publique de l'OMS. Organisation Mondiale de la Santé. <http://www.who.int/campaigns/world-healthday/2014/event/fr/> index . html . 12/05/2018.
- **Purse B. V., Mellor P. S., Rogers D. J., Samuel A. R., Mertens P. P., & Baylis M. (2005).** Climate change and the recent emergence of bluetongue in Europe. Nature Reviews

Microbiology, 3(2), 171.

- **Ramsdale C.D. and de Zulueta J. (1983).** Anophelism in the Algerian Sahara and some implications of the construction of a transSaharan highway. *J Trop Med Hyg.* 86: 5158.
- **Robert V., Ayala D. & Simard F. (2017).** Chapitre 10. Les anophèles (Diptera : Culicidae : Anophilinae).
- **Rodhain, F. (1989).** La transmission vectorielle. *Bull. Soc. Path. Ex.* 82 : 167- 172.
- **Rodhain, F. (2018).** Arthropodes pathogènes. Cours IVTAP. Institut Pasteur de Paris
- **Rodhain, F., et Perez, C. (1985).** Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Ed. Maloine S. A., Paris, 458 p.
- **Rodhain F., Perez C. (1985).** Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Ed. Maloine, Paris. 157-175p.
- **Saidi S. (2013).** Étude de la Biodiversité des Moustiques (*Diptera : Culicidae*) dans le Haras National Chaouchaoua de Tiaret, Localisation de leurs Gîtes Larvaires et Identification de Six Tiques de Chevaux. Mémoire de master. Université Saad Daleb-Blida. 89 p.
- **Séguy E. (1923).** Les moustiques de France. Ed. Paul Lechevalier, Paris, 225p.
- **Séguy E. (1951).** Nouvelle Atlas d'entomologie des Diptères de France , Belgique et Suisse . Tomes 1 et 2. Ed .N. Boubée, pp. 19-83,67 et 84-109.
- **Séguy E. (1955).** Introduction à l'étude biologique et morphologique des insectes Diptères. Ed. Muséum Nationale, Rio-deJaneiro. 260p.
- **Silver J. B. (2008).** Mosquito ecology: field sampling methods. Springer Science & Business Media.
- **Trari B. (2017).** Les moustiques (insectes, diptère) du Maroc : atlas de répartition et étude Epidémiologique. Thèse de doctorat. Université Mouhamed V. 356 p.
- **Triki H., Murri S., Le Guenno B., Bahri O., Hili K., Sidhom M. & Dellagi K. (2001).** West Nile viral meningo-encephalitis in Tunisia. *Medecine tropicale : revue du Corps de sante colonial*, 61(6) : 487-490.
- **World Health Organization WHO. (1974).** Manuelle pratique de lutte antilarvaire : division du paludisme et autre maladie parasitaire, WHO, Genève. 7-17.

- **World Health Organization WHO. (2010).** Rapport de situation 2000-2009 et plan stratégique 2010-2020 du programme mondial pour l'élimination de la filariose lymphatique : à mi-parcours vers l'élimination de cette maladie. Genève, Suisse.
- **World Health Organization WHO. (2016).** Maladies à virus Zika, [en ligne], consulté le 23 juin 2018. URL:<http://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/zika-virus>
- **World Health Organization WHO. (2017).** World malaria report 2017. Geneva: 2017. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- **Zeller H. G. (1999).** West Nile : Une arbovirose migrante d'actualité Médecine tropicale, vol. 490-494p.



Annexes

Annexes

Annexe 1. Fiche technique de récolte pour les gîtes larvaires (Stades aquatique)(Amara Korba, 2016).

