

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE HADJ LAKHDAR - BATNA 1 -  
INSTITUT DES SCIENCES VETERINAIRES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



## Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle (LMD)

En sciences agronomiques

Spécialité : Biodiversité , Production et Protection des Végétaux

Présentée par

**BELKHIRI Nora**

## Thème

**Étude Des Culicidae Des Aurès : Inventaire et Lutte.**

**Soutenue le 09/06/2022**

**Du avant le jury composé de :**

Présidente :	Mme Fraha Naama	Professeur	Université de Batna 1
Directrice de thèse :	Mme Habbachi Wafa	Professeur	Université de Annaba
Examineurs/trices :	Mr. Bertella Nabil	Professeur	Université de Batna 1
	Mme Laouabdia Sellami Nadjette	Professeur	Université de Guelma
	Mr. Bensaci Oussama Ali	M.C.A	Université de Batna1

**Année universitaire :2021/2022**

# REMERCIEMENTS

*Après cinq ans, mon travail arrive à son terme par la réalisation de ce mémoire de Thèse de doctorat. Je remercie avant tous, Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes les longues années d'études afin que nous puissions arriver là.*

*J'exprime mes plus vifs remerciements à Pr. Frah Naama, qui m'a fait l'honneur de présider ce jury.*

*Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements et ma très profonde gratitude à Pr. Habbachi Wafa enseignante à l'université de Annaba qui fut pour moi une directrice de thèse attentive et disponible malgré ses nombreuses charges. Sa compétence, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance m'ont beaucoup appris. Je vous remercie infiniment pour votre disponibilité, votre écoute et vos conseils scientifiques précieux. Je tiens à insister sur le fait que ces années de doctorat ont été particulièrement agréables et que c'est en grande partie grâce à vous. Vos qualités scientifiques et humaines ont très largement facilité mon travail.*

*Comme je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Pr. Bertella Nabil, d'avoir accepté de juger ce travail et d'avoir assisté à ma soutenance de thèse.*

*Toute ma considération à l'égard de Pr. Laouabdia Sellami Nadjette qui m'a fait l'honneur de juger le présent travail.*

*Mes plus vifs remerciements vont à Dr. Bensaci Oussama Ali, pour avoir accepté de faire partie de ce jury.*

*Mention spéciale à Dr. Benhissen Saliha enseignante à l'université de M'Sila pour ses aides très précieux qui m'a supporté et m'a permis de me lever motivé, le coeur léger et l'esprit tranquille depuis le début de ma thèse. Je vous remercie madame pour ta disponibilité, et surtout ton optimisme. Dès que le*

*moral baissait ! Je te remercie alors pour tes conseils scientifiques mais je retiendrai surtout tes qualités humaines et ta capacité à positiver.*

*Mes sincères remerciements s'adressent également au Département de Science de la nature et de la vie de l'université de M'Sila, de m'avoir accueilli au sein de son laboratoire.*

*Enfin je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de cette thèse.*

# DÉDICACE

*Par la même occasion :*

*J'adresse toute mon affection à ma famille, et en particulier à ma mère et mon père, leur confiance, leur tendresse, leur amour me portent et me guident tous les jours. Merci pour avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui.*

*À mes frères et sœurs*

*À mes chers amis*

*À tous mes collègues de la promotion « Biodiversité, production et protection des végétaux » (2016/2017).*

*À tous ceux qui ne sont peut-être pas cités mais qui se reconnaîtront, et dont la présence ou intervention à un moment donné de la thèse a été bénéfique.*

# NORA

# 2022

## Sommaire

<b>1. Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Matériels et Méthodes.....</b>	<b>5</b>
2.1. Présentation de la région d'étude .....	5
2.1.1. Présentation géographique de la wilaya de Batna.....	5
2.1.2. Relief.....	6
2.1.3. Climat.....	6
2.1.4. Localisation et description des sites d'étude.....	9
2.2. Culicidae.....	12
2.2.1. Morphologie des Culicidae.....	14
2.2.2. Biologie des Culicidae.....	17
2.3. Inventaire et identification des Culicidae.....	19
2.4. Analyses des résultats issus de l'inventaire des Culicidae.....	20
2.4.1. Indices écologiques.....	20
a. Les indices écologiques de Composition.....	20
b. Les indices écologiques de structure.....	21
2.4.2. Phénogramme et association des espèces de Culicidae dans la région d'étude.....	22
2.4.3. Impact des facteurs écologiques sur la biodiversité.....	23
2.5. Lutte biologique contre les moustiques.....	23
2.5.1. Présentation des plantes utilisées dans le traitement.....	23
2.5.1.1. Famille des Astéracées.....	24
a. <i>Ambrosia maritima</i> .....	24
b. <i>Hertia cheirifolia</i> .....	25
c. <i>Xanthium strumarium</i> .....	26
2.5.1.2. Famille des Solanacées.....	27
a. <i>Datura stramonium</i> .....	28
b. <i>Solanum elaeagnifolium</i> .....	29
2.5.1.3. Famille des Lamiacées.....	31
a. <i>Salvia verbenaca</i> .....	31
2.5.2. Présentation de model biologique utilisé pour la lutte : <i>Culiseta longiareolata</i> .....	32

2.5.3. Elevage.....	34
2.5.4. Traitement de <i>Culiseta longiareolata</i> avec les extraits aqueux des plantes.....	34
2.5.5. Analyse des données obtenus dans la partie lutte biologique.....	35
<b>3. Résultats.....</b>	<b>36</b>
3.1. Inventaire et identification des Culicidés.....	36
3.1.1. Diversité culicidienne dans la région de Batna.....	36
3.1.1.1. Indices de composition.....	36
3.1.1.2. Indices de structure.....	38
3.1.1.3. Phénologie des espèces récoltées dans la région de Batna.....	39
3.1.2. Diversité culicidienne dans les différents sites d'étude.....	40
3.1.2.1. Indices de composition.....	40
3.1.2.2. Indices de structure.....	43
3.1.2.3. Phénologie et association des espèces récoltées dans les sites d'étude.....	44
3.1.3. Impact des facteurs écologiques sur la biodiversité.....	47
3.1.3.1. Effet de la répartition des sites et des saisons sur la composition de la faune culicidienne.....	47
3.1.3.2. Effet de la répartition des sites et des saisons sur les espèces des Culicidae récoltées.....	48
3.2. Lutte biologique.....	49
3.2.1. Effet de <i>Ambrosia maritima</i> sur la mortalité.....	49
3.2.2. Effet de <i>Hertia cheirifolia</i> sur la mortalité.....	51
3.2.3. Effet de <i>Xanthium strumarium</i> sur la mortalité.....	53
3.2.4. Effet du <i>Datura stramonium</i> sur la mortalité.....	55
3.2.5. Effet de <i>Solanum elaeagnifolium</i> sur la mortalité.....	57
3.2.6. Effet de <i>Salvia verbinaca</i> sur la mortalité.....	59
3.2.7. Variation comparative du taux de mortalité engendré par les six extrais.....	61
<b>4. Discussion.....</b>	<b>63</b>
<b>5. Conclusion.....</b>	<b>76</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>78</b>
<b>Annexes</b>	
<b>Résumé</b>	
<b>Abstract</b>	
<b>ملخص</b>	

## Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Limites administratives de la Wilaya de Batna.....	5
<b>Figure 2:</b> Répartition des températures moyennes mensuelles en °C.....	7
<b>Figure 3:</b> Répartition des précipitations moyennes mensuelles en mm dans la période allant de 1985 à 2018.....	7
<b>Figure 4:</b> Diagramme ombrothermique de Gaussen (Batna, 1985-2018) .....	8
<b>Figure 5:</b> Localisation des sites d'étude prospectés ( <i>S1 : Dhraa Aissi, S2 : Foum Toub, S3 : Parc à Fourrage et S4 : Timgad</i> ).....	9
<b>Figure 6:</b> Site de Dhraa Aissi (S1).....	10
<b>Figure 7 :</b> Site de Foum Toub (S2).....	11
<b>Figure 8 :</b> Site de Parc à Fourrage (S3).....	11
<b>Figure 9 :</b> Site de Timgad (S4).....	12
<b>Figure 10:</b> Systématique générale des Culicidés présents en Algérie.....	13
<b>Figure 11 :</b> Vue générale d'un œuf de moustique.....	14
<b>Figure 12 :</b> Vue générale d'une larve de moustique.....	15
<b>Figure 13:</b> Vue général d'une nymphe de moustique.....	16
<b>Figure 14 :</b> Aspect général d'un Culicidé adulte.....	17
<b>Figure 15 :</b> Technique d'identification des moustiques.....	19
<b>Figure 16 :</b> Aspect morphologique de <i>Ambrosia maritima</i> .....	24
<b>Figure 17 :</b> Aspect morphologique de <i>Hertia cherifolia</i> .....	25
<b>Figure 18:</b> Aspect morphologique de <i>Xanthium strumarium</i> .....	26
<b>Figure 19 :</b> Vue générale des fruits de <i>Xanthium strumarium</i> .....	27
<b>Figure 20:</b> Aspect morphologique de <i>Datura stramonium</i> .....	28
<b>Figure 21:</b> Description botanique de <i>Datura stramonium</i> (a. feuille, b. fleur, c. fruit, d. graines).....	29
<b>Figure 22:</b> Aspect morphologique de <i>Solanum elaeagnifolium</i> .....	30
<b>Figure 23 :</b> Aspect morphologique de <i>Salvia verbenaca</i> .....	31
<b>Figure 24:</b> Adulte de <i>Culiseta longiareolata</i> .....	33
<b>Figure 25 :</b> Cycle de vie d'un moustique.....	34
<b>Figure 26 :</b> Abondance relative des espèces Culicidiennes inventoriées dans la région de Batna durant la période d'étude.....	37
<b>Figure 27 :</b> Fréquence d'occurrence (C%) des espèces rencontrées dans la région de Batna.....	38

<b>Figure 28 :</b> Indices écologiques de structure dans la région de Batna durant la période d'étude.....	39
<b>Figure 29:</b> Effectif des larves et la richesse totale en espèces de moustique récoltée dans les différents sites d'étude.....	41
<b>Figure 30:</b> Abondance relative (F%) des espèces Culicidae étudiées dans les 4 sites (A: <i>Dhraa Aissi</i> , B: <i>Foum Toub</i> , C: <i>Parc à Fourrage</i> et D: <i>Timgad</i> ).....	42
<b>Figure 31:</b> Fréquence d'occurrence (C%) des espèces de moustique recensées dans les sites d'étude.....	43
<b>Figure 32:</b> Indices écologiques de structure dans les quatre sites durant la période d'étude.....	44
<b>Figure 33:</b> Taux de mortalité corrigée des larves de 4 <sup>ème</sup> stade de <i>Cs. longiareolata</i> traitées avec l'extrait aqueux des feuilles d' <i>A. maritima</i> .....	50
<b>Figure 34 :</b> Taux de mortalité corrigée des larves de 4 <sup>ème</sup> stade de <i>Cs. longiareolata</i> traitées avec l'extrait aqueux des feuilles de <i>H. cheirifolia</i> .....	52
<b>Figure 35 :</b> Taux de mortalité corrigée des larves de 4 <sup>ème</sup> stade de <i>Cs. longiareolata</i> traitées avec l'extrait aqueux des feuilles de <i>X. strumarium</i> .....	54
<b>Figure 36 :</b> Taux de mortalité corrigée des larves de 4 <sup>ème</sup> stade de <i>Cs. longiareolata</i> traitées avec l'extrait aqueux des feuilles de <i>D. stramonium</i> .....	56
<b>Figure 37 :</b> Taux de mortalité corrigée des larves de 4 <sup>ème</sup> stade de <i>Cs. longiareolata</i> traitées avec l'extrait aqueux des feuilles de <i>S. elaeagnifolium</i> .....	58
<b>Figure 38 :</b> Taux de mortalité corrigée des larves de 4 <sup>ème</sup> stade de <i>Cs. longiareolata</i> traitées avec l'extrait aqueux des feuilles de <i>S. verbinaca</i> .....	60
<b>Figure 39 :</b> Les mortalités moyenne corrigées (%) des larves L4 de <i>Cs. longiareolata</i> en fonction de la concentration des extraits aqueux ( $\mu\text{g} / \text{ml}$ ) de 6 espèces végétales testées (C1 : <i>faible dose</i> , C2 : <i>moyenne dose</i> , C3 : <i>forte dose</i> ).....	62

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Principales caractéristiques des sites choisis dans la région de Batna.....	10
<b>Tableau 2 :</b> Espèces végétales utilisées.....	23
<b>Tableau 3:</b> Les concentrations C en ( $\mu\text{g} / \text{ml}$ ) des extraits aqueux testés.....	35
<b>Tableau 4 :</b> Liste des Culicidae identifiés dans la région de Batna (2017-2020).....	36
<b>Tableau 5 :</b> Phénogramme des espèces recensées dans la région de Batna.....	40
<b>Tableau 6:</b> Phénogramme des espèces recensées dans les quatre sites durant la période d'étude.....	45
<b>Tableau 7 :</b> Associations faunistiques des Culicidés (- association absente + association présente) dans les quatre sites d'étude.....	46
<b>Tableau 8 :</b> L'effet de la localisation des sites d'étude sur la composition de la faune culicidienne.....	47
<b>Tableau 9 :</b> L'effet de la saison sur la composition de la faune culicidienne.....	47
<b>Tableau 10 :</b> L'effet de site x saison sur la composition de la faune culicidienne.....	48
<b>Tableau 11 :</b> L'effet de site sur la répartition des espèces des Culicidae récoltées.....	48
<b>Tableau 12 :</b> L'effet de saison sur la répartition des espèces des Culicidae récoltées.....	49
<b>Tableau 13 :</b> L'effet de site x saison sur la répartition des espèces des Culicidae récoltées..	49
<b>Tableau 14 :</b> Paramètres toxicologiques des extraits aqueux des feuilles de <i>A. maritima</i> ( <b>A:</b> Temps d'exposition; <b>B :</b> Concentrations utilisées).....	51
<b>Tableau 15 :</b> Paramètres toxicologiques des extraits aqueux des feuilles de <i>H. cheirifolia</i> ( <b>A :</b> Temps d'exposition ; <b>B :</b> Concentrations utilisées).....	53
<b>Tableau 16 :</b> Paramètres toxicologiques de l'extrait aqueux des feuilles de <i>X. strumarium</i> ( <b>A :</b> Temps d'exposition ; <b>B :</b> Concentrations utilisées).....	55
<b>Tableau 17 :</b> Paramètres toxicologiques des extraits aqueux des feuilles de <i>D. stramonium</i> ( <b>A :</b> Temps d'exposition ; <b>B :</b> Concentrations utilisées).....	57
<b>Tableau 18 :</b> Paramètres toxicologiques des extraits aqueux des feuilles de <i>S. elaeagnifolium</i> ( <b>A :</b> Temps d'exposition ; <b>B :</b> Concentrations utilisées).....	59
<b>Tableau 19 :</b> Paramètres toxicologiques des extraits aqueux des feuilles de <i>S. elaeagnifolium</i> ( <b>A :</b> Temps d'exposition ; <b>B :</b> Concentrations utilisées).....	61

# INTRODUCTION



### 1. 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, 1975). La conservation de la biodiversité passe obligatoirement par une parfaite connaissance de la distribution de la faune et de la flore.

Les moustiques sont des insectes qui appartiennent à la famille des Culicidae, classée dans l'ordre des Diptères et du sous-ordre des Nématocères, la famille des Culicidés se subdivise en trois sous-familles les Taxorhynchitinae, les Anophelinae et les Culicinae (Brunhes *et al.*, 1999).

Les moustiques soit à l'état larvaire soit à l'état adulte font partie de plusieurs chaînes alimentaires, ils forment une abondante source d'énergie pour de nombreuses espèces de prédateurs tant en milieu aquatique que terrestre. Les adultes sont considérés comme des proies pour des batraciens, des reptiles, d'oiseaux et des chauves-souris. Les larves des moustiques s'alimentent de très petites particules de matière organique morte, dans les eaux stagnantes puis se transforment en moustiques adultes qui sont dévorés par divers prédateurs terrestres ce sont des détritivores qui interviennent dans la chaîne des saprophages et jouent aussi un rôle considérable dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques d'eau stagnante (Bourassa, 2000 ; Coldrey et Bernard, 1999).

Depuis leur apparition il y a 245 millions d'années, les moustiques ont colonisé tous les milieux, de l'équateur aux cercles polaires. Le fait de pouvoir se déplacer en volant, leur grande capacité de reproduction ainsi que leurs facultés d'adaptation exceptionnelles leur permettent de vivre dans la plupart des environnements naturels ou créés par l'homme (Darriet, 2014).

La faune de Culicidae se répartie dans les régions méditerranéennes, en Amérique, en Inde, en Europe septentrionale, en Europe méditerranéenne, en Asie et à Madagascar (Senevet et Andarelli, 1963). En France, la faune culicidienne est d'une vaste répartition, elle comprend 7 genres et 54 espèces représentées par les espèces montagneuses, les espèces méditerranéennes et nordiques (Rageau et Adam, 1952). Au Maroc, 50 espèces de moustiques reparties entre 7 genres et 15 sous genre ont été signalées depuis le début de ce siècle, dix d'entre elles sont restées douteuses ou signalées d'une manière incertaine: *Aedes pullatus*,

*Aedes vittatus*, *Anopheles hyrcanus*, *Anopheles gambiae*, *Culex apicalis*, *Culex duttoni*, *Culex Fatigans*, *Culex Territans*, *Culiseta litorea* et *Culiseta morsitans* (Trari *et al.*, 2002).

En Algérie, 50 espèces des Culicidés de 6 genres différent sont regroupés dans les sous- familles des Anophelinae et des Culicinae (Hassaine, 2002). *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* représentent les espèces de moustiques les plus importantes (Boudjelida *et al.*, 2008). Les investigations faites sur les Culicidae se rapportent à leur bioécologie dans le Constantinois (Berchi, 2000), à Tlemcen (Hassaine, 2002), dans l'Algérois et Tizi Ouzou (Lounaci, 2003), (Bebba, 2004) dans la région de Oued-Righ, (Berrezig, 2007 ; Aouati, 2009 et Tahraoui, 2012) dans la région d'El-Kala, (Hamaidia, 2004) dans les régions de Souk-Ahras et Tébessa ainsi que (Benhissen, 2016) dans la région de Ouled Djelal.

De nombreux insectes peuvent transmettre des maladies. Parmi ceux-ci, les moustiques sont les plus redoutables tants par leur abondance que par les maladies qu'ils transmettent. Ils sont vecteurs du paludisme, des filarioses lymphatiques et d'arboviroses telles que la fièvre jaune, la dengue, les encéphalites virales (Coosemans et Van Gompel, 1998) et la peste équine (Rioux, 1958). Ces caractéristiques donnent à cette faune une importance et un intérêt sanitaire de premier plan (Louah *et al.*, 1995).

En Algérie il y a quelques alertes a été lancée par les responsables de la santé comme le signalement en 2016 de la présence du moustique tigre dans plusieurs quartiers de la capitale, le comité national des arboviroses s'est mis en état d'alerte pour suivre l'évolution de la situation (Benhissen *et al.*, 2018).

Dans les campagnes de lutte anti-moustique, les matières actives des insecticides utilisés appartiennent surtout aux pyréthrinoïdes. Ces préparations bien qu'elles se soient révélées très efficaces sur les moustiques culicidés présentent plusieurs inconvénients. En effet, en plus de leur coût élevé, elles peuvent être à l'origine de divers problèmes environnementaux (Barbouche *et al.*, 2001), l'accumulation significative de matières actives dans les écosystèmes traités aquatiques et terrestres est un problème de pollution. Par ailleurs, les substances actives des produits utilisés présentent un large spectre d'action et n'épargnent pas les organismes non cibles. À tous ces inconvénients s'ajoute aussi un grand problème de développement de résistance aux insecticides chimiques, chez les insectes traités (Georghiou *et al.*, 1975 ; Sinegre *et al.*, 1977).

Pour assurer une meilleure intervention, tout en préservant au maximum le milieu naturel, de nouvelles méthodes préventives ainsi que de nouveaux produits sont constamment recherchés. Ainsi, pour contribuer à une gestion durable de l'environnement, la mise en place de nouvelles alternatives de contrôle des moustiques est davantage encouragée (Acheuk *et al.*, 2017).

L'utilisation des extraits de plantes comme insecticides est connue depuis longtemps, (Crosby *et al.*, 1966). D'après Jacobson (1989), plus de 2 000 espèces végétales possédant une activité insecticide sont déjà identifiées. Récemment, la liitière de l'aulne, plante riche en polyphénols s'est révélée être douée de propriétés toxiques importantes vis-à-vis des larves des moustiques *Culex pipiens*, *Aedes aegypti* et *Aedes albopictus* (David *et al.*, 2000).

Certaines familles riches en alcaloïdes et autres composés organiques sont des sources intéressantes d'insecticides naturels (*Rubiaceae*, *Papilionaceae*, *Simaroubaceae*, *Euphorbiaceae*, *Solanaceae* notamment), peu d'entre eux ont joué un rôle important dans la lutte antivectorielle à part la roténone et la nicotine (Monteny, 1990).

Dans plusieurs travaux, les propriétés insecticides de certaines plantes ont été démontrées sur les larves d'insectes. Les travaux de Aouinty *et al.* (2006) sur les larves de quatre moustiques culicidés à savoir *Culex pipiens*, *Aedes caspius*, *Culiseta longiareolata* et *Anopheles maculipennis* testant l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) et ceux de Benhissen *et al.* (2019) avec *Ruta chalepensis* L. (*Rutaceae*) et de Sayah *et al.* (2014) avec les extraits de plantes aromatiques ont confirmé l'efficacité insecticide des extraits de ces plantes sur des larves de culicidés.

L'étude des peuplements culicidiens de la région de Batna n'a été jamais abordée sur le plan écologique, biologique et systématique. Il reste donc à l'évidence à étudier les aspects écologiques des peuplements dans cette région par l'étude des variations spatio-temporelles, du développement et de la phénologie du peuplement Culicidien.

Le premier objectif de ce travail est d'inventorier les espèces culicidiennes d'une manière plus vaste par des prospections dans plusieurs localités de la région de Batna au niveau des milieux différents urbain et rurale. Ceci nous permettra de connaître la composition faunistique de la région, de recueillir et d'enregistrer des renseignements sur les

vecteurs, leurs habitats et les conditions qui favorisent leur multiplication à l'intérieur d'une zone donnée.

Deuxièmement, dans le cadre de la valorisation de la flore Algérienne, nous sommes focalisé sur une étude dans le but de déterminer principalement dans le laboratoire, la toxicité des extraits aqueux des feuilles de six plantes appartenant aux trois familles botanique dont les *Asteraceae* sont présentées essentiellement par les espèces *Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia* et *Xanthium strumarium*, la famille des *Solanaceae* avec deux espèces *Datura stramonium* et *Solanum elaeagnifolium* et les *Lamiaceae* présenté par *Salvia verbinaca* sur les larves (L4) de moustique *Culiseta longiareolata*.

Le document présenté comprend en générale, une partie expérimentale contenant des informations sur le modèle biologique étudié et les plantes utilisées, la région et les sites choisie pour l'étude, le matériel ainsi que la méthodologie de travail, en plus des résultats obtenus qui sont discutés et enfin une conclusion finale avec certains recommandations.

MATÉRIEL  
ET  
MÉTHODES



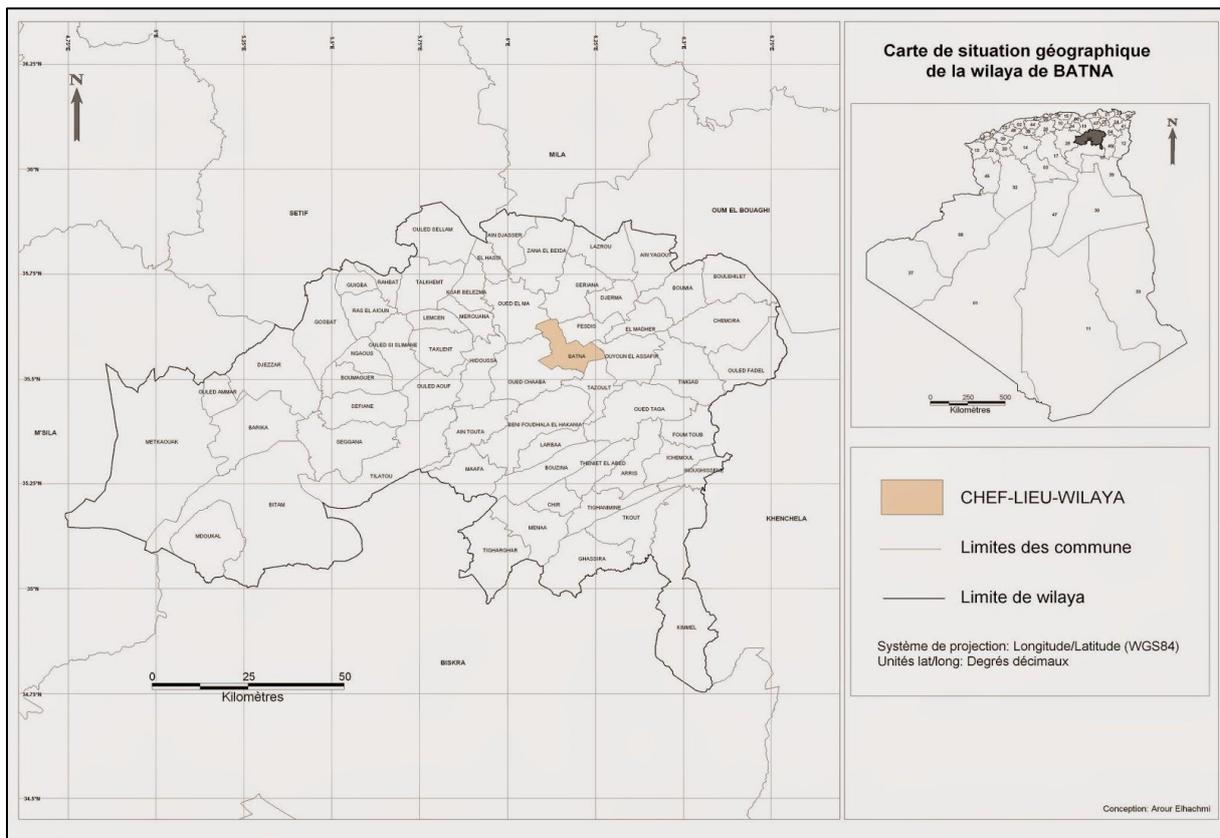
## 2. Matériels et Méthodes

### 2.1. Présentation de la région d'étude

#### 2.1.1. Présentation géographique de la wilaya de Batna

La wilaya de Batna est située au Nord-Est de l'Algérie dans la région des Aurès. Elle se localise à 410 Km d'Alger et s'élève à plus de 900 m du niveau de la mer. Elle est délimitée au Nord par la wilaya de Mila, au Nord-Est par la wilaya d'Oum El Bouaghi, à l'Est par la wilaya de Khenchela, au Sud par la wilaya de Biskra, à l'Ouest par la wilaya de M'Sila et au Nord-Ouest par la wilaya de Sétif (DRC, 2017). Elle s'étend sur une superficie de 12 038,76 km<sup>2</sup>. Batna, le chef - lieu de la wilaya se trouve à 425 km à l'Est de la capitale, elle compte 21 daïras et 61 communes (Aurès, 2013).

Le territoire de la wilaya de Batna s'inscrit presque entièrement dans l'ensemble physique constitué par la jonction de deux Atlas (Tellien et Saharien), ce qui représente la particularité physique principale de la wilaya et détermine, de ce fait, les caractères du climat et les conditions de vie humaine (DRC, 2017).



**Figure 1:** Limites administratives de la Wilaya de Batna (ANIREF, 2011).

### 2.1.2. Relief

D'après l'annuaire économique et social (Aurès, 2013), la wilaya de Batna présente une structure physique très hétérogène. Elle est pratiquement composée de trois régions naturelles distinctes:

*Les hautes plaines telliennes* : 2934 km<sup>2</sup> (24% de la superficie totale de la wilaya).

*La zone montagneuse* : 5340 km<sup>2</sup> (45% de la superficie totale de la wilaya). L'altitude oscille entre 700 et 2326 m (Djebel Chélia). L'enneigement est persistant (15 jours à Arris à 1100 m d'altitude).

*Les hautes plaines steppiques* : 3764 Km<sup>2</sup> (31% de la superficie de la wilaya), encadrées au Nord par les monts du Hodna, à l'Est par les Monts du Belezma et Djebel Metlili et au Sud par le versant Nord des Monts du Zab (Djebel Ammar- Bouzokhma). L'altitude moyenne est inférieure à 500 m. Les précipitations sont inférieures à 300 mm. Cette région peut être elle-même scindée en trois zones: la zone des glaciers immédiatement en contrebas des reliefs montagneux (N'Gaous – El Djezzar – Sefiane – Boumagueur et Gosbat) ; la plaine du Hodna (M'Doukal – Barika – Bitam – Ouled Ammar) et la zone des Chotts (Azil Abdelkader).

### 2.1.3. Climat

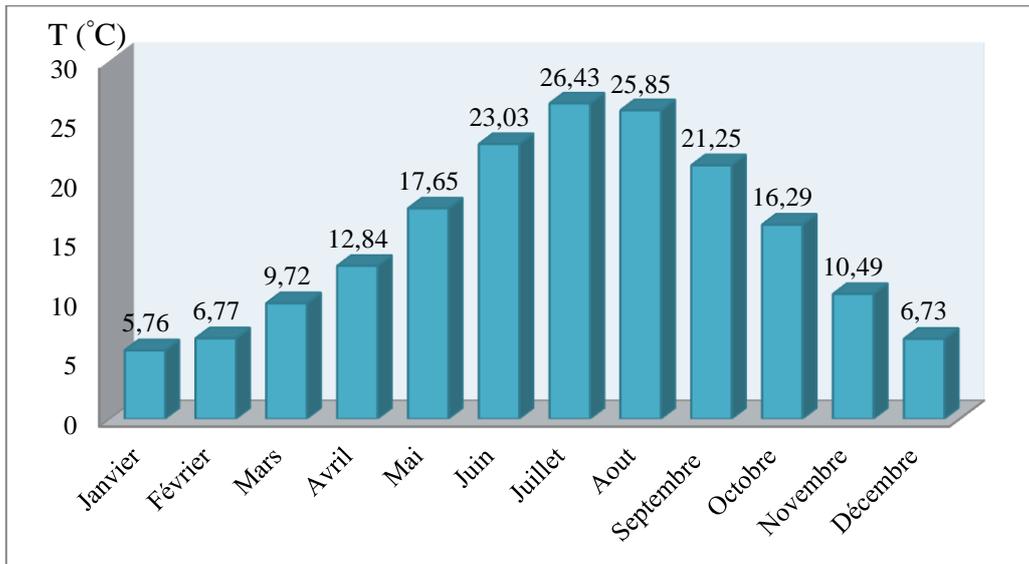
La connaissance de l'ensemble des paramètres climatiques demeure d'une première importance en biologie et en écologie, les différentes composantes du climat agissent sur la répartition et le développement des espèces (Dajoz, 1975).

Les données climatiques exploitées afin de caractériser le climat de la région d'étude ont été recueillies au niveau de la station météorologique de la wilaya de Batna (Ain Skhouna), qui se situe au niveau de l'aéroport à une altitude de 827 m, à 35° 43' de latitude Nord et 6° 21' de longitude Est, avec comme période d'observation celle allant de 1985 à 2018 (in Belloula, 2020).

#### a. Température

La température est l'un des éléments importants du climat. Elle conditionne la répartition des êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1984). Très souvent, ce sont les températures extrêmes plutôt que les moyennes qui jouent le rôle essentiel (Dajoz, 1985).

Les températures caractérisant la région d'étude, calculées sur 33 ans sont représentées dans la figure 2.

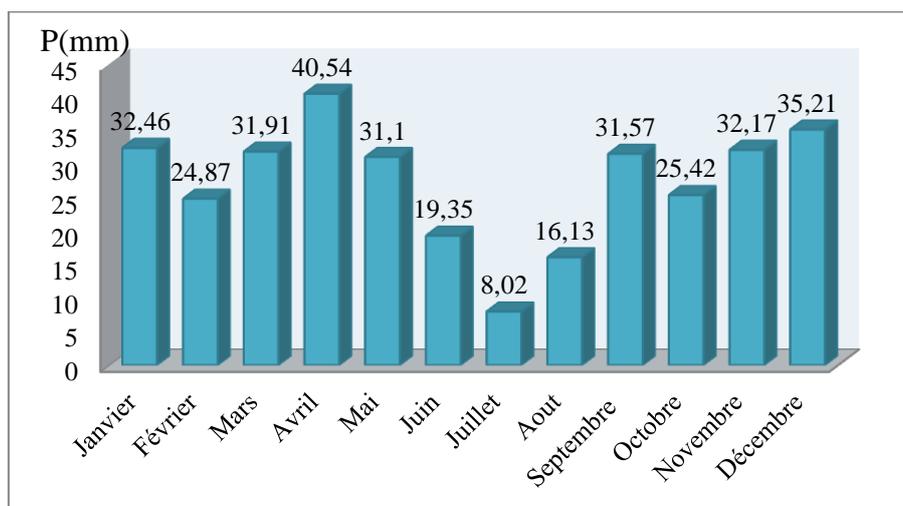


**Figure 2:** Répartition des températures moyennes mensuelles en °C (Station météorologique de Batna, 2018 in Belloula, 2020).

Les températures moyennes mensuelles enregistrées durant la période 1985-2018, un maximum de 26,43°C au mois de juillet. Le minimum des températures moyennes 5,76°C est enregistré au mois de Janvier (Fig. 2).

**b. Pluviométrie**

Les précipitations de la région de Batna calculées durant la période allant de 1985 à 2018 sont reportées ci-dessous (Fig. 3).



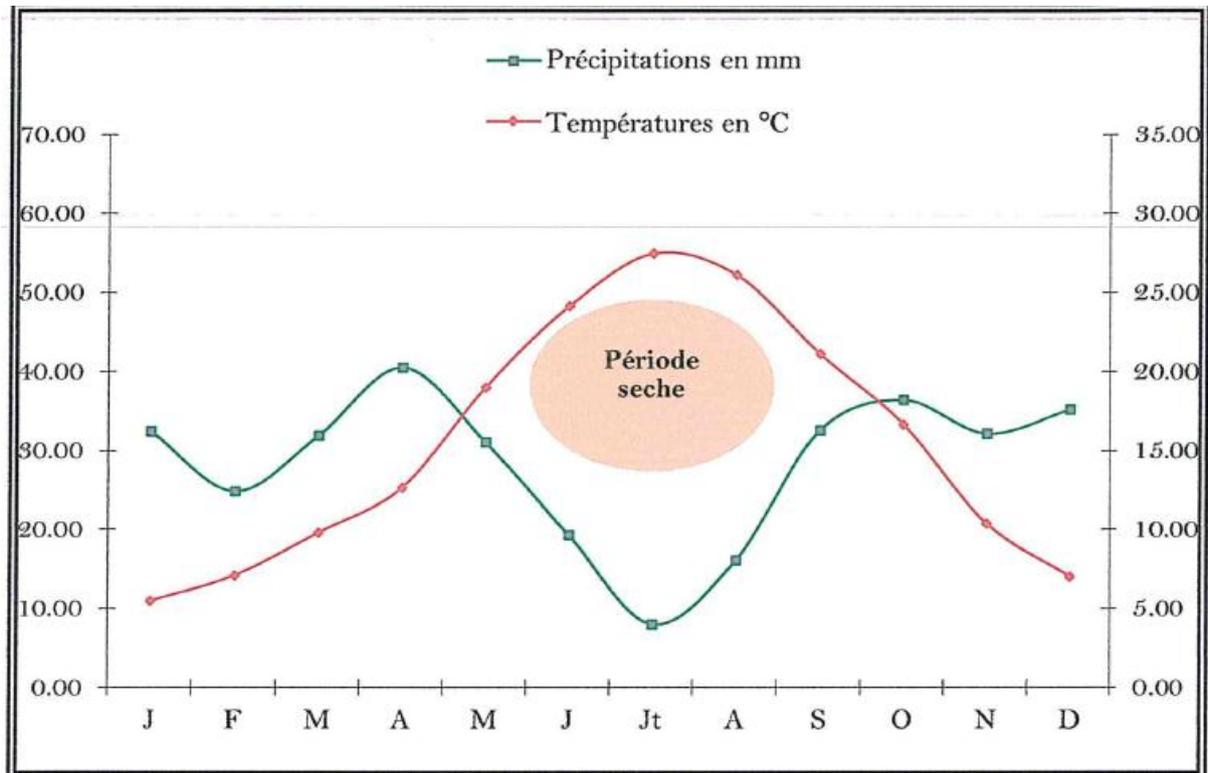
**Figure 3:** Répartition des précipitations moyennes mensuelles en mm dans la période allant de 1985 à 2018 (Station météorologique de Batna, 2018 in Belloula, 2020).

La pluviométrie moyenne mensuelle calculée disponible à la station météorologique d'Ain Skhoua (Batna) est de 328,75mm avec la valeur la plus basse 8,02mm observée dans le mois de Juillet.

**c. Diagramme ombrothermique de Gaussen**

Bagnouls et Gaussen 1953 cité par Belloula, 2020 considèrent qu'un mois est sec quand le total des précipitations exprimées en millimètre est égal ou inférieur au double de la température moyenne exprimé en degré celsius ( $P = 2T$ ).