Date	<input type="text" value="...../...../....."/>	Lieu	<input type="text"/>	Enquêteur & GPS	<input type="text"/>
Numéro du point	<input type="text"/>	Identifiant du gîte	<input type="text"/>		
Coord. GPS	<input type="text"/>		Altitude	<input type="text"/>	

Récolte		Type de récolte	Technique de récolte
		<input type="checkbox"/> Larves (L1 à L4)	<input type="checkbox"/> Louche
		<input type="checkbox"/> Nymphes	<input type="checkbox"/> Epuisette
			<input type="checkbox"/> Autre :
Nb de larves	<input type="text"/>	Nymphe	<input type="text"/>
Adultes	<input type="text"/>	Oeufs	<input type="text"/>

Longueur du gîte	<input type="text"/> cm	Largeur du gîte	<input type="text"/> cm	Profondeur du gîte	<input type="text"/> cm
------------------	-------------------------	-----------------	-------------------------	--------------------	-------------------------

Type de gîte	
<input type="checkbox"/> Artificiel	<input type="checkbox"/> Intérieur <input type="checkbox"/> Extérieur
<input type="checkbox"/> Naturel	<input type="checkbox"/> Ornière <input type="checkbox"/> Creux de rocher <input type="checkbox"/> Mare (marigot) <input type="checkbox"/> Carrière <input type="checkbox"/> Fosse/Egout <input type="checkbox"/> Canal d'irrigation <input type="checkbox"/> Cour d'eau <input type="checkbox"/> Autre (<input type="text"/>)
Stockage d'eau	Récipient
<input type="checkbox"/> Jarre en terre cuite/béton	<input type="checkbox"/> Bidon
<input type="checkbox"/> Bidon/citerne plastique	<input type="checkbox"/> Boîte de conserve
<input type="checkbox"/> Fût métallique	<input type="checkbox"/> Bouteille
	<input type="checkbox"/> Pneu
	<input type="checkbox"/> Abreuvoir
Matériau du gîte	<input type="checkbox"/> Minéral <input type="checkbox"/> Végétal <input type="checkbox"/> Métal <input type="checkbox"/> Plastique <input type="checkbox"/> Verre
Ensoleillement	<input type="checkbox"/> Toute la journée <input type="checkbox"/> Une partie de la journée <input type="checkbox"/> Jamais
Qualité de l'eau	<input type="checkbox"/> claire <input type="checkbox"/> teintée <input type="checkbox"/> turbide <input type="checkbox"/> polluée
Type de résidus au fond de l'eau	<input type="checkbox"/> rien <input type="checkbox"/> feuilles <input type="checkbox"/> terre <input type="checkbox"/> gravier <input type="checkbox"/> algues
Nature de gîte	<input type="checkbox"/> Permanent <input type="checkbox"/> temporaire
Etat de l'eau	<input type="checkbox"/> stagnante <input type="checkbox"/> courante

Qualité physico-chimique de l'eau			
T°C. de l'eau	<input type="text"/>	pH	<input type="text"/>
Salinité/Condvté.	<input type="text"/>	Oxygène	<input type="text"/>