Le tracé du diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen à partir des données climatiques de la station d'étude montre une période sèche qui s'étale sur presque cinq mois à partir de Mai jusqu'au mois d'Octobre (Fig. 4).



**Figure 4:** Diagramme ombrothermique de Gaussen (Batna, 1985-2018) in Belloula, 2020.

**d. Climmagramme d'Emberger**

Afin de caractériser l'étage bioclimatique de la région de Batna, nous avons calculé le quotient pluviométrique d'Emberger ( $Q_2$ ) sur une période de 33 ans (1985 à 2018) avec la formule de Stewart (1974) in Azoui, 2017.

$$Q_2 = 3,43 * P/M-m$$

Où

$Q_2$ : le quotient pluviométrique d'Emberger ou coefficient d'aridité.

P : Précipitations moyennes annuelles (mm) = 328,75 mm

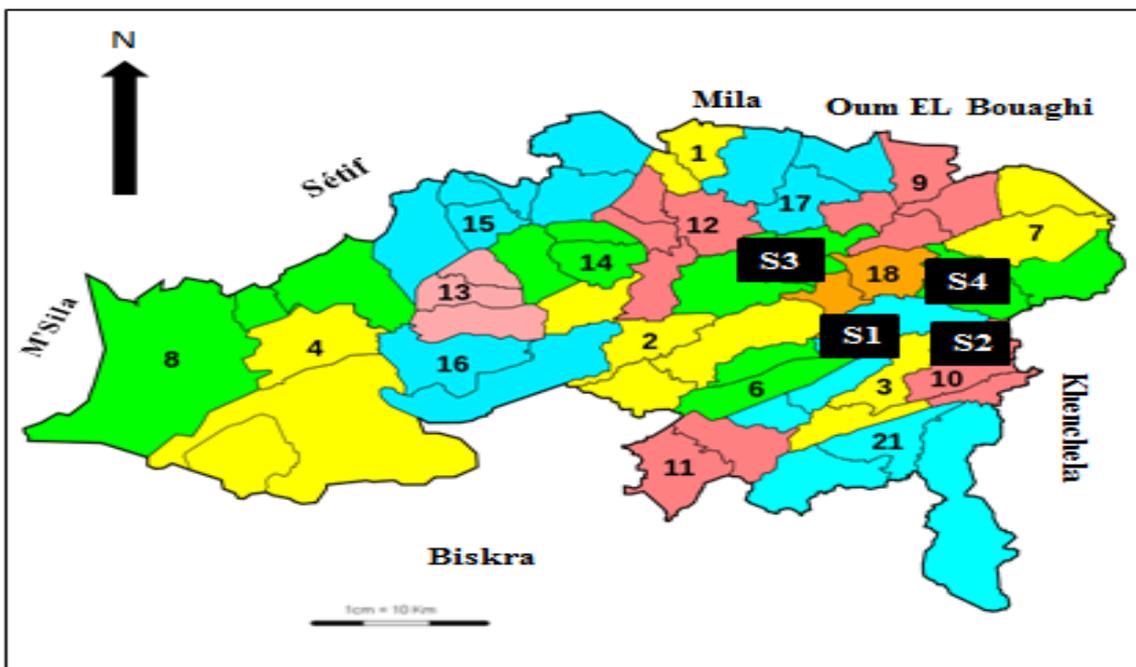
M : Température moyenne maximale du mois le plus chaud = 34,5 °C

m : Température moyenne minimale du mois le plus froid = 0,3 °C

La valeur  $Q_2 = 32,97$  calculée pour la période allant de 1985 à 2018 et rapportée sur le diagramme d'Emberger a permis de classer notre région d'étude dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais in Belloula, 2020.

#### 2.1.4. Localisation et description des sites d'étude

Les sites sélectionnés pour la présente étude sont au nombre de 4 sites localisés au niveau de la wilaya de Batna dans différentes communes : Timgad, Oued Taga, Batna et Foug Toub (Fig. 5).



**Figure 5:** Localisation des sites d'étude prospectés (S1 : Dhraa Aissi, S2 : Foug Toub, S3 : Parc à Fourrage et S4 : Timgad) (Détermination personnelle des sites d'étude).

Les prélèvements des échantillons des stades pré-imaginaux des moustiques sont effectués à partir des collections d'eau choisies. Les sites larvaires sont classés en fonction de l'habitat urbain (centre-ville) et rural (en retrait de toute agglomération humaine) (Tab.1).

**Tableau 1 :** Principale caractéristiques des sites choisie dans la région de Batna.

Site	Latitude (N)	Longitude (E)	Milieu	Caractère	Nature	Eau
<b>Dhraa Aissi(S1)</b>	35°46'63,59"N	6°31'70,44"E	Urbain	Bassin	Permanant	Pu
<b>Foum Toub (S2)</b>	35°41'52,44"N	6°58'64,83"E	Rural	Puits	Permanant	Pu
<b>Parc à Fourrage (S3)</b>	35°54'10,97"N	6°18'59,13"E	Urbain	Mare	Permanant	P/R
<b>Timgad (S4)</b>	35°49'72,35"N	6°46'58,82"E	Rural	Mare	Permanant	P/R

(Pu: Puits, R: Roulement, P: Pluits).

**a. Site de Dhraa Aissi (S1) :**

Le site choisi dans la commune de Oued Taga, se situe à 32 km de l'est de Batna, le site est un bassin en ciment ouvert au sein d'un nouveau projet d'une pépinière qui sert au stockage de l'eau d'irrigations. Ce bassin est d'une superficie de 20 m<sup>2</sup> et d'une profondeur de 1,5 m (Fig. 6).



**Figure 6:** Site de Dhraa Aissi (S1) (Photo personnelle).

**b. Site de Foum Toub(S2):**

Le deuxième site se localise dans la commune de Foum Toub (daïra d'Ichemoul), située à 49 km au sud-est de Batna, à 68 km à l'ouest de Khenchela et à 119 km au nord-ouest de Biskra.

C'est un puits traditionnel qui se trouve au niveau d'un verger de pommier abandonné. Le puits se caractérise par la présence des débris des végétaux et les eaux sont de mauvaise odeur (Fig. 7).



**Figure 7 :** Site de Foum Toub (S2) (Photo personnelle).

### c. Site de Parc à Fourrage (S3) :

Pour ce site se trouve dans la commune de Batna au Nord de centre-ville, est une mare embraillée avec une eau très polluée sa couleur du vert au noir et d'une mauvaise odeur. Le couvert végétal y est présente aux milieux et en bordure de site et constitué de mauvaises herbes et de quelques algues (Fig. 8).



**Figure 8 :** Site de Parc à Fourrage (S3) (Photo personnelle).

### d. Site de Timgad (S4) :

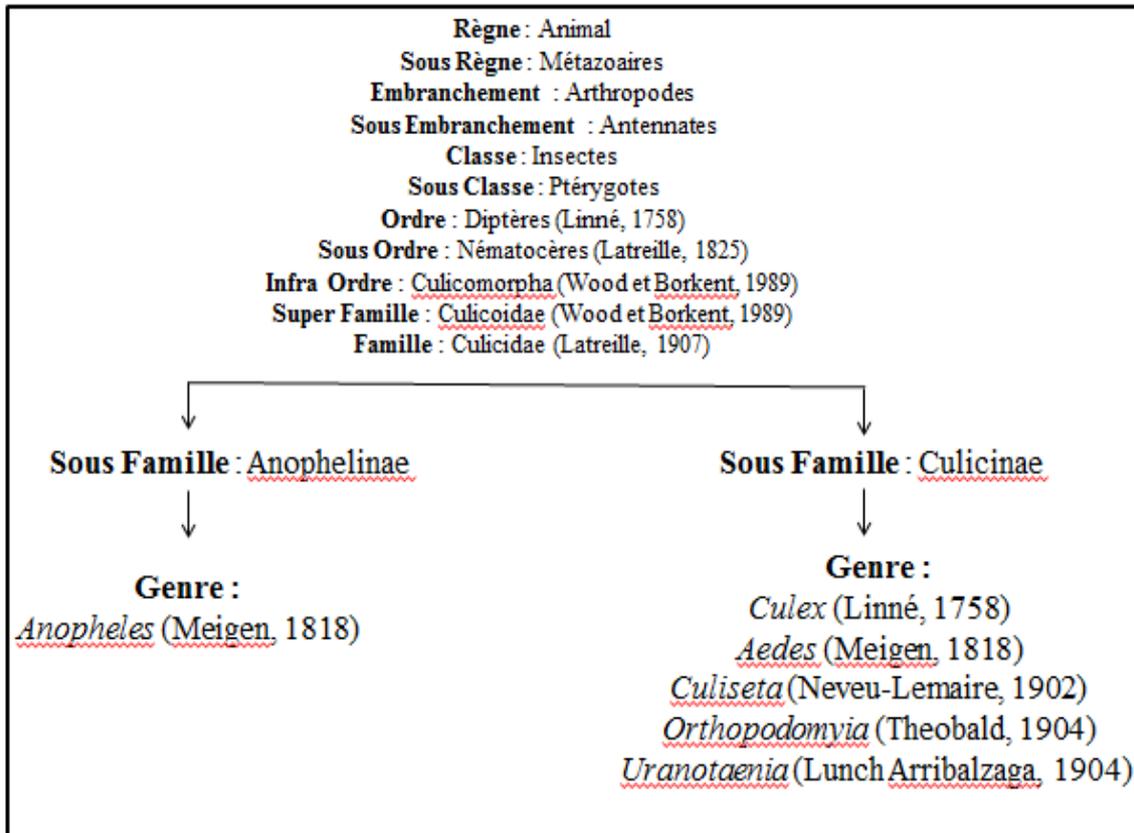
Ce dernier site existe dans la région de Timgad s'éloignée avec 42 Km de chef-lieu de Batna, est une mare qui se trouve dans un oued, il est embraillé et les eaux sont claires avec la présence de la végétation (Fig. 9).



**Figure 9** : Site de Timgad (S4) (Photo personnelle).

### 2.2. Culicidae :

Les Culicidés ou les moustiques sont des insectes qui appartiennent au sous ordres des Nématocères, à la famille des Culicidae qui se divise en trois sous familles : les *Taxorhynchitinae*, les *Anophelinae* et les *Culicinae* (Knight et Stone, 1977). Selon le plus récent classement la famille des Culicidae comprend 2 sous – familles, 11 tribus, 111 genres et 3528 espèces de la faune du monde (Banafshi *et al.*, 2013). En Algérie, 50 espèces des culicidés de 6 genres différent sont regroupés dans les sous- familles des Anophelinae et les Culicinae (Hassaine, 2002) (Fig. 10).



**Figure 10:** Systématique générale des Culicides présents en Algérie (Berchi, 2000).

Les Culicidés répandus et communs au voisinage des eaux ils volent en été le soir, le matin et par ciel couvert. Ce sont des insectes à développement holométabole dont le cycle de vie comprend les stades : Œufs, larves, nymphes et adultes (Cléments, 2000), le cycle vital est souvent court, chez certaines espèces le développement larvaire dure moins de deux semaines (Tachet *et al.*, 2010). Les œufs, larves et les nymphes vivent dans l'eau mais respirent en surface ; tandis que les adultes ont une vie terrestre. Dès son émergence, la femelle cherche une victime dont elle puisse sucer le sang ; sans cette nourriture, ses œufs ne peuvent pas se développer (Dierl, 1979). Les moustiques trouvent leurs victimes grâce à leur odorat et à un organe sensible à la chaleur qui perçoit l'air chaud dégagé par le corps des mammifères, alors que les mâles sucent uniquement du nectar (Dierl, 1979).

### 2.2.1. Morphologie des Culicidae

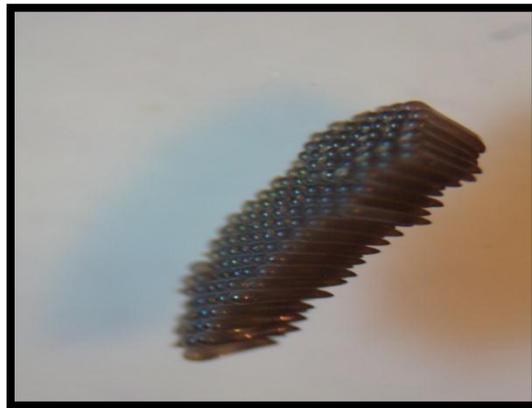
Selon Cléments (2000), toutes les espèces de moustiques sont des insectes à métamorphose complète ou holométabole c'est-à-dire que la larve ne ressemble pas à l'adulte. Ils ont au cours de leur cycle de vie une première vie aquatique (les stades immatures) puis après la métamorphose une vie aérienne (les adultes).

Les moustiques sont des insectes suivant un cycle de métamorphose complète passant par le stade d'œuf, de larve et de nymphe pour enfin aboutir à l'adulte (Carnevale et Robert, 2009).

#### a. Les œufs

Les œufs sont pondus dans l'eau, claire en général, mais on les trouve également dans les eaux polluées, avec des matières organiques qui permettront aux larves de se nourrir, ils sont déposés en paquets formant une nacelle qui flotte sur l'eau, cette nacelle mesure 3-4 mm de long et 2-3 mm de large, l'éclosion se produit environ 24h à 48h après l'oviposition (Kettle, 1995).

L'œuf des moustiques est généralement fusiforme, au moment de la ponte, il est blanchâtre et prend rapidement, par oxydation des composants chimiques de la thèque, une couleur marron ou noire (Berchi, 2000) (Fig. 11).



**Figure 11** : Vue générale d'un œuf de moustique (Brumpt ,1936).

#### b. Les larves

D'aspect vermiforme, son corps se divise en trois segments : tête, thorax trapu dépourvu d'appendices locomoteurs ce qui ne signifie pas qu'elle soit immobile et abdomen souple, sa taille varie de 2 à 12 mm en moyenne en fonction des stades et des espèces, son

extrémité caudale est munie d'un siphon ou tube respiratoire (dans le prolongement de l'abdomen) affleurant à la surface de l'eau, ce tube est muni de 5 clapets qui s'ouvrent sur deux orifices pour l'air pénétrer à l'intérieur quand la larve monte à la surface de l'eau, et se rabattent quand elle gagne les profondeurs (Kettle, 1995).

Elles se nourrissent de bactéries et de plancton ce qui leur prend 95% de leur temps, Elles sont mobiles et respirent grâce à leur siphon respiratoire. Pour respirer, les larves des Culicinés se tiennent obliquement par rapport à la surface de l'eau, tête en bas. Elles peuvent se déplacer par mouvements saccadés grâce à de brusques contractions de leur corps (Urquhart *et al.*, 1996) (Fig. 12).



**Figure 12 :** Vue générale d'une larve de moustique (Gr X40) Photo personnelle.

### c. La nymphe

La tête et le thorax fusionnent pour donner un céphalo-thorax sur lequel on trouve deux trompes qui permettent à la nymphe de respirer, sa forme globale rappelle celle d'un point d'interrogation. Les orifices anal et buccal étant bouchés car elle ne se nourrit pas, ses palettes natatoires situées sur l'abdomen lui permettent de se déplacer (Andreo, 2003 ; Cachereul, 1997). Si elle est dérangée, elle plonge vers le fond pour échapper aux prédateurs (Pihan, 1986) (Fig. 13).



**Figure 13:** Vue général d'une nymphe de moustique (Gr X40) Photo personnelle.

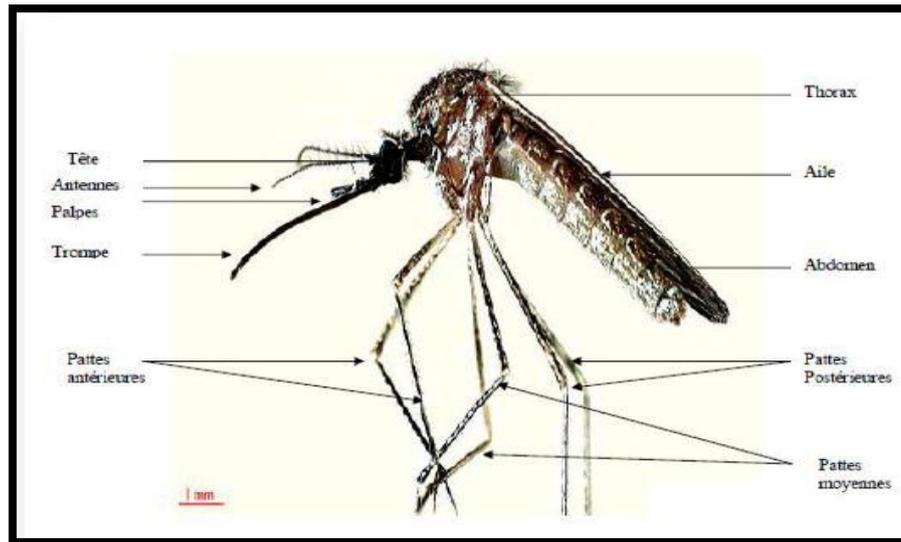
### d. Les adultes

Les adultes sont caractérisés par la présence d'une seule paire d'ailes qui correspond aux ailes antérieures les ailes postérieures sont transformées en organe d'équilibration : le balancier, l'appareil buccal est de type piqueur, les adultes peuvent constituer une source de nuisance parce qu'il appartiennent à des groupes dont les femelles ont un régime hématophage (tachet *et al.*,2010) (Fig. 14).

**La tête :** porte deux grands yeux composés et une paire d'antennes formant un V dirigé vers l'avant, les antennes des femelles sont discrètes et ornées d'un petit nombre de soies courtes, celles des mâles sont plumeuses, touffues et munies de soies longues. Elle porte aussi une longue «trompe » ou proboscis caractéristique, celle de la femelle est allongée et presque droite. Elle comporte six pièces buccales très effilées, dont quatre sont des stylets fins et pointus capables de percer l'épiderme des vertébrés. Ce proboscis permet à la femelle de piquer et d'aspirer le sang alors que les pièces buccales du mâle qui ne pique pas sont moins rigides et réduits (Seguy, 1950) (Fig. 14).

**Le thorax :** compose de trois segments soudés (le prothorax, le mesothorax et le metathorax), il porte les ailes et les pattes, en arrière des ailes se trouvent les balanciers, qui sont de petits organes sensoriels oscillatoires servant au contrôle du vol (Bussieras et Chermette, 1991 ; Cachereul, 1997) (Fig. 14).

**L'abdomen :** du Culicide est allongé et beaucoup plus étroit que son thorax, il est formé de dix segments mais seuls les huit premiers sont différenciés et visibles extérieurement, ils sont composés chacun d'une plaque chitineuse dorsale le tergite et d'une plaque ventrale ou sternite. La localisation des écailles et leur disposition sur les tergites abdominaux aident à déterminer les espèces. Les deux derniers segments sont modifiés pour les fonctions reproductrices (Berchi, 2000) (Fig. 14).



**Figure 14** : Aspect général d'un Culicidé adulte (Brunche *et al.*, 2000).

### 2.2.2. Biologie des Culicidae

#### a. L'accouplement

L'accouplement des moustiques a lieu en vol ou dans la végétation ; chez les Nématocères, il s'effectue la nuit chez les formes solitaires, les Culicidés mâles s'appliquent contre les femelles ventre à ventre et les deux insectes continuent à voler ensemble. La fertilisation est rapide mais exige une température d'au moins 20°C. Un seul mâle peut s'accoupler avec plusieurs femelles à intervalles plus ou moins rapprochés (Seguy, 1950).

Afin de se reproduire, une femelle moustique n'a généralement besoin d'être fécondée que par un seul mâle. En effet, la spermathèque, la poche dans laquelle sont stockés les spermatozoïdes, permet de conserver le sperme. Suite à l'accouplement, la femelle doit effectuer un premier repas de sang qui fournira les nutriments de base nécessaires à la maturation des œufs (Goulu, 2015).

#### b. L'oviposition

Après avoir absorbé du sang, la femelle se pose dans un endroit abrité pour digérer son repas. Quelques jours plus tard, selon l'espèce, elle pond dans différents milieux aquatiques ou sur le sol humide, les œufs sont déposés sur substrat humide des creux d'arbre dans le cas des espèces dendrotelmes. De 50 à 300 œufs sont pondus en quelques heures ou en plusieurs jours, selon les espèces. Les œufs du genre *Aedes* sont pondus isolément et doivent subir une période de dessiccation avant d'éclore (Rioux, 1958).

### c. L'éclosion des œufs

Quelle que soit l'espèce de moustique, l'œuf doit se trouver dans des conditions idéales pour pouvoir éclore généralement en 48 heures. Une diminution de la température ou du taux d'humidité peut entraîner des délais d'éclosion. Ainsi, l'éclosion des œufs d'*Aedes Albopictus* sont capables de rentrer en diapause le temps que les conditions soient de nouveau favorables (Bonizzoni *et al.*, 2013).

Les larves se déplacent de façon active par saccades à la surface de l'eau ou au fond de l'habitat larvaire ; elles se nourrissent de micro-organismes, d'algues, de protozoaires, d'invertébrés et de détritits (Cléments, 2000 ; Becker *et al.*, 2010). Parmi les stades aquatiques, seules les larves se nourrissent. Elles sont voraces, parce qu'elles ont besoin d'une alimentation abondante pour se développer. Les larves ont une croissance discontinue et subissent 4 mues. La dernière donne une nymphe (Cléments, 1999).

### d. La nymphose

Lorsqu'elle a terminé sa croissance, la larve devient moins active et se transforme en nymphe ou puppe, celle-ci beaucoup plus trapue que la larve a la forme d'une virgule, la nymphe est active mais elle arrive de rester immobile juste sous la surface de l'eau, absorbant l'air par ses tubes respiratoires (Pihan, 1986). La nymphe vit 2-3 jours dans l'eau le temps que s'opèrent de profondes modifications anatomiques puis elle entame sa mutation en s'immobilisant à la surface de l'eau. La métamorphose s'accomplit en 1-2 jours si la température est suffisamment élevée (Wall et Shearer, 1992).

### e. L'émergence

Selon Bussieras et Chermette (1991) et Kettle (1995), quand l'adulte est complètement formé dans son enveloppe nymphale, l'insecte reste en surface et commence à respirer, le tégument se dessèche alors au contact de l'air et il se forme une déchirure en T sur sa face dorsale sous l'effet de l'augmentation de la pression interne. L'imago se dégage progressivement en se gonflant d'air pour s'envoler après un temps nécessaire au déplissage des ailes et des pattes (par augmentation de la pression de l'hémolymphe).

### 2.3. Inventaire et identification des Culicidae

#### a. Technique de récolte

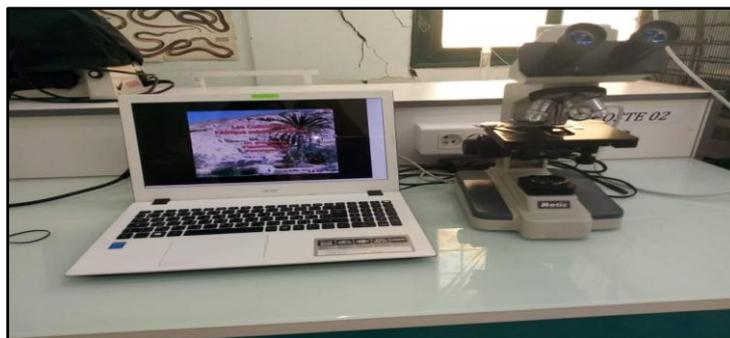
L'étude a été réalisée entre Mai 2017 et Janvier 2020 dans les quatre sites décrits précédemment. Ces derniers ont été choisis en fonction de leur localisation et de la présence des larves. L'échantillonnage des larves se fait en utilisant la méthode de coup de louche «Dipping» (Rioux *et al.*, 1965). Cette méthode simple a priori, consiste à plonger une louche d'une capacité de 250 ml dans les gîtes larvaires. Concernant les puits, nous avons utilisé un seau d'une capacité connue (5 litres) et un corde.

#### b. Conservation et identification

Au laboratoire les échantillons des larves collectées de chaque stations, sont triés par stade larvaire et déposés dans de l'eau de l'élevage afin d'atteindre le 4<sup>ème</sup> stade de développement alors que les larves du L4 sont conservées dans de l'alcool éthylique à 70° pour une éventuelle préparation de lame pour l'identification des espèces de moustiques.

Les insectes (L4) sont mis dans une goutte de glycérine entre lame et lamelle puis observer sous microscope optique aux différents grossissements(X10, X40 et X100). Pour l'identification, nous avons utilisé les clés dichotomiques de (Himmi *et al.*, 1995), en se basant sur les critères morphologiques des larves tel que la longueur et l'ornementation des antennes, la forme générale de siphon respiratoire, la forme des épines préclypeale, le nombre des dents de mentum ...etc. Les résultats obtenus ont été par ailleurs confirmés grâce au logiciel d'identification des Culicidae de l'Afrique méditerranéenne (Brunhes *et al.*, 1999) (Fig. 15).

Dans la présente étude l'identification des Culicidae a été réalisé à l'aide de Dr. Benhissen S. de l'université de M'Sila.



**Figure 15** : Technique d'identification des moustiques (Photo personnelle).

## 2.4. Analyses des résultats issus de l'inventaire des Culicidae

### 2.4.1. Indices écologiques

Les méthodes d'analyse des données sont diverses et variées. Elles dépendent des méthodes d'échantillonnage et de l'objectif qu'on veut atteindre (Daget, 1976 ; Southwood, 1978) proposent pour l'étude des communautés animales, surtout celle des insectes, d'effectuer des analyses de la distribution d'abondance et des indices écologiques notamment de la diversité. C'est dans ce cadre que nous proposons d'exploiter nos résultats.

#### a. Les indices écologiques de Composition :

Les indices écologiques de composition employés sont la richesse spécifique, la richesse moyenne, la fréquence centésimale ou abondance relative et l'indice d'occurrence.

**Richesse totale (S)** : par définition, c'est le nombre d'espèces que compte un peuplement considéré dans un écosystème donné (Ramade, 1984). Elle représente un des paramètres fondamental de caractéristique d'un peuplement (Muller, 1985). Selon (Benyacoub et Chabi, 2000), la richesse est le nombre total d'espèces constatées au cours d'une série de n relevés dans un milieu. Pour la présente étude, la richesse totale est le nombre total des espèces obtenu à partir du nombre total des relevés.

**Richesse moyenne (Sm)** : qui correspond au nombre moyen d'espèces présentes dans les échantillons d'un peuplement étudié. La richesse moyenne (Sm) est d'une grande utilité dans l'étude de la structure des peuplements, elle correspond au nombre moyen des espèces contactées dans chaque relevé (Ramade, 1984). D'après (Blondel, 1979) la richesse moyenne est égale à :

$$S_m = \frac{\sum_{i=1}^R n_i}{R}$$

$n_i$  : nombre des espèces du relevé  $i$ .  
 $R$  : nombre total des relevés.

**Abondance spécifique et relative** : L'abondance spécifique d'une espèce est le nombre d'individus de cette espèce dans un milieu donné. L'abondance relative d'une espèce est le rapport de son abondance spécifique à l'abondance total (fréquence relative). Cette dernière correspond au nombre d'individus de toutes les espèces du peuplement à un moment donné. (Dajoz, 2000). Elle se calcule comme suit :

$$F(\%) = \frac{n_i \times 100}{N}$$

$n_i$  : nombre d'individus d'une espèce  $i$ .  
 $N$  : nombre total d'individus toutes espèces

**Constance ou indice d'occurrence** : La constance est exprimée par le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée par rapport au nombre total des relevés (Dajoz, 1982). La constance est calculée par la formule suivante :

$$C(\%) = \frac{P_i \times 100}{P}$$

$p_i$  : nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.  
 $p$  : nombre total des relevés effectués.

Selon la valeur de « C » on distingue cinq catégories d'espèces. On considère qu'une espèce est accidentelle si  $f_i < 25\%$ , accessoire si  $25\% \leq f_i < 50\%$ , régulière si  $50\% \leq f_i < 75\%$ , constante si  $75\% \leq f_i < 100\%$  et omniprésente si  $f_i = 100\%$ .

### b. Les indices écologiques de structure :

Les indices de structure montrent l'aspect qualitatif de l'entomofaune étudiée. Il s'agit de la diversité de Shannon-Weaver, de l'équitabilité, de l'indice de concentration.

**La diversité spécifique ( $H'$ )** : La diversité d'un peuplement exprime le degré de complexité de ce peuplement. Elle s'exprime par un indice qui intègre à la fois, la richesse du peuplement et les abondances spécifiques. Parmi les indices disponibles permettant d'exprimer la structure du peuplement, nous avons retenu celui de (Shannon et Weaver, 1949).

Il est donné par la formule :

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i \quad \text{où : } P_i = n_i / N$$

$n_i$  : Effectif de l'espèce  $i$ .

$N$  : Effectif total du peuplement.

$H'$  : est exprimé en bit.

Une valeur élevée de cet indice correspond à un peuplement riche en espèces dont la distribution d'abondance est équilibrée. A l'inverse, une valeur faible de cet indice correspond soit à un peuplement caractérisé par un petit nombre d'individus ou pour un grand nombre d'individus, soit à un peuplement dans lequel il y a une espèce dominante. Sa valeur varie de zéro (lorsqu'il y a une seule espèce) à «  $\log S$  » (logarithme décimal de la richesse totale) (lorsque toutes les espèces ont la même abondance).

**Équitabilité (E) :** des peuplements à physionomies très déferentes peuvent ainsi avoir la même diversité. Il est donc nécessaire de calculer parallèlement à l'indice de diversité, l'équitabilité.

$$E = H' / H \text{ max où : } H \text{ max} = \text{Log}_2 S$$

L'équitabilité varier de 0 à 1, elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce ; elle tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont une même abondance (Barbault, 1981).

**Concentration et uniformité :** Simpson (1949) a proposé un indice de concentration (C), qui donne la probabilité qu'un second individu tiré d'une population serait de la même espèce que le premier. Nous utiliserons cette formule dans l'exploitation de nos résultats.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

$n_i$  : nombre d'individus.

$N$  : nombre d'individus d'une espèce  $i$ .

A partir de cet indice de concentration, Greenberg (1956) propose une autre formule pour mesurer la diversité spécifique (D) ( $D = 1 - C$ ) dont « C » est la Concentration.

Selon Daget (1976), avec les indices de diversité, il est possible d'établir une comparaison de la structure des plusieurs peuplements et leur variation seulement dans l'espace.

### 2.4.2. Phénogramme et association des espèces de Culicidae dans la région d'étude

L'association des espèces animale définie si une espèce peut s'associer à différentes espèces selon les exigences écologiques de ces milieux (Maire et Aubin, 1980). C'est ainsi que nous avons pu appliquer la notion d'abondance-dominance (Guinochet, 1973).

Une bonne connaissance de la biologie et de la phénologie des espèces est nécessaire pour estimer le nombre de générations annuelles, les périodes de présence des larves et des adultes, de pics de populations et d'entrée et de sortie de diapause ... etc. La phénologie est l'étude des évènements saisonniers.

Dans cette étude nous avons déterminé l'association des différentes espèces de moustiques entre eux, comme on a établis le phénogramme de la répartition annuelle de ces espèces dans la région de Batna.

**2.4.3. Impact des facteurs écologiques sur la biodiversité**

La modification des conditions climatique et de milieu de vie notamment la température, précipitations, humidité, lumière journalière ainsi que les réserves d'eau stagnantes aurait un impact important sur les moustiques et les maladies qu'ils transmettent. En effet, ce changement climatique intervient sur la répartition, l'abondance, le comportement et la dynamique des populations de moustiques (Mourot, 2020). Dans ce contexte nous avons analysé l'effet de la répartition des sites et des saisons sur la composition de la faune culicidienne récoltée dans la région de Batna et ce à travers plusieurs testes (Trace de Pillai; Lambda de Wilks; Trace de Hotelling et Plus grande racine de Roy) qui sont pratiquées à l'aide de logiciel IBM SPSS statistics 22.

**2.5. Lutte biologique contre les moustiques**

**2.5.1. Présentation des plantes utilisées dans le traitement**

Les plantes testées ont été récoltées de différentes régions de l'Algérie, pour chacun d'elle la partie aérienne a été séchée à l'ombre dans un endroit sec et aéré à une température ambiante de 25°C pendant deux semaines. Les plantes utilisées sont regroupées dans le tableau 2.

**Tableau 2 : Espèces végétales utilisées.**

Famille botanique	Espèces de plantes utilisées	Région de récolte
<i>Asteraceae</i>	<i>Ambrosia maritima</i>	Bejaia (Algérie)
	<i>Hertia cheirifolia</i>	Bordj Bou Arreridj (Algérie)
	<i>Xanthium strumarium</i>	M'sila (Algérie)
<i>Solanaceae</i>	<i>Datura stramonium</i>	Skikda(Algérie)
	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	M'Sila (Algérie)
<i>Lamiaceae</i>	<i>Salvia verbenaca</i>	M'Sila (Algérie)

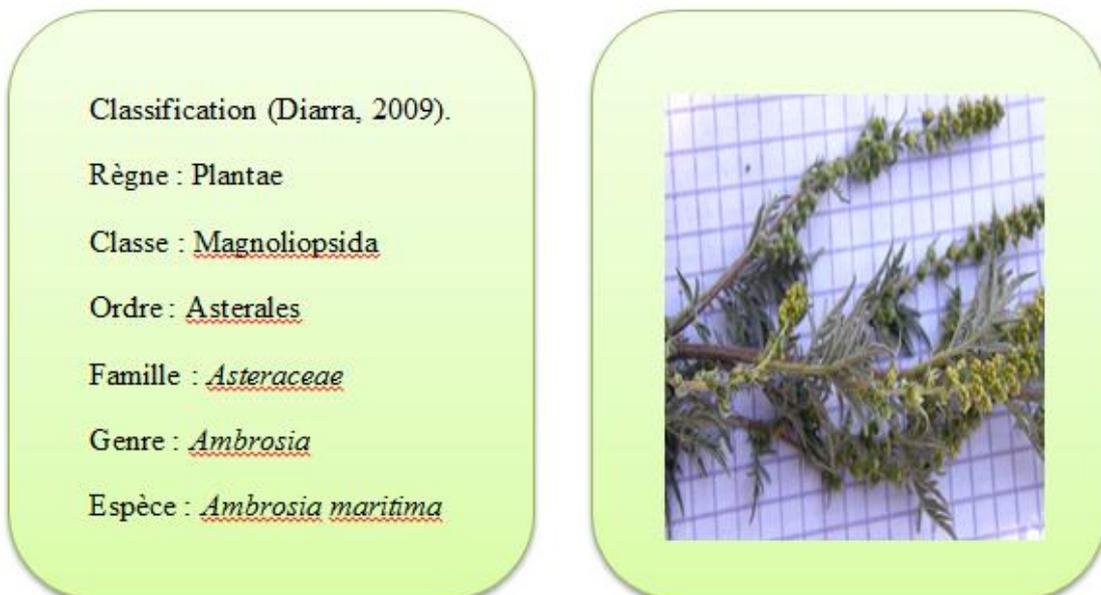
### 2.5.1.1. Famille des Astéracées

La famille des Astéracées est une importante famille qui comprend près de 23000 espèces (Barreda *et al.*, 2015) réparties en 1500 genres décrites (Harkati, 2011), dont la plupart des espèces sont surtout des plantes herbacées vivaces ou annuelles (Bremer *et al.*, 1994).

D'après Quézel et Santa (1963), la famille des Astéracées est la plus importante famille des plantes à fleurs est la plus vaste de notre territoire puisqu'elle renferme 408 espèces réparties en 109 genres. Trois espèces de cette dernière ont été utilisées dans la présente étude qui sont *Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia* et *Xanthium strumarium*.

#### a. *Ambrosia maritima*

L'ambrosie est un genre *Asteraceae* de plantes à fleurs, qui compte environ 40 à 45 espèces, et leur distribution géographique s'étend des États-Unis, du Mexique et de l'Amérique centrale à l'Amérique du Sud (Ciccio et Chaverri, 2015) (Fig.16).



**Figure 16 :** Aspect morphologique de *Ambrosia maritima* (Rebbas, 2011).

*Ambrosia maritima* de la famille des *Asteraceae* est une plante annuelle pubescente argentée, à feuilles alternes sur les tiges semi-ligneuses, hautes de 40 cm à 1 m. Les fleurs sont petites, vert jaunâtres, en épis terminaux plus ou moins ramifiés. Les fruits sont des akènes très petits, ovoïdes et lisses. Elle pousse sur des sols sablo-argilo-limoneux à inondation périodique (Diarra, 2009). *Ambrosia maritima* (Ambrosie maritime), est très

rameuse, munie de poils gris et de feuilles odorantes finement découpées (Buttenschon *et al.*, 2009).

*Ambrosia maritima* qui est utilisé dans notre travail a été récolté au mois d'Octobre dans la région de Bejaia(Algérie).

### b. *Hertia cheirifolia*

*Hertia cheirifolia* est une plante de la famille des *Asteraceae*, endémique en Algérie jusqu'à l'Atlas Saharien et en Tunisie en zone aride sur les talus. Le genre *Hertia* comprend deux espèces distribuées à travers le Nord et le Sud de l'Afrique et le Sud-Ouest de l'Asie (Akhgar *et al.*, 2012 ; Jakupovic *et al.*, 1989). Communément appelé Othonne ou Othonnopsis à feuilles de giroflée, Hémérocalle en français, Barbary Ragwort en anglais, Timerzou en berbère et localement il est appelé Khertchoun (Quezel et Santa, 1963) (Fig.17).