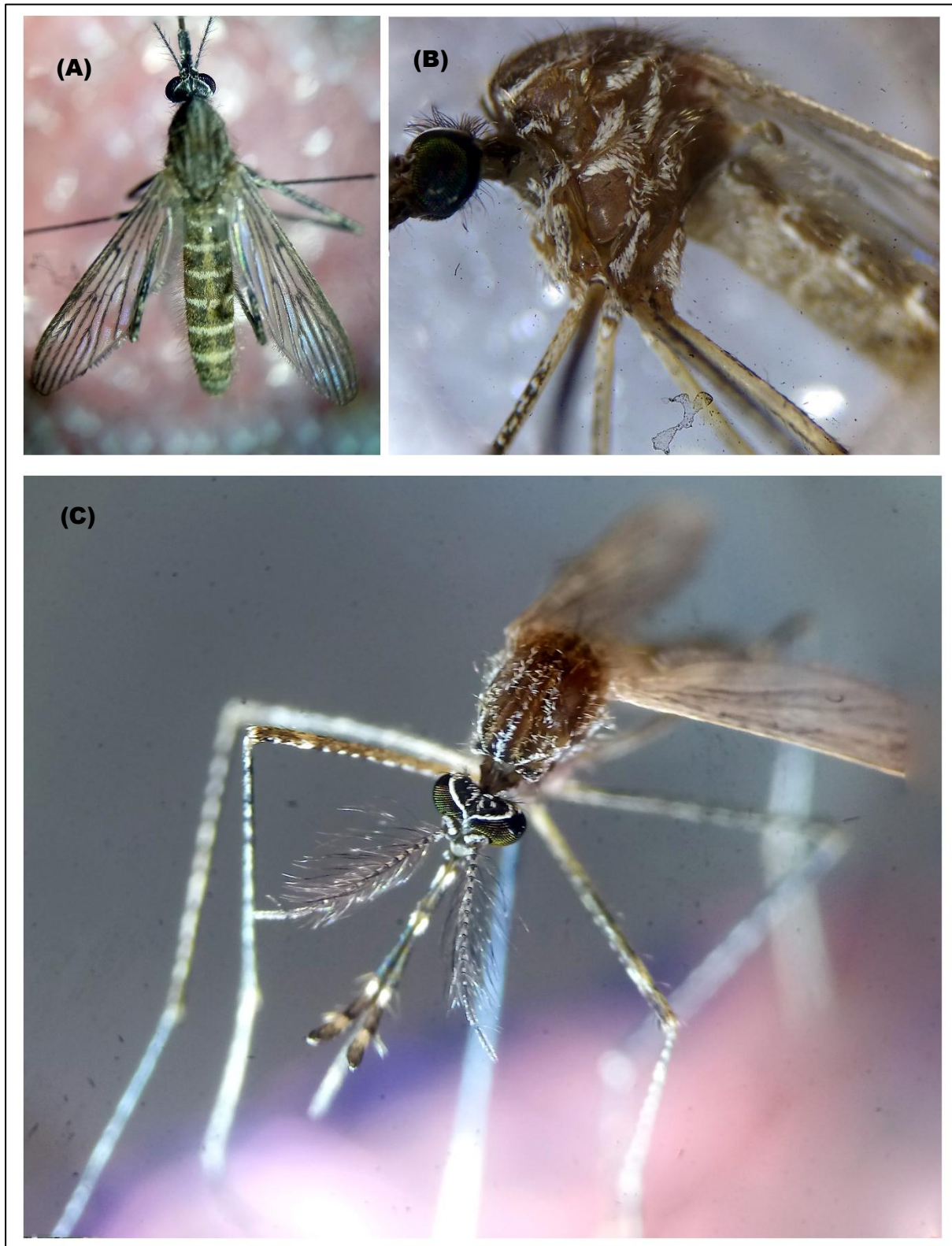
Environnement	Végétation autour du gite	Type de paysage
<input type="text" value="Autres observations"/>	<input type="checkbox"/> Peu dense	<input type="checkbox"/> Forêt
	<input type="checkbox"/> Moyennement dense	<input type="checkbox"/> Prairie / Savane
	<input type="checkbox"/> Très dense	<input type="checkbox"/> Verger / plantation
	Dans le gite	<input type="checkbox"/> Rizières
	<input type="checkbox"/> Végétation flottante	<input type="checkbox"/> Autres cultures
	<input type="checkbox"/> Végétation dressée	<input type="checkbox"/> Urbain
	<input type="checkbox"/> Algues	<input type="checkbox"/> Ferme
	<input type="checkbox"/> Autres débris	<input type="checkbox"/> Agricole
		<input type="checkbox"/> Autres (<input type="text"/>)

Annexe 2. Quelques photos des espèces récoltées dans la région de BBA (Cliché Benmenni & Haddad, 2018).