**Figure 17 :** Aspect morphologique de *Hertia cheirifolia* (Rebbas, 2017).

L'*Hertia cheirifolia* vivace aromatique se caractérise par des fleurs jaunes réunies en capitules jaunes citron, solitaires sur des pédoncules nus et élargis au sommet (Quezel et Santa, 1963) cet arbrisseau persistant touffu bas et rampant, d'environ 20 à 30 cm de hauteur, porte des feuilles spatulées charnues gris-vert, de 8 cm de longueur, alternes, sessiles (Burnie *et al.*, 2006) .Elle possède des tiges couchées à la base puis ascendante et se reproduisant par des graines (Quezel et Santa, 1963).

*Hertia cheirifolia* qui est utilisé dans notre travail a été récolté au mois de Mars dans la région de Bordj Bou Arreridj (Algérie).

### c. *Xanthium strumarium*

*Xanthium strumarium* très commun dans les zones modérées, c'est une mauvaise herbe qui se trouve en Australie, Inde, Afrique, et l'Amérique mais probablement d'origine Américaine (Love et Dansereau, 1959).

*X. strumarium* est souvent trouvée dans les régions ouvertes, régions en particulière inondation, avec bonne humidité du sol, elle se répartie dans une large variété d'habitat, et fréquente dans les bords de la route, banques ferroviaires et sur les champs agricoles (Martin et Carnahan, 1982). *X. strumarium* grandit sur une grande gamme de sols (sables ou argiles lourds) et sols riche en humidité (Holm *et al.*, 1977) (Fig.18).



**Figure 18:** Aspect morphologique de *Xanthium strumarium* (Rebbas, 2018).

Appartient à la famille des Astéracées, Cocklebur ou *Xanthium strumarium* L. (Bozsa et Oliver, 1993) est une plante herbacée annuelle, jusqu'à 1 m de hauteur, avec une tige corpulente et velue, et se développe généralement dans les déchets, les bords des routes et le long des berges des rivières. Les feuilles largement alternes sont triangulaires-ovales, de couleur vert clair et lumineux dans un motif alterné avec des lobes irréguliers et relativement

dents discrètes, de 5–15 cm de long (Agharkar, 1991) de forme similaire aux feuilles de vigne grossièrement texturé avec des soies minuscules. Les fleurs sont discrètes, mâles et femelles, se produisant à l'aisselle des feuilles vers l'extrémité des branches. De plus, les fleurs se développent en bavures ligneuses (fruits) de 1,2 cm à 2 cm de long, avec de nombreux crochets les épines. *X. strumarium* est extrêmement compétitif avec d'autres cultures (Bozsa et Oliver, 1993) (Fig.19).



**Figure 19** : Vue générale des fruits de *Xanthium strumarium* (Rebbas, 2018).

*Xanthium strumarium* qui est utilisé dans notre travail a été récolté au mois de Septembre dans la région de M'Sila (Algérie).

### 2.5.1.2. Famille des Solanacées

La famille des Solanacées est l'une des plus grandes familles de plantes, avec près d'une centaine de genres comprenant plus de 2 500 espèces. C'est une famille cosmopolite, composée d'herbes et arbustes, et qui comprend des plantes médicinales et/ou toxiques, de nombreuses espèces alimentaires et ornementales. La diversité de la famille du point de vue chimique est importante et de redoutables poisons en sont issus (Hammiche *et al.*, 2013). Pour cela nous avons testé l'effet toxique de deux plante de cette famille (*Datura stramonium* et *Solanum elaeagnifolium*) sur une espèce de moustique.

### a. *Datura stramonium*

De ses noms vernaculaires arabes Dhatura (Hall *et al.*, 2009), sikran, chdeg-eljmel (Hmamouchi, 1989) et français Datura, Stramoine, Pomme épineuse, Herbe de diable, Herbe aux sorciers, Endormie, Herbe aux taupes (Martel, 2012). Certains auteurs ont signalés que l'origine de *Datura stramonium* est incertaine, mais la plupart ont convenu que cette plante est originaire de la zone tropicale de l'Amérique centrale et du sud (Steenkamp *et al.*, 2004). Elle a colonisé l'Europe à travers l'Espagne, elle s'est propagé ensuite en Afrique du nord et le long de la méditerranée. Aujourd'hui, on la trouve naturalisée dans toutes les régions du monde, excepté les régions à climat dur. Elle est communément trouvée le long des rives, aux bords des chemins et des routes, dans les décombres. Mais généralement, elle suit les cultures maraîchères, car elles sont pratiquées sur des terres riches en matières organiques et en sels minéraux et sont souvent irriguées (Harbouche, 2004). Elle est réputée préjudiciable pour les cultures (Oudhia et tripathi, 1999). Et présente dans des endroits dégagés tels que prairies, bords de route, déchets endroits, gommage de la végétation et forêt ouverte. Il tolère différents types de sol mais préfère les sols argileux ou limoneux et sensible au gel (Mairura, 2014) (Fig. 20).



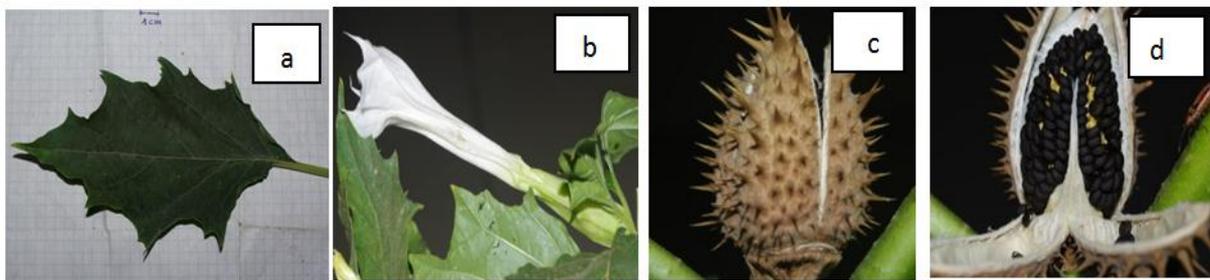
**Figure 20:** Aspect morphologique de *Datura stramonium* (Rebbas, 2018).

*Datura stramonium* est une plante annuelle herbacée, pousse librement jusqu'à plus de un mètre de haut, dans les sols riches, généralement glabre, avec une odeur désagréable au froissement. (Geeta et Gharaibeh, 2007). Elle a une Tige plus développée, de couleur verdâtre, ronde, lisse et avec des ramifications dichotomiques (Hall *et al.*, 2009). Ses feuilles sont grandes et angulaires, inégales à la base ou alterne, plus ou moins ovales, irrégulières

sinuées-dentées, à dents acuminées, avec une couleur vert foncée, plus ou moins brillantes à la face supérieure, plus claires et avec des nervures saillantes en dessous, de 7-20 cm de long et de 6-15 cm de large (Marwat *et al.*, 2005) (Fig. 21).

Les fleurs de *Datura stramonium* sont blanches ou violacées, ayant une forme d'entonnoir allongées de 6-10 cm, solitaires à l'aicelle des feuilles supérieures, avec des corolles pliées et seulement à moitié ouvert, avec six nervures en avant tubuleuse et à 5 lobes acuminé, avec une calice qui attend de 3-5 cm de diamètre, on distingue 5 sépales plissés, tubuleux d'un vert pale, à lobe lancéolés dentés (Marwat *et al.*, 2005 ; Aliasgharpour *et al.*, 2000 ). Leur fruit se caractérise par la présence d'une capsule dressée de forme ovoïde, d'une couleur verte et couverte de nombreux épines, quand elle est mure, la capsule s'ouvre au sommet par 4 valves, laissant une longue centrale structure, pouvant contenir jusqu'à 500 graines. Les graines sont rugueuses, piquées sur la surface et de couleur brune foncée, plates et réniformes de 2-4 mm de long et 1,5 mm de large (Marwat *et al.*, 2005 ; Artaud et Langdon, 1977) (Fig. 21).

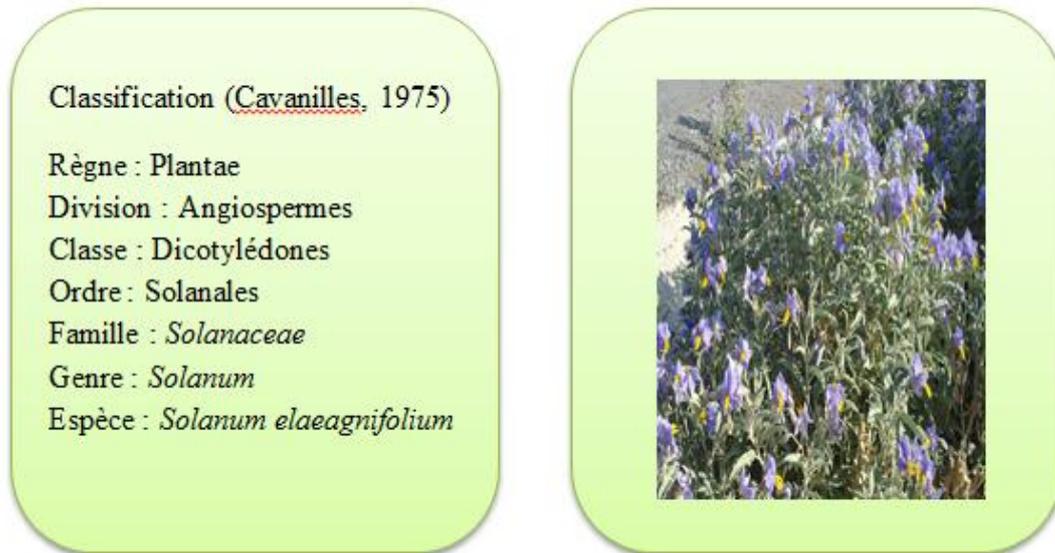
*Datura stramonium* qui est utilisé dans notre travail a été récolté dans la région de Skikda (Algérie).



**Figure 21:** Description botanique de *Datura stramonium* (a. feuille, b. fleur, c. fruit, d. graines) selon (Rebbas, 2018).

### **b. *Solanum elaeagnifolium***

*Solanum elaeagnifolium* ou morelle à feuilles d'argent (Balah, 2015) est un arbuste vivace, largement répandu en Asie, en Afrique, Australie et en Amérique tropicale et subtropicale (Chiale *et al.*, 1991; Boyd *et al.*, 1984). Il est répertorié comme mauvaise herbe nuisible dans sa région d'origine (Amériques) et comme une plante exotique envahissante dans de nombreux autres pays (Mekki, 2007) (Fig. 22).



**Figure 22:** Aspect morphologique de *Solanum elaeagnifolium* (Rebbas, 2018).

La morelle jaune est une plante de plus d'un mètre de haut avec peu d'épines articulaires sur les tiges. Les feuilles de 1 à 10 cm sont oblongues à lancéolées avec des marges entières à sinuées. Elles sont couvertes de courts poils blanc argentés qui donnent à la plante une couleur grise argentée. Les fleurs bleues, violettes ou rarement blanches font 3 cm de large (Roe, 1971). Le diamètre des grains de pollen va de 27 à 31  $\mu$ . Le fruit est une baie d'un jaune pâle à brillant de 1 à 1.5 cm de diamètre. Les graines sont plates à lenticulaires de 2 à 4 mm de large et sont d'un marron bronzé à clair avec un tégument rugueux (Encomidou et Yannitsaros, 1975 ; Gunn et Gaffney, 1974).

*S. elaeagnifolium* est une vivace estivale à racines profondes (Eleftherohorinos *et al.*, 1993), considéré comme l'une des pires plantes adventices des systèmes de culture et de pâturage (Wu *et al.*, 2016). Une fois établi, le système racinaire étendu est difficile à contrôler et les racines latérales sont capables de produire de nouvelles tiges jusqu'à 2,0 m de la tige parente (Stanton *et al.*, 2009). Fragments de racines comme seulement 1 cm peut se régénérer en nouvelles pousses (Stanton *et al.*, 2011).

*S. elaeagnifolium* se propage également par les graines. Ses fruits contiennent 38-89 graines par baie et chaque tige produit 1814 à 2945 graines, en fonction des lieux et des saisons (Stanton *et al.*, 2012).

*Solanum elaeagnifolium* qui est utilisé dans notre travail a été récolté dans la région de M'Sila (Algérie).

### 2.5.1.3. Famille des Lamiacées

Dans la flore de l'Algérie, les Lamiacées sont représentées par 28 genres et 146 espèces (Bendif, 2017), Ce sont des plantes à fleurs herbacées ou arborescentes très parfumées (Silvant, 2014). 40% des espèces de cette famille contiennent des composés qui possèdent des propriétés aromatiques (Verse, 2007). Dans notre étude cette dernière est présentée essentiellement par l'espèce *Salvia verbenaca*.

#### a. *Salvia verbenaca*

Le genre *Salvia* (sauge) est l'un des plus grands et des plus connus important genre aromatique et médicinal des *Lamiaceae* (Walker *et al.*, 2004) . Le genre *Salvia* est riche d'environ 1000 espèces. Il représente un groupe cosmopolite qui montre une gamme remarquable de variation (Pistelli, 2006). Ce genre est distribué dans trois régions principales dans le monde, 530 espèces en Amérique centrale et latine, 250 espèces en Asie centrale et en régions méditerranéennes, 30 en Afrique du Sud et 90 espèces en Asie de l'Est (Walker *et al.*, 2004) (Fig. 23).



**Figure 23** : Aspect morphologique de *Salvia verbenaca* (Rebbas, 2017).

Appartient à la famille des *Lamiaceae*, *S. verbenaca* L. (sauge verveine) est une plante herbacée, de 10-80 cm de hauteur, très polymorphe. Les feuilles sont simples, vertes, avec un limbe ovale ou ovale allongé dont les bords sont fortement crénelés ou découpés en lobes ou encore profondément divisés (Camarasa *et al.*, 1982). La tige est pubescente, quadrangulaire, bien feuillée. Les fleurs bleu-violet sont bilabiées en épi de faux verticilles (verticillastres) de 5-10 flores et leur taille ne dépasse pas 15 mm (Pottier, 1981). Le calice vert de 4-8 mm de long, bilabié, variable, à lèvre supérieure tridentée, avec des dents courtes et réfléchies; l'inférieure bidentée. La corolle est bilabiée et longue (Quézel et Santa, 1963).

Les fruits nucules contiennent 1-4 graine. Les verticillasters sont proches l'un de l'autre à la floraison, mais s'éloignent l'un de l'autre par la nouaison. Sa floraison commence à la mi-Avril et se termine vers la fin du mois de Mai (Navarro, 1997).

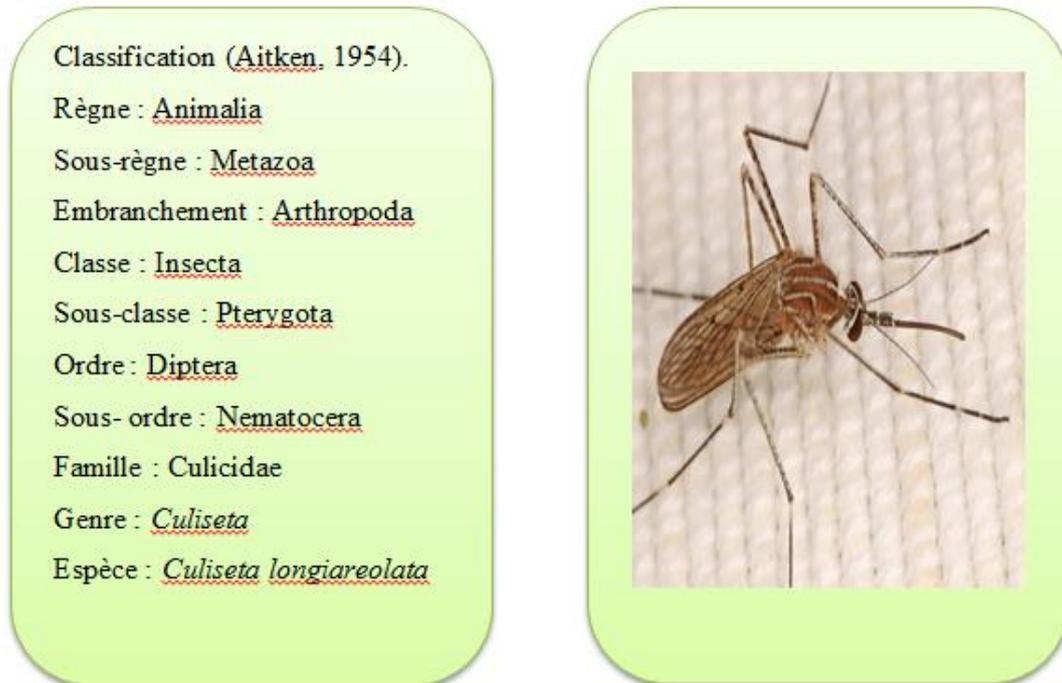
*Salvia verbenaca* qui est utilisé dans notre travail a été récolté au mois de Mars dans la région de M'Sila (Algérie).

### **2.5.2. Présentation de model biologique utilisé pour la lutte : *Culiseta longiareolata***

Est un insecte nuisible à métamorphose complète, plus abondant dans les régions chaudes, il fait partie des Diptères, famille des Culicidés. Ce moustique possède un corps mince et des pattes longues et fines avec des ailes membraneuses, longues et étroites (Villeneuve et Desire, 1965) (Fig. 24).

Les femelles piquent surtout les oiseaux, très rarement l'humain, l'espèce est considéré comme un vecteur de plasmodium d'oiseaux, elle peut transmettre expérimentalement le Virus West Nile. Compte tenu de ses préférences trophiques, son rôle de vecteur de parasitoses humaines ne peut être que des plus réduits (Schaffner *et al.*, 2001).

La larve est caractérisée par un peigne siphonal dont ses dents sont implantées irrégulièrement. Chez l'adulte, on remarque la présence au moins d'une tache d'écailles sombres sur l'aile, le thorax avec trois bandes blanches longitudinales et l'absence des soies longues et fortes au niveau du lobe basal du gonocoxite (Brunhes *et al.*, 1999).