(A) : Larve de *Cx pipiens*, (B) : Adulte femelle de *Cx pipiens*, (C) : adulte femelle d'*An algeriensis*, (D) : Larve de *Cx hortensis*, (E) : larve d'*An. Algeriensis*.

Annexe 3. Quelques photos des espèces récoltées dans la région de BBA (Cliché Belarbi & Siouda, 2018).



(A) : Adulte femelle de *Cs longireolata*(vue dorsale), (B) : Adulte femelle de *Cs longireolata*(vue latérale), (C) : adulte mâle de *Cs longireolata*.

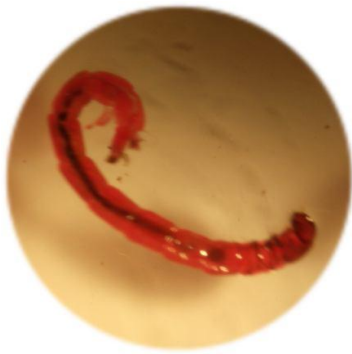
Annexe 4. Faune aquatique associée aux larves de moustiques.

a. Des vers de vase : larves d'une famille de diptères qui ressemblent aux moustiques, les *Chironomidae*.

b. Des larves d'éphémères : larves d'insectes ptérygotes appartenant à l'ordre des éphéméroptères.

c. Des vers à queue de rat : larves de *Syrphidae*, mouches (brachycères) inoffensives qui ressemblent aux faux-bourçons.

d. Des ostracodes (*Ostracoda*) : arthropodes (crustacés) de taille millimétrique.



a. Ver de vase (x15)



b. Larve d'éphémère (x15)



c. Vers à queue de rat



d. Ostracodes (x45)

Annexe 5. Typologie des différents gîtes larvaires dans la région de BBA

Station	Gîte	N	TG	Ensoleillement	QE	RFG	NG	EE	VAG	VDG	TP	Espèces
ZGANDOU	ZD1	0	NT/Epigé	TT la journée	Polluée	Algues	P	Stagnante	**	Algues	Prairie	(-)
AIN HASSANI	AH1	0	AR/Epigé	TT la journée	Claire	Terre/Algue	p	Stagnante	***	Algues	Verger/Plantation	(-)
ZEMALA	Z1	0	NT/Epigé	TT la journée	Claire	Algues/Terre	P	Courante	***	Flottante/Algues	Prairie	(-)
	Z2	32	NT/Epigé	TT la journée	Teintée	Rien	P	Stagnante	**	Algues	Prairie	<i>Cx pipiens</i> <i>Cs longiareolata</i>
O. BELHADJ	OB1	0	AR/Epigé	TT la journée	Claire	Algues	p	Courante	*	Algues	Prairie	(-)
A.ECHIOUANE	AC1	0	NT/ Epigé	TT la journée	Claire	Algues/Terre	P	Stagnante	**	Algues	Prairie/Ferme	(-)
	AC2	46	NT/ Epigé	TT la journée	Feintée	Feuilles/Gravier	P	Stagnante	***	Flottante	Agricole	<i>Cx hortensis</i>
BOUNI	B1	60	AR/ Epigé	TT la journée	Teintée	Graviers/algues	P	Stagnante	***	Flottante/Algues	Agricole	<i>Cs longiareolata</i>
BOUHAMZA	BA1	83	NT/ Epigé	TT la journée	Claire	Algues/Feuilles	P	Stagnante	***	Algues	Agricole	<i>An algeriensis</i>
Ouled Touati	OT1	0	NT/ Epigé	TT la journée	Teintée	Algues/Feuilles	P	Courante	**	Végétation dressée	Prairie	(-)
	OT2	0	NT/ Epigé	TT la journée	Turbide	Algues/Feuilles	P	Courante	**	Végétation dressée	Prairie	(-)
	OT3	0	AR/Epigé	TT la journée	Teintée	Rien	P	Courante	**	Rien	Prairie	(-)
	OT4	0	NT/ Epigé	TT la journée	Teintée	Algues	P	Courante	***	Végétation dressée	Foret	(-)
RETBA	R1	0	AR/Epigé	TT la journée	Claire	Terre/Algue	P	Stagnante	***	Végétation dressée	Verger/Plantation	(-)
	R2	0	AR/Epigé	TT la journée	Turbide	Terre/Algue	P	Courante	***	Algues	Verger/Plantation	(-)
	R3	0	AR/Epigé	TT la journée	Polluée	Terre/Algue	P	Courante	**	Rien	Agricole	(-)
	R4	81	AR/Epigé	Partie de la journée	Polluée	Graviers	T	Courante	***	Rien	Verger/Plantation	<i>Cs longiareolata</i>

LAARABA	L1	160	AR/Epigé	Partie de la journée	Polluée	Graviers	T	Stagnante	/	Rien	Urbain	<i>Cs longiareolata</i>
UNIVERSITE	UV1	75	AR/Epigé	Partie de la journée	Teintée	Algues	T	Stagnante	/	Algues	Urbain	<i>Cs longiareolata</i>
	UV2	345	AR/Epigé	Partie de la journée	Teintée	Algues/Feuilles	T	Stagnante	**	Algues/Flottante	Urbain	<i>Cs longiareolata</i>
	UV3	0	AR/Epigé	Partie de la journée	Teintée	Algues/Feuilles	T	Stagnante	**	Algues/Flottante	Urbain	(-)
	UV4	80	AR/Epigé	Partie de la journée	Teintée	Algues/Feuilles	T	Stagnante	/	Algues/Flottante	Urbain	<i>Cs longiareolata</i>
LA ZONE	ZN1	0	AR/Hypogé	Partie de la journée	Polluée	Rien	P	Courante	/	Rien	Urbain	(-)
	ZN2	0	AR/Hypogé	Partie de la journée	Teintée	Rien	T	Stagnante	/	Rien	Urbain	(-)
	ZN3	0	AR/Epigé	Partie de la journée	Polluée	Rien	T	Stagnante	/	Rien	Urbain	(-)
	ZN4	0	AR/Epigé	Partie de la journée	Polluée	Rien	T	Stagnante	/	Rien	Urbain	(-)
ZAMBIA	ZB1	0	AR/Epigé	Partie de la journée	Teintée	Rien	T	Stagnante	/	Rien	Ferme	(-)
	ZB2	0	AR/Epigé	Jamais	Polluée	Rien	T	Stagnante	/	Rien	Ferme	(-)
O.LAKHDAR	OL1	0	NT/ Epigé	TT la journée	Polluée	Algues	P	Stagnante	***	Rien	Prairie	(-)
	OL2	0	NT/ Epigé	TT la journée	Polluée	Algues/Gravier	T	Stagnante	**	Végétation dressée	Prairie	(-)
O.ATIA	OA1	0	NT/Epigé	TT la journée	Claire	Feuilles/Algues	T	Stagnante	*	Flottante/Algues	Prairie/Ferme	(-)
BARRAGE	BG1	50	NT/Epigé	TT la journée	Pollué	Algues	P	Stagnante	**	Algues	Prairie	<i>Cx pipiens</i>
ROUABAH	RH2	20	AR/Hypogé	Partie de la journée	Teintée	Algues	T	Stagnante	***	Rien	Ferme	<i>Cs longiareolata</i>

N : Nombre de spécimens récolter / **TG** : Type de gîte Epigé (à ciel ouvert), Hypogé (à ciel fermé) / **RFG** : résidus du fond de gîte / **QE** : Qualité de l'eau / **NG** : Nature du gîte (T) temporaire, (P) Permanent / **TP** : type de paysages / **EE** : Etat de l'eau / **VAG** : Végétation autour du gîte (-) absente (+) peu dense (++) moyennement dense (+++) très dense / **VDG** : Végétation dans le gîte