**Figure 24:** Adulte de *Culiseta longiareolata* (Geystor, 2017).

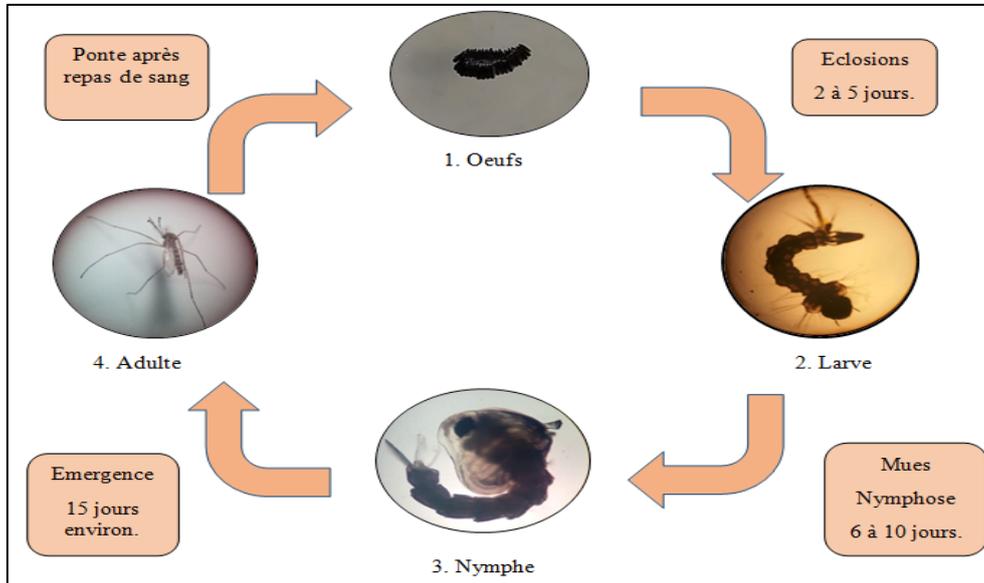
Leur développement passe par une phase larvaire aquatique avant le stade adulte aérien entrecoupé d'une courte phase nymphale (Poupardin, 2011).

La femelle pique tous les deux à trois jours pour pondre deux jours plus tard et ce, durant toute sa vie, mais toutes les femelles ne piquent pas l'homme et seulement une faible proportion sont des vecteurs potentiels (Coosemans et Van Gompel, 1998).

Les femelles pondent les œufs sur la surface des gîtes différents (bassins, puits abandonnés, trous des rocher, mers, étangs, canaux, citernes, eau de pluie...), dont l'état de l'eau est toujours stagnant et riche en matières organiques. Ces gîtes sont permanents ou temporaires, ombragés ou ensoleillés, remplis d'eau douce ou saumâtre, propre ou polluée (Paul, 2009).

La phase aquatique est dédiée à la croissance et c'est au cours de cette période que le moustique constituera l'essentiel de sa biomasse. Les modes d'acquisition de la nourriture durant cette phase sont donc particulièrement importants. Typiquement, les larves de moustique s'alimentent en filtrant les particules organiques fines et autres microorganismes (bactéries, protistes, micro-métazoaires) présents dans son milieu. Certaines espèces ont toutefois acquis des modes de nutrition alternatifs ou complémentaires, et on trouve des espèces dont les larves sont racleuses, broyeuses et/ou prédatrices. Si les conditions du milieu

sont favorables, la larve passera alors successivement par quatre stades larvaires distincts, chacun précédé par une mue. Au dernier stade larvaire, l'individu finira par se nymphose et après quelques jours réalisera sa mue imaginale laissant émerger un moustique adulte. (Clements, 1992) (Fig. 25).



**Figure 25 :** Cycle de vie d'un moustique (Photos personnelles).

### 2.5.3. Elevage

Les larves de *C. longiareolata* récoltées à partir des gîtes d'étude sont maintenues au laboratoire dans un élevage de masse dans des récipients contenant 250 ml d'eau de source et la nourriture pour les insectes. Cette dernière est un mélange de biscuit (75%) et de levure de (25%) (Rehimi et Soltani, 1999). Les récipients de notre élevage sont placés dans des cages cubiques (25 X 25 X 25 cm) et l'élevage est conduit à une (température de 25 °C ; humidité de 70 %).

### 2.5.4. Traitement de *Culiseta longiareolata* avec les extraits aqueux des plantes

**a. Préparation des extraits (par décoction) :** Pour préparer les extraits aqueux des plantes, nous avons pesés des feuilles séchées de six plantes testées dont (91,9g de *A. maritima*, 432g de *H. cheirifolia*, 123g de *X. strumarium*, 146,3g de *D. stramonium*, 339g de *S. elaeagnifolium* et 137,8g de *S. verbenaca*), les feuilles de chaque plantes sont trempées dans l'eau distillée et on laisse bouillir pendant 30 minutes sur un bec benzène. Le mélange obtenu est filtré et conservé dans des flacons étiquetés.

**b. Traitement des larves :** Dans un bécher de 300 ml de capacité, nous avons mis 20 larves (L4), 200 ml d'eau de source et une dose de l'extrait aqueux préparé précédemment.

Nous avons administré trois concentrations pour chaque plante et chaque une de ces concentrations est appliquée sur 3 répétitions, avec une préparation de 20 larves témoins et on note quotidiennement le nombre d'individus morts (larves de L4, nymphes ou adultes). Les concentrations des extraits testés sont illustrées dans le tableau 3.

**Tableau 3 :** Les concentrations (C) en ( $\mu\text{g} / \text{ml}$ ) des extraits aqueux testés.

Espèces végétales	Concentration appliqué ( $\mu\text{g} / \text{ml}$ )		
	C1	C2	C3
<i>A. maritima</i>	7,51	14,67	61,63
<i>H. cheirifolia</i>	38,09	72,72	160
<i>X. strumarium</i>	22,52	33	70,45
<i>D. stramonium</i>	16,58	38,7	69,66
<i>S. elaeagnifolium</i>	128,3	188,8	219,9
<i>S. verbenaca</i>	11,92	27,83	50,1

(C1 : faible concentration, C2 : moyenne concentration, C3 : forte concentration).

### 2.5.5. Analyse des données obtenus dans la partie lutte biologique

En ce qui concerne les résultats obtenus pour l'étude toxicologique, nous avons calculé, selon les procédés mathématiques de Finney (1971), les concentrations létales (CL50% et CL90%) pour chacun des bioinsecticides utilisés.

Le taux de mortalité observé est corrigé par la formule d'Abott qui permet de connaître la toxicité réelle des biopesticides. Les différents taux subissent une transformation angulaire d'après les tables de Bliss. Les données sont ainsi normalisées et font l'objet d'une analyse de variance sur XLStat 2009, les données obtenues sont alors transformées en probits, ce qui permet d'établir une droite de régression en fonction des logarithmes décimaux des concentrations utilisées. Le test Chi2 permet un bon ajustement de la droite de régression. A partir de cette droite, on calcule les concentrations létales.

La même analyse statistique a été utilisée pour calculer les temps létaux de chaque concentration utilisée (TL50% et TL90%).

# RÉSULTATS



### 3. Résultats

#### 3.1. Inventaire et identification des Culicidés

##### 3.1.1. Diversité culicidienne dans la région de Batna

Durant la période d'étude étalée sur deux ans, nous avons établi une liste des espèces de Culicidae récoltées et déterminées dans la région de Batna (Tab. 4).

Nous avons recensé 9 espèces de Culicidae réparties en deux sous famille : les Culicinae et les Anophelinae. La sous-famille des Anophelinae est représentée par 2 espèces par contre la sous-famille des Culicinae est distinguée par le plus grand nombre d'espèces réparties en 3 genres, le genre *Culex* (4 espèces), le genre *Aedes* (1 espèces) et le genre *Culiseta* qui comprend 2 espèces (Tab. 4).

**Tableau 4 :** Liste des Culicidae identifiés dans la région de Batna (2017-2020).

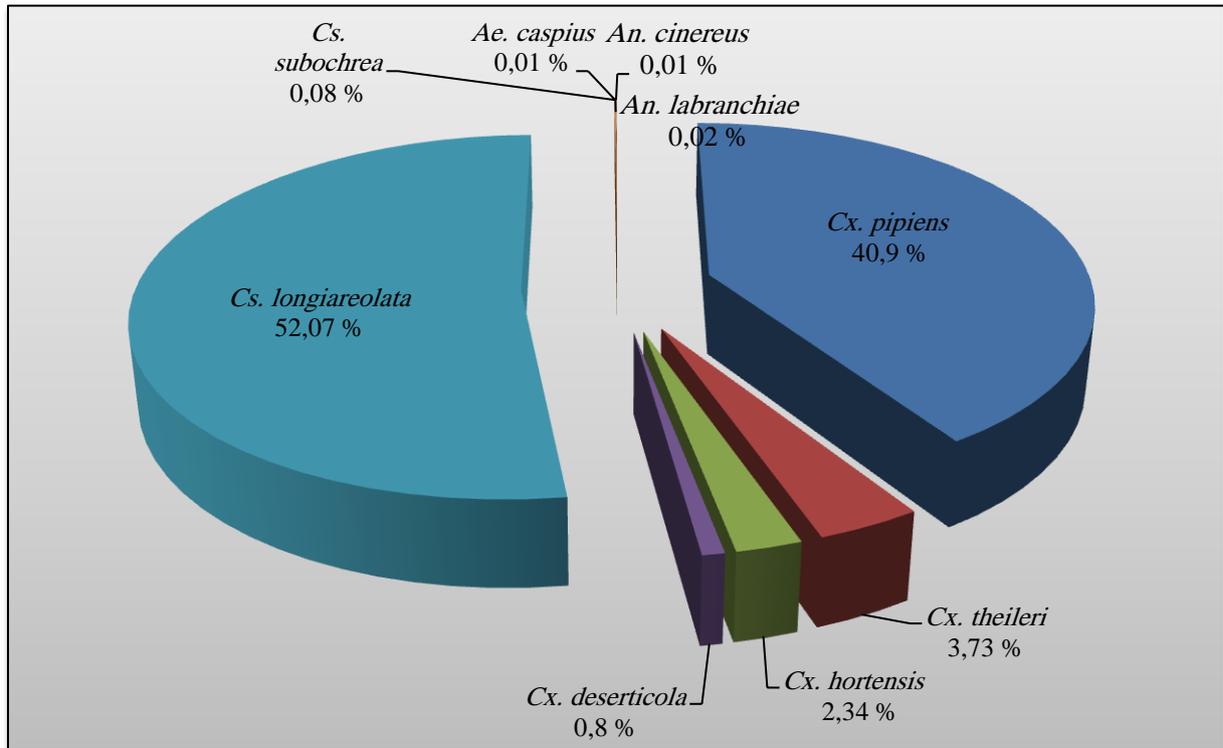
Sous famille	Genre	Espèces
Culicinae	<i>Culex</i>	<i>Culex pipiens</i> (Linné, 1758).
		<i>Culex theileri</i> (Théobald, 1903).
		<i>Culex hortensis</i> (Ficalbi, 1889)
		<i>Culex deserticola</i> (Kirkpatrick, 1924).
	<i>Culiseta</i>	<i>Culiseta longiareolata</i> (Aitken, 1954).
		<i>Culiseta subochrea</i> (Edwards, 1921).
	<i>Aedes</i>	<i>Aedes caspius</i> (Pallas, 1771).
Anophelinae	<i>Anopheles</i>	<i>Anopheles labranchiae</i> (Falleroni, 1926).
		<i>Anopheles cinereus</i> (Brunhes <i>et al.</i> , 1999).

##### 3.1.1.1. Indices de composition

###### *Abondance relative*

La figure 26 résume l'abondance relative (F%) des espèces récoltées dans la région de Batna. Parmi les 9 espèces recensées *Cs. longiareolata* est l'espèce la plus abondante avec un taux de 52,07% suivie par *Cx. pipiens* avec 40,90%. *Cx. theileri* en troisième position avec un

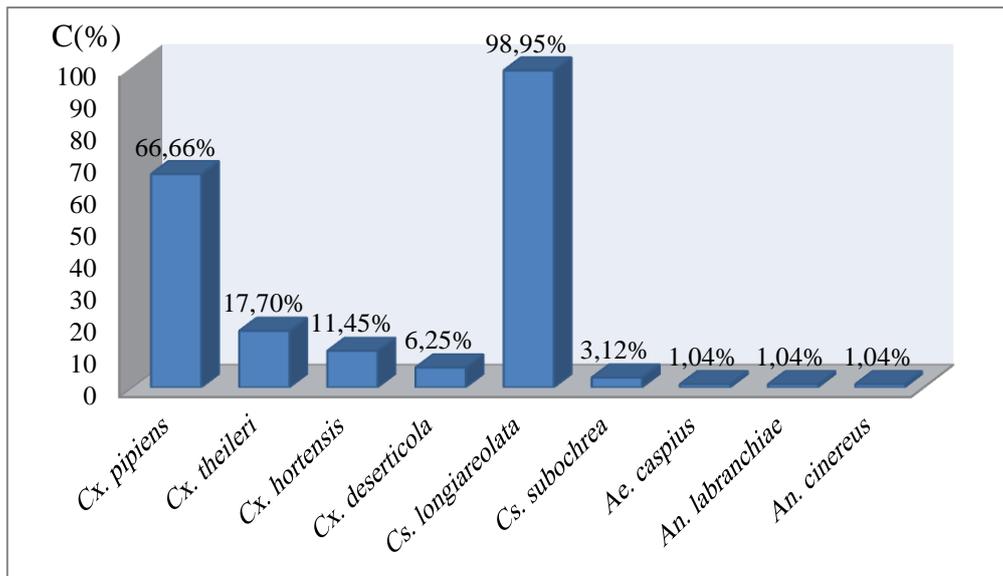
taux de 3,73% suivie par *Cx. hortensis* avec un taux de 2,34%. Les autres espèces sont peu présentes dans la région dont les taux varient de 0,01% à 0,8%.



**Figure 26 :** Abondance relative des espèces Culicidienne inventoriées dans la région de Batna durant la période d'étude.

### **Indice d'occurrence**

Selon la fréquence d'occurrence, 3 catégories d'espèces sont définie dans la région de Batna. Une seule espèce récoltée a été considérée comme constante, il s'agit de *Cs. longiareolata* (C%=98,95%), l'espèce *Cx. pipiens* considérée comme une espèce régulière (C%=66,66%). Alors que *Cx. theileri*, *Cx. hortensis*, *Cx. deserticola*, *Cs. Subochrea*, *Ae caspius*, *An. labranchiae* et *An. cinereus* sont considérés comme des espèces accidentelles (Fig. 27).

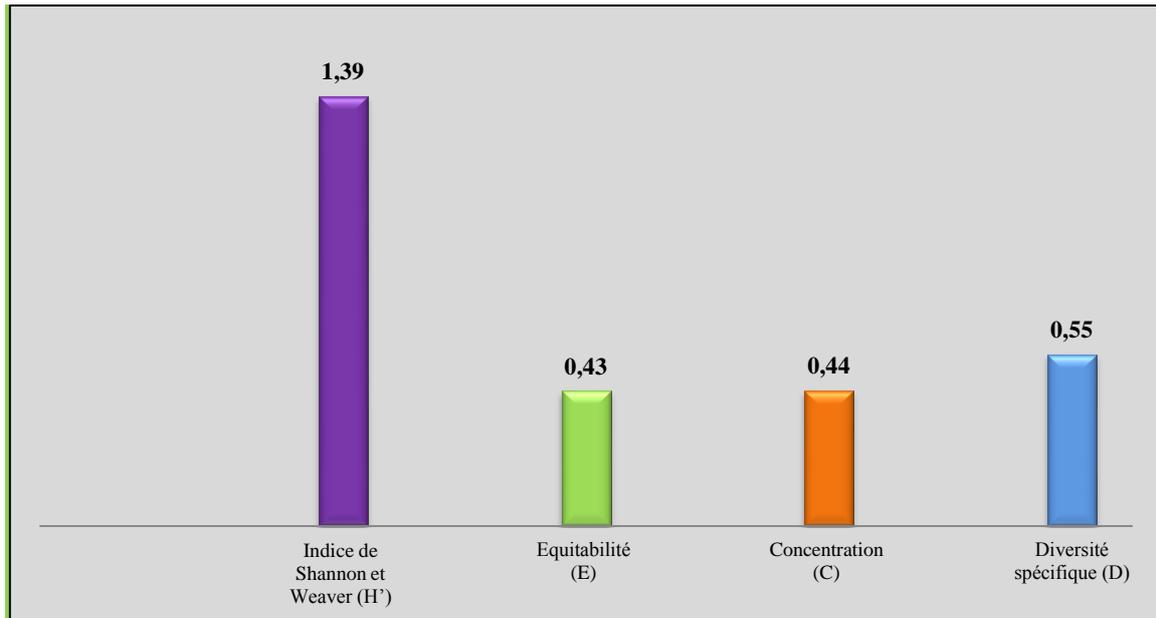


**Figure 27** : Fréquence d’occurrence (C%) des espèces rencontrées dans la région de Batna.

### 3.1.1.2. Indices de structure

L’indice de Shannon ( $H'$ ), l’équitabilité ( $E$ ), la concentration ( $C$ ) et la diversité ( $D$ ) des Culicidae dans la région de Batna sont indiquées sur la figure 28.

L’indice de diversité (Shannon-Weaver :  $H'$ ) et l’équitabilité ( $E$ ) expriment la complexité du peuplement. Dans notre région d’étude  $H'$  est de 1,399 ce qui montre que le peuplement de Culicidae est diversifié ( $H' > 1$ ) (figure 28). L’équitabilité dans ce cas est de 0,439 ce qui indique que le peuplement des Culicidae est moyennement équilibré (Etend vers 1), concernant l’indice de concentration ( $C$ ) est de 0,440. Ceci signifie qu’on a une probabilité de 44% de rencontrer la même espèce dans la région et ce qui se traduit par une diversité ( $D$ ) importante de l’ordre de 0,559 (Fig. 28).



**Figure 28 :** Indices écologiques de structure dans la région de Batna durant la période d'étude.

### 3.1.1.3. Phénologie des espèces récoltées dans la région de Batna

La détermination du phénogramme des espèces de Culicidae a été établie selon des observations mensuelles durant 2 ans d'étude (Tab. 5).

La plupart des espèces qui s'avèrent abondantes dans le milieu apparaissent presque toute l'année telle que *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata*. Nous remarquons également que les espèces qui se manifestent cinq à sept mois au cours de la période d'étude, c'est le cas de *Cx. deserticola*, *Cx. theileri* et *Cx. hortensis* (Tab. 5). *Cs. subochrea* n'apparaît que trois mois au cours de notre période d'étude. Les autres espèces (*Ae. caspius*, *An. labranchiae* et *An. cinereus*) ne sont présentes qu'un mois (Octobre et Aout) respectivement (Tab. 5).

**Tableau 5** : Phénogramme des espèces recensées dans la région de Batna.

Espèces/mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
<i>Cx. pipiens</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cx. theileri</i>	*				*	*	*	*	*			
<i>Cx. hortensis</i>	*				*	*	*			*	*	*
<i>Cx. deserticola</i>	*	*				*					*	*
<i>Cs. longiareolata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cs. subochrea</i>		*		*								*
<i>Ae. caspius</i>										*		
<i>An. labranchiae</i>								*				
<i>An. cinereus</i>								*				

(\* : Présente).

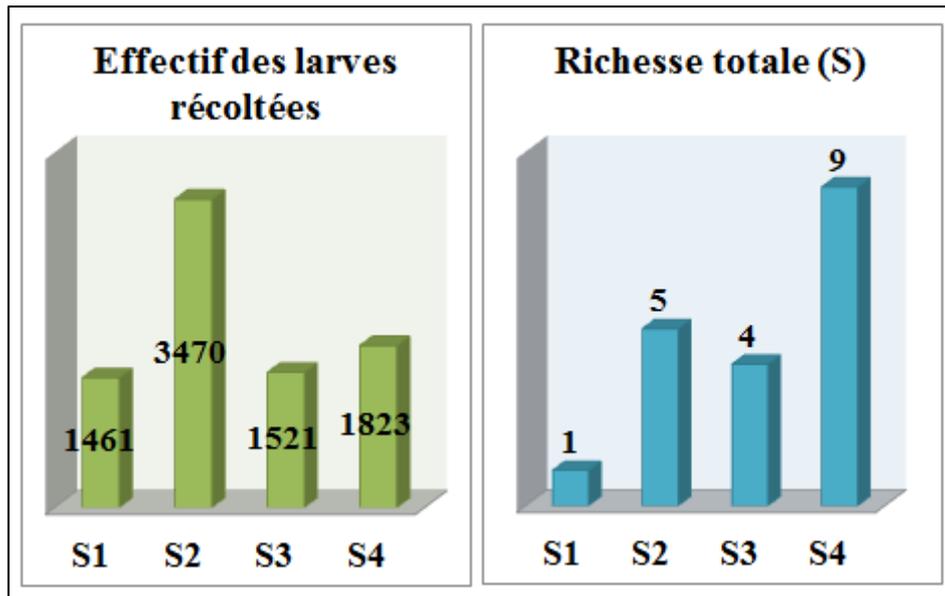
### 3.1.2. Diversité culicidienne dans les différents sites d'étude

#### 3.1.2.1. Indices de composition

##### *Richesse totale*

Les résultats de la figure 29 indiquent que la station de Foug Toub occupe la 1<sup>ère</sup> place de point de vue nombre de larve de moustique collecter (N=3470), suivie en deuxième position la station de Timgad avec un totale de 1823 larves, puis Parc à Fourrage avec 1521 et Dhraa Aissi 1461 larves.

Concernant la richesse en espèces, le site de Timgad(S4) était le plus diversifié avec 9 espèces de moustique, puis le site de Foug Toub (S2) avec 5 espèces, Parc à fourrage (S3) avec 4 espèces alors que à Dhraa Aissi (S1) nous avons récoltées que une seul espèce (Fig. 29).



**Figure 29:** Effectif des larves et la richesse totale en espèces de moustique récoltée dans les différents sites d'étude.

### *Abondance relative*

Les résultats de l'abondance relative des espèces de Culicidae rencontrées dans les quatre sites sont représentés dans la figure 30.

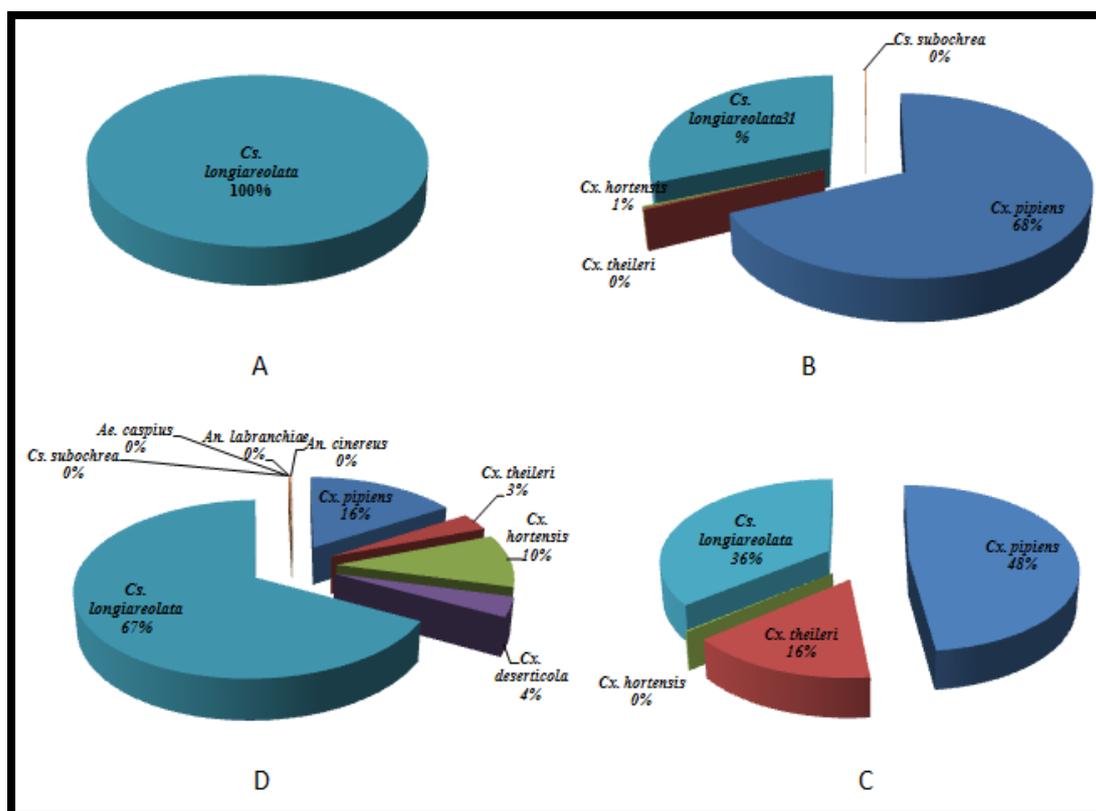
Une seule espèce a été observée à Dhraa Aissi il s'agit de *Cs. longiareolata* avec un taux de 100% (Fig. 30).

L'abondance relative (%) des espèces dans le site de Foum Toub montre que parmi les cinq espèces recensées *Cx. pipiens* est l'espèce la plus abondante avec un taux de 68,04% suivie par *Cs. longiareolata* avec 31,26%. Alors que *Cx. hortensis*, *Cx. theileri* et *Cs. subochrea* sont peu présente dans ce site avec un taux de 0,31%, 0,25% et 0,11% respectivement (Fig. 30).

À Parc à Fourrage *Cx. pipiens* est classé également dans la première place de point de vue abondance relative 48% vienne en deuxième position *Cs. longiareolata* avec un taux de 36%. *Cx. theileri* en troisième position avec un taux de 15,77% alors que *Cx. hortensis* est peu présente dans ce site avec un taux de 0,19% (Fig. 30).

Dans le site de Timgad *Cs. longiareolata* est l'espèce la plus abondante avec un taux de 66,81% suivie par *Cx. pipiens* avec 15,96% et *Cx. hortensis* 9,87% alors que *Cx. deserticola* et *Cx. theileri* sont présentent avec des taux de 3,68% et 3,29% respectivement.

Les autres espèces sont peu présentes dans ce site dont les taux varient de 0,16% à 0,05% (Fig. 30).



**Figure 30:** Abondance relative (F%) des espèces Culicidae étudiées dans les 4 sites (A: Dhara Aissi, B: Foum Toub, C: Parc à Fouflage et D: Timgad).

### Fréquence d'occurrence

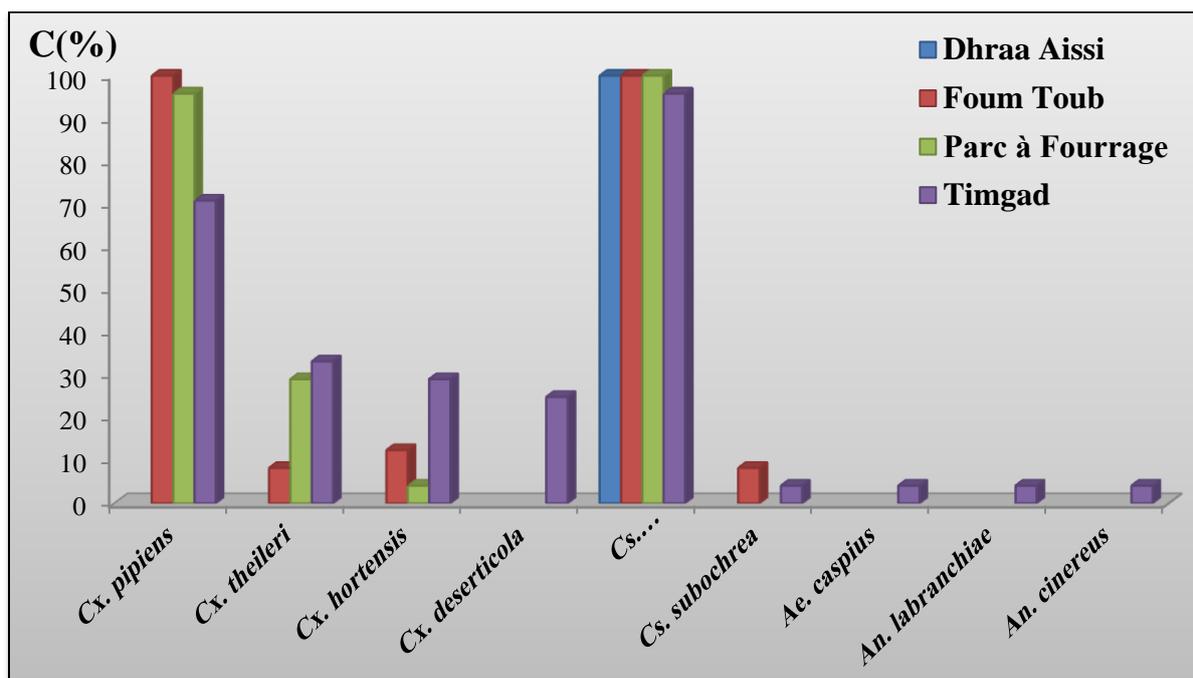
A partir des résultats de la fréquence d'occurrence (C%) révélés par la figure 31, nous avons trouvé que *Cs. longiareolata* est classé comme une espèce omniprésente avec un pourcentage de 100% dans le site de Dhara Aissi.

Deux catégories d'espèces sont définies dans le site de Foum Toub dont deux espèces récoltées dans ce site ont été considérées comme espèces omniprésentes il s'agit essentiellement de *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata*. Alors que *Cx. theileri*, *Cx. hortensis* et *Cs. subochrea* sont des espèces accidentelles (Fig. 31).

De même les résultats montrent l'existence de quatre catégories d'espèces dans la région de Parc à Fouflage. Une seule espèce récoltée a été considérée comme espèce omniprésente il s'agit de *Cs. longiareolata*, *Cx. pipiens* considérée comme espèce constante.

Une espèce accessoire le cas de *Cx. theileri*, alors que *Cx. hortensis* est une espèce accidentelles (Fig. 31).

À Timgad *Cs. longiareolata* est définie comme constante, *Cx. pipiens* considérée comme espèce régulière. Les espèces accessoires sont *Cx. theileri*, *Cx. hortensis* et *Cx. deserticola*, alors que les espèces accidentelles sont *Cs. subochrea*, *Ae. caspius*, *An. labranchiae* et *An. cinereus* (Fig. 31).



**Figure 31:** Fréquence d'occurrence (C%) des espèces de moustique recensées dans les sites d'étude.

### 3.1.2.2. Indices de structure

Les résultats présentés dans la figure 32 montrent l'indice de diversité de Shanon & Weaver ( $H'$ ), l'équitabilité (E), la concentration (C) et la diversité spécifique (D).

La figure 32 indique que l'indice de diversité révèle des valeurs allant de 0 pour la station de Dhraa Aissi à 1,53 pour la station de Timgad, cette valeur présente un peuplement riche en espèces ( $H' > 1$ ).

Pour comparer les structures des peuplements dans les 4 sites étudiées, l'équitabilité affiche des valeurs comprises entre 0 à Dhraa Aissi et 0,73 à Foug Toub ceux indiquent que les populations ne sont pas ou moyennement équilibrées (Etend vers 1) (Fig. 32).

Les valeurs de l'indice de diversité oscillent entre un minimum de -0,005 bits, valeur minimale enregistré au site de Dhraa Aissi ceci revient certainement à un nombre d'espèces dominante (dominance de *Cs. longiareolata*). Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de site de Parc à Fourrage 0,612 bits et dans le site de Timgad 0,514 bits, les deux sites présentent un peuplement moyennement diversifié ou plusieurs espèces sont numériquement représentées (richesse taxonomique) (Fig. 32).

Concernant l'indice de concentration un pic maximale de 1,00 a été enregistré à Dhraa Aissi ce qui signifie qu'on a une probabilité de 100% de rencontrer la même espèce dans ce site. Le même indice prend la valeur de 0,387 à Parc à Fourrage, ceci signifie qu'on a une probabilité de 38% de rencontrer la même espèce dans le site ce qui se traduit par une diversité (D) importante de l'ordre de 0,61 (Fig. 32).

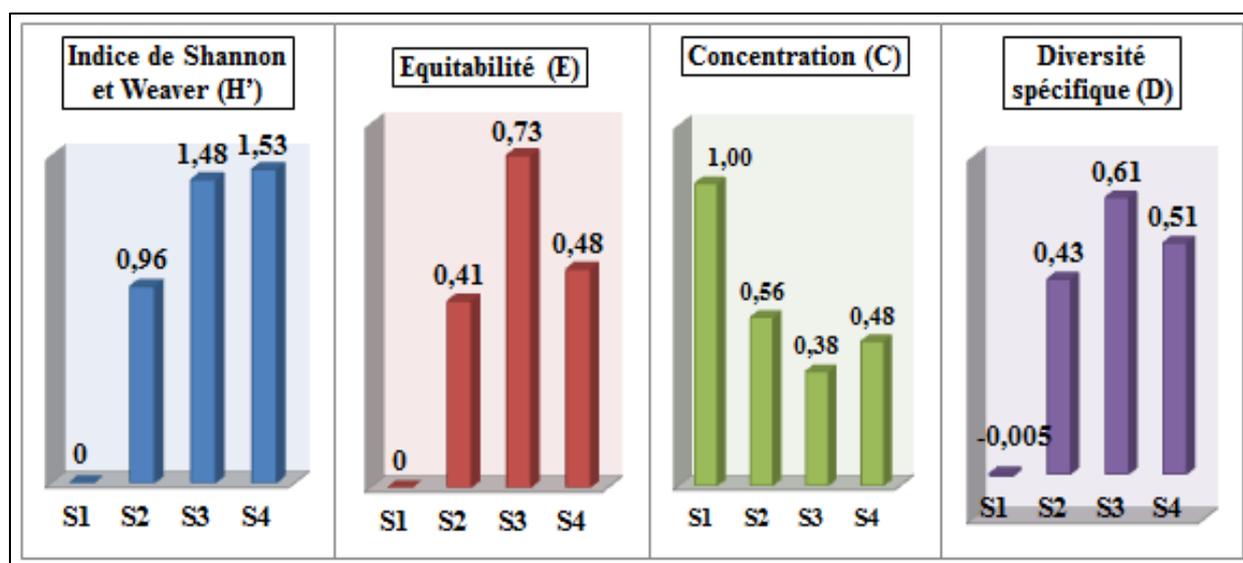


Figure 32: Indices écologiques de structure dans les quatre sites durant la période d'étude.

### 3.1.2.3. Phénologie et association des espèces récoltées dans les sites d'étude

Il apparait d'après les résultats enregistrés sur le tableau 6 que *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* sont les deux espèces qui s'avèrent abondantes dans les quatre milieux prospectés et apparaissent presque toute l'année.

Nous remarquons également que *Cx. theileri* n'apparaisse que le mois de Janvier et Juin à Foug Toub, le mois de janvier et les mois de mai à Aout à Parc à Fourrage et apparais de Mai jusqu'à Septembre à Timgad (Tab. 6).

Pour *Cx. hortensis* se trouve au mois de Janvier, Octobre et décembre à Foug Toub et le mois de Novembre à Parc à Fourrage, par contre à Timgad nous avons sélectionné l'espèce au mois de Janvier, Mai, Juin, Juillet, Novembre et Décembre (Tab. 6).

*Cx. deserticola* n'apparaît que à Timgad et ceux durant les mois de Janvier, Février, Juin, Novembre et Décembre (Tab. 6).

*Cs. subochrea* n'apparaît à Foug Toub que durant le mois de Février et Avril par contre le mois de Décembre se trouve à Timgad (Tab. 6).

Les autres espèces (*Ae. caspius*, *An. labranchiae* et *An. cinereus*) ne sont présentes qu'un mois à Timgad (Octobre, Aout) respectivement (Tab. 6).

**Tableau 6 :** Phénogramme des espèces recensées dans les quatre sites durant la période d'étude.

Sites	Espèces	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
S1	<i>Cs.longiareolata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
S2	<i>Cx. pipiens</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Cx. theileri</i>	*					*						
	<i>Cx. hortensis</i>	*									*		*
	<i>Cs.longiareolata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Cs. subochrea</i>		*		*								
S3	<i>Cx. pipiens</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Cx. theileri</i>	*				*	*	*	*				
	<i>Cx. hortensis</i>											*	
	<i>Cs.longiareolata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
S4	<i>Cx. pipiens</i>			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Cx. theileri</i>					*	*	*	*	*			
	<i>Cx. hortensis</i>	*				*	*	*				*	*
	<i>Cx. deserticola</i>	*	*					*				*	*
	<i>Cs.longiareolata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Cs. subochrea</i>												*
	<i>Ae. caspius</i>										*		
	<i>An. labranchiae</i>								*				
<i>An. cinereus</i>								*					

(\* : Présente)

A partir des résultats du tableau 7, il ressort que *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* sont associées avec toutes les espèces inventoriées dans les différentes localités d'étude. *Cx. theileri*, *Cx. hortensis* et *Cx. deserticola* elles sont associées avec la plupart des espèces récoltées (Tab. 7).

Les résultats montrent également, que *Cs. subochrea*, *Ae. caspius*, *An. labranchiae* et *An. cinereus* ne présentent que de faibles associations avec leurs congénères dans les sites d'étude (Tab. 7).

**Tableau 7 :** Associations faunistiques des Culicidés (- association absente + association présente) dans les quatre sites d'étude.

Sites	Espèces	<i>Cx. pipiens</i>	<i>Cx. theileri</i>	<i>Cx. hortensis</i>	<i>Cx. deserticola</i>	<i>Cs. longiareolata</i>	<i>Cs. subochrea</i>	<i>Ae. caspius</i>	<i>An. labranchiae</i>	<i>An. cinereus</i>
S1	<i>Cs. longiareolata</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-
S2	<i>Cx. pipiens</i>	+	+	+	-	+	+	-	-	-
	<i>Cx. theileri</i>	+	+	+	-	+	-	-	-	-
	<i>Cx. hortensis</i>	+	+	+	-	+	-	-	-	-
	<i>Cs. longiareolata</i>	+	+	+	-	+	+	-	-	-
	<i>Cs. subochrea</i>	+	-	-	-	+	+	-	-	-
S3	<i>Cx. pipiens</i>	+	+	+	-	+	-	-	-	-
	<i>Cx. theileri</i>	+	+	-	-	+	-	-	-	-
	<i>Cx. hortensis</i>	+	-	+	-	+	-	-	-	-
	<i>Cs. longiareolata</i>	+	+	+	-	+	-	-	-	-
S4	<i>Cx. pipiens</i>	+	+	+	+	+	-	+	-	-
	<i>Cx. theileri</i>	+	+	+	+	+	-	-	+	+
	<i>Cx. hortensis</i>	+	+	+	+	+	-	-	-	-
	<i>Cx. deserticola</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	-
	<i>Cs. longiareolata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Cs. subochrea</i>	-	-	-	+	+	+	-	-	-
	<i>Ae. caspius</i>	+	-	-	-	+	-	+	-	-
	<i>An. labranchiae</i>	-	+	-	-	+	-	-	+	+
	<i>An. cinereus</i>	-	+	-	-	+	-	-	+	+

### 3.1.3. Impact des facteurs écologiques sur la biodiversité

#### 3.1.3.1. Effet de la répartition des sites et des saisons sur la composition de la faune culicidienne

##### a. Effet site

Nous avons étudié l'effet de saisons et l'effet de la répartition des sites d'étude sur la composition de la faune culicidienne de la région de Batna.

L'analyse multivariée (Tab. 8) indique l'effet site sur la répartition des espèces, des différences très hautement significatives sont enregistrés pour tous les tests utilisé (Trace de Pillai  $F : 7,195$   $p : 0,000^{***}$  ; Lambda de Wilks  $F : 9,093$   $p : 0,000^{***}$  ; Trace de Hotelling  $F : 11,502$   $p : 0,000^{***}$  ; Plus grande racine de Roy  $F : 29,001$   $p : 0,000^{***}$ ).

**Tableau 8** : L'effet de la localisation des sites d'étude sur la composition de la faune culicidienne.

	Effet	F	Signification
Effet Site	Trace de Pillai	7,195	<i>0,000***</i>
	Lambda de Wilks	9,093	<i>0,000***</i>
	Trace de Hotelling	11,502	<i>0,000***</i>
	Plus grande racine de Roy	29,001	<i>0,000***</i>

##### b. Effet saison

La composition culicidienne diffère aussi selon les saisons d'étude, des différences hautement significatives sont observés aussi lorsque nous avons testé l'effet de saison (Trace de Pillai  $F : 2,240$   $p : 0,001^{**}$  ; Lambda de Wilks  $F : 2,233$   $p : 0,001^{**}$  ; Trace de Hotelling  $F : 2,214$   $p : 0,001^{**}$  ; Plus grande racine de Roy  $F : 3,620$   $p : 0,001^{**}$ ) (Tab. 9).

**Tableau 9** : L'effet de saison sur la composition de la faune culicidienne.

	Effet	F	Signification
Effet Saison	Trace de Pillai	2,240	<i>0,001**</i>
	Lambda de Wilks	2,233	<i>0,001**</i>
	Trace de Hotelling	2,214	<i>0,001**</i>
	Plus grande racine de Roy	3,620	<i>0,001**</i>

##### c. Effet site x saison

De même pour l'effet des deux paramètres (site x saison) la composition dépend aussi de ces deux paramètres en intersection, des différences très hautement significatives sont enregistrés pour tous les tests utilisé (Trace de Pillai  $F : 1,865$   $p : 0,000^{***}$  ; Lambda de

Wilks F : 2,074 p : 0,000\*\*\* ; Trace de Hotelling F : 2,247 p : 0,000\*\*\* ; Plus grande racine de Roy F : 10,141 p : 0,000\*\*\*) (Tab. 10).

**Tableau 10** : L'effet de site x saison sur la composition de la faune culicidienne.

Effet		F	Signification
Effet Site x Saison	Trace de Pillai	1,865	0,000***
	Lambda de Wilks	2,074	0,000***
	Trace de Hotelling	2,247	0,000***
	Plus grande racine de Roy	10,141	0,000***

### 3.1.3.2. Effet de la répartition des sites et des saisons sur les espèces des Culicidae récoltées

#### a. Effet site

Nous avons enregistrées un effet site sur la répartition de cinq espèces *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. hortensis*, *Cx. deserticola* et *Cs. longiareolata* avec des seuils de signification (p : 0,000\*\*\* ; 0,009\*\* ; 0,016\* ; 0,000\*\*\* et 0,013\*) respectivement. Les autres espèces *Cs. subochrea*, *Ae. caspius*, *An. labranchiae* et *An. cinereus* nous avons pas enregistré un effet site sur leur répartition (F :1,054 p :0,374 ; F :0,986 p :0,404 ; F :0,704 p :0,552 ; F :0,704 p :0,552) respectivement (Tab. 11).

**Tableau 11** : L'effet de site sur la répartition des espèces des Culicidae récoltées.

Source		F	Signification
Effet Site	<i>Cx. pipiens</i>	80,814	0,000***
	<i>Cx. theileri</i>	4,145	0,009**
	<i>Cx. hortensis</i>	3,651	0,016*
	<i>Cx. deserticola</i>	7,028	0,000***
	<i>Cs. longiareolata</i>	3,793	0,013*
	<i>Cs. subochrea</i>	1,054	0,374
	<i>Ae. caspius</i>	0,986	0,404
	<i>An. labranchiae</i>	0,704	0,552
	<i>An. cinereus</i>	0,704	0,552

#### b. Effet saison

Concernant l'effet de la saison nous avons enregistré que la répartition des espèces suivants : *Cx. pipiens*, *Cx. theileri* et *Cx. deserticola* est influencée par la saison avec un effet hautement significatif a été enregistré sur la répartition de ces espèces. Alors que les autres espèces *Cx. hortensis*, *Cs. longiareolata*, *Cs. subochrea*, *Ae. caspius*, *An. labranchiae* et *An. Cinereus* la saison n'influe pas sur leur répartition (Tab. 12).

**Tableau 12 :** L'effet de saison sur la répartition des espèces des Culicidae récoltées.

Source		F	Signification
<b>Effet Saison</b>	<i>Cx. pipiens</i>	3,388	<b>0,022*</b>
	<i>Cx. theileri</i>	6,069	<b>0,001***</b>
	<i>Cx. hortensis</i>	0,755	<b>0,523</b>
	<i>Cx. deserticola</i>	5,172	<b>0,003**</b>
	<i>Cs. longiareolata</i>	0,731	<b>0,536</b>
	<i>Cs. subochrea</i>	0,995	<b>0,400</b>
	<i>Ae. caspius</i>	1,023	<b>0,387</b>
	<i>An. labranchiae</i>	0,748	<b>0,526</b>
<i>An. cinereus</i>	0,748	<b>0,526</b>	

### c. Effet site x saison

Quant au effet site x saison l'intersection de deux facteurs étudié nous avons enregistré qu'il n'y a pas un effet significatif des deux paramètres sur la répartition de *Cx. pipiens* (F : 1,832 p : 0,075) un effet très hautement significatif sur la répartition de *Cx. theileri* et *Cx. deserticola* (F : 4,006 p : 0,000 \*\*\* ; F : 5,083 p : 0,000 \*\*\* ) respectivement. Les autres espèces ne sont pas influencées par les deux facteurs en intersection (Tab. 13).

**Tableau 13 :** L'effet de site x saison sur la répartition des espèces des Culicidae récoltées.

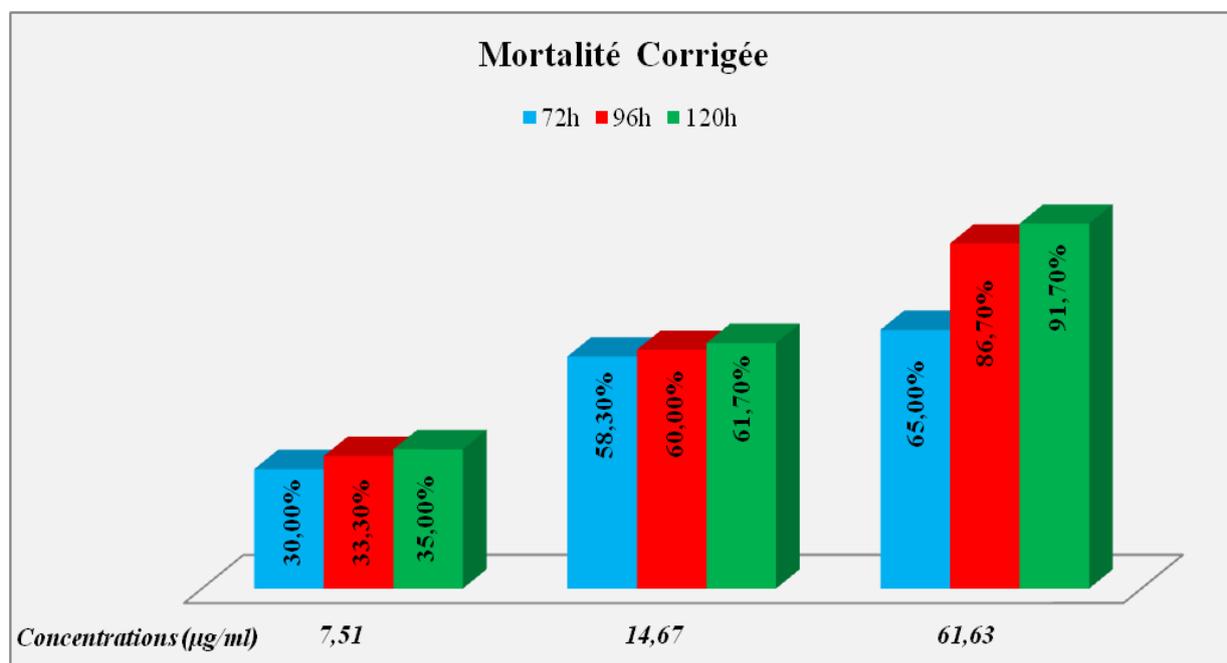
Source		F	Signification
<b>Effet Site x Saison</b>	<i>Cx. pipiens</i>	1,832	<b>0,075</b>
	<i>Cx. theileri</i>	4,006	<b>0,000***</b>
	<i>Cx. hortensis</i>	0,844	<b>0,578</b>
	<i>Cx. deserticola</i>	5,083	<b>0,000***</b>
	<i>Cs. longiareolata</i>	1,525	<b>0,153</b>
	<i>Cs. subochrea</i>	1,057	<b>0,403</b>
	<i>Ae. caspius</i>	1,008	<b>0,441</b>
	<i>An. labranchiae</i>	0,774	<b>0,640</b>
<i>An. cinereus</i>	0,774	<b>0,640</b>	

## 3.2. Lutte biologique

### 3.2.1. Effet de *A. maritima* sur la mortalité

Les résultats obtenus montrent que *A. maritima* agit sur la mortalité des larves en fonction de la concentration appliquée et du temps d'exposition. Une moyenne activité larvicide a été enregistrée pour la concentration de (7,51µg / ml) (30 à 35 % de mortalité) (Fig. 33). En ce qui concerne la concentration de (61,63 µg / ml), plus de 90 % des individus traités meurent après 120 heures du traitement (Fig. 33). Les larves du 4<sup>ème</sup> stade de *Cs.*

*longiareolata* exposées aux extraits de *A. maritima* présentent des mortalités qui ne sont pas significativement différentes (Fig. 33).



**Figure 33 :** Taux de mortalité corrigée des larves de 4<sup>ème</sup> stade de *Cs. longiareolata* traitées avec l'extrait aqueux des feuilles d' *A. maritima*.

### Les paramètres toxicologiques

Les larves du 4<sup>ème</sup> stades de *Cs. longiareolata* exposées à *A. maritima* présentent des taux de mortalité moyens corrélés positivement aux concentrations utilisées ( $R^2 = 0,68$  à  $0,99$ ) (Tab. 14 A). 72 heures après le traitement, la concentration létale de 50 % de la population est de  $17,43 \mu\text{g} / \text{ml}$ , elle diminue à  $11,65 \mu\text{g} / \text{ml}$  après 120 heures de traitement. La mortalité de 90 % des larves peut être provoquée avec des concentrations qui varient entre  $52,40 \mu\text{g} / \text{ml}$  et  $515,99 \mu\text{g} / \text{ml}$  (Tab. 14 A).

Il ressort des résultats de tableau (14 B), qu'il existe, aussi, une forte corrélation entre le taux de mortalité et le temps d'exposition des larves aux différentes concentrations de *A. maritima* ( $R^2 = 0,50$  à  $0,98$ ) (Tab. 14 B). Les temps létaux calculés sont de 53,74 à 1052,50 heures pour une mortalité de 50 % et ils varient entre 108,59 et 735642,25 heures pour les TL 90 % (Tab. 14 B).

**Tableau 14 :** Paramètres toxicologiques des extraits aqueux des feuilles de *A. maritima*

(**A** : Temps d'exposition ; **B** : Concentrations utilisées).

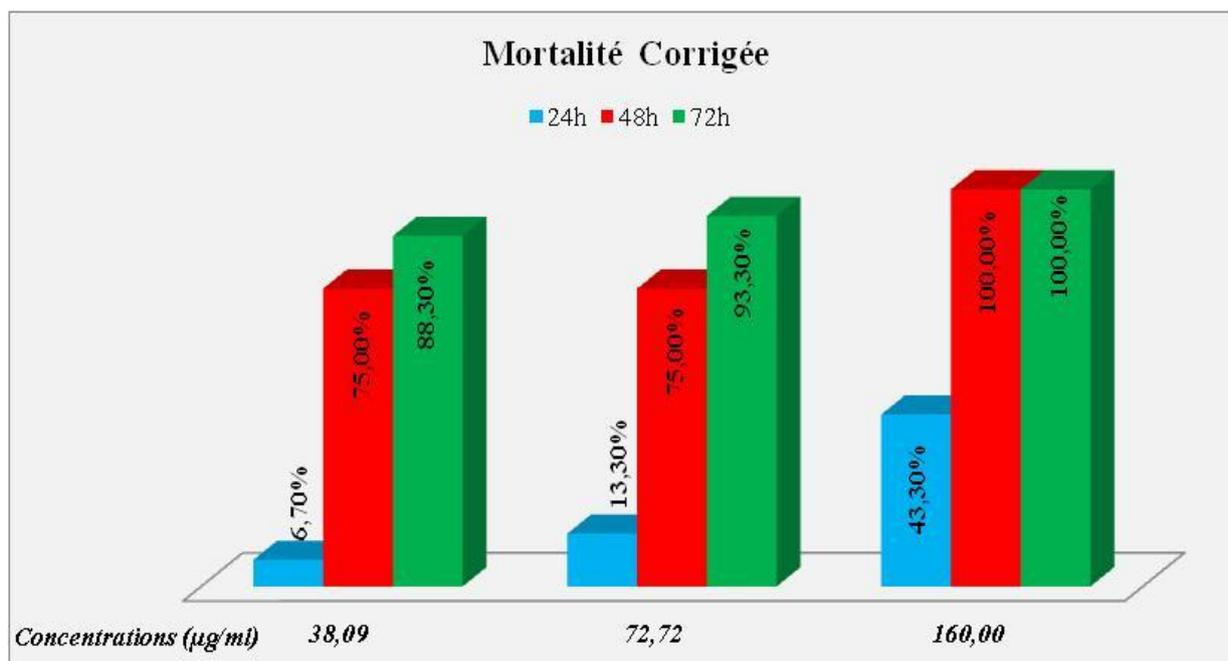
<b>A</b>			
<b>Temps(h)</b>	<b>72</b>	<b>96</b>	<b>120</b>
<b>Droite de régression</b>	$Y=3,92 + 0,87X$ $R^2=0,683$	$Y=3,27 + 1,60X$ $R^2=0,994$	$Y=2,91 + 1,96X$ $R^2=0,991$
<b>CL50%( µg / ml)</b>	17,43	12,05	11,65
<b>CL90%( µg / ml)</b>	515,99	76,07	52,40

<b>B</b>			
<b>Concentrations (µg / ml)</b>	<b>7,51</b>	<b>14,67</b>	<b>61,63</b>
<b>Droite de régression</b>	$Y=3,64 + 0,45X$ $R^2=0,506$	$Y=1,27 + 1,95X$ $R^2=0,955$	$Y=-2,25 + 4,19X$ $R^2=0,984$
<b>TL50%(h)</b>	1052,50	81,81	53,74
<b>TL90%(h)</b>	735642,25	370,87	108,59

### 3.2.2. Effet de *H. cheirifolia* sur la mortalité

24 heures après le traitement, le taux de mortalité est de 43,3% lorsque on applique une forte concentration du produit (160 µg / ml), cette valeur atteint 100% après 48 heures du traitement (Fig.34). Une application d'une faible concentration (38,09 µg / ml) provoque une mortalité de 88,3% des larves de moustique après 72h d'exposition à l'extrait (Fig. 34).



**Figure 34:** Taux de mortalité corrigée des larves de 4<sup>ème</sup> stade de *Cs. longiareolata* traitées avec l'extrait aqueux des feuilles de *H. cheirifolia*.

### Les paramètres toxicologiques

Les résultats montrent qu'il y a une forte corrélation positive entre les taux de mortalité enregistrés et le temps d'exposition et/ou la concentration du produit *H. cheirifolia* utilisée contre les moustiques (Tab. 15).

Pour assurer une mortalité de 50% des insectes après 24 heures, la concentration de *H. cheirifolia* doit être égale à 207,75 µg / ml, par contre 813,11 µg / ml de *H. cheirifolia* assurent la mortalité de 90% de l'échantillon (Tab. 15 A). Au bout de 72 heures du traitement, la CL50% et la CL90% ne dépassent pas les 23,24 µg / ml et 47,28 µg / ml, respectivement (Tab. 15 A).

Concernant les temps létaux, la concentration étant la plus faible de 38,09 µg / ml de *H. cheirifolia* peut éliminer 50% de la population de *Cs. longiareolata* en environ 42,06 heures et 90% pendant 69,62 heures du traitement (Tab. 15 B). Lorsqu'on applique 72,72 µg / ml de solution de *H. cheirifolia*, le TL50% est 41,04 heures, alors que le TL90% est 69,74 heures. Concernant la concentration la plus élevée de 160 µg / ml, les temps létaux calculés (TL50% et TL90%) sont respectivement 23 et 32,16 heures (Tab. 15 B).

**Tableau 15** : Paramètres toxicologiques des extraits aqueux des feuilles de *H. cheirifolia*

(**A** : Temps d'exposition ; **B** : Concentrations utilisées).

<b>A</b>			
Temps(h)	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>72</b>
<b>Droite de régression</b>	$Y=-5,93E-03 +2,16X$ $R^2=0,966$	$Y=-2,80 +5,04X$ $R^2=0,797$	$Y=-0,67 + 4,15X$ $R^2=0,877$
<b>CL50%( µg / ml)</b>	207,75	35,28	23,24
<b>CL90%( µg / ml)</b>	813,11	63,32	47,28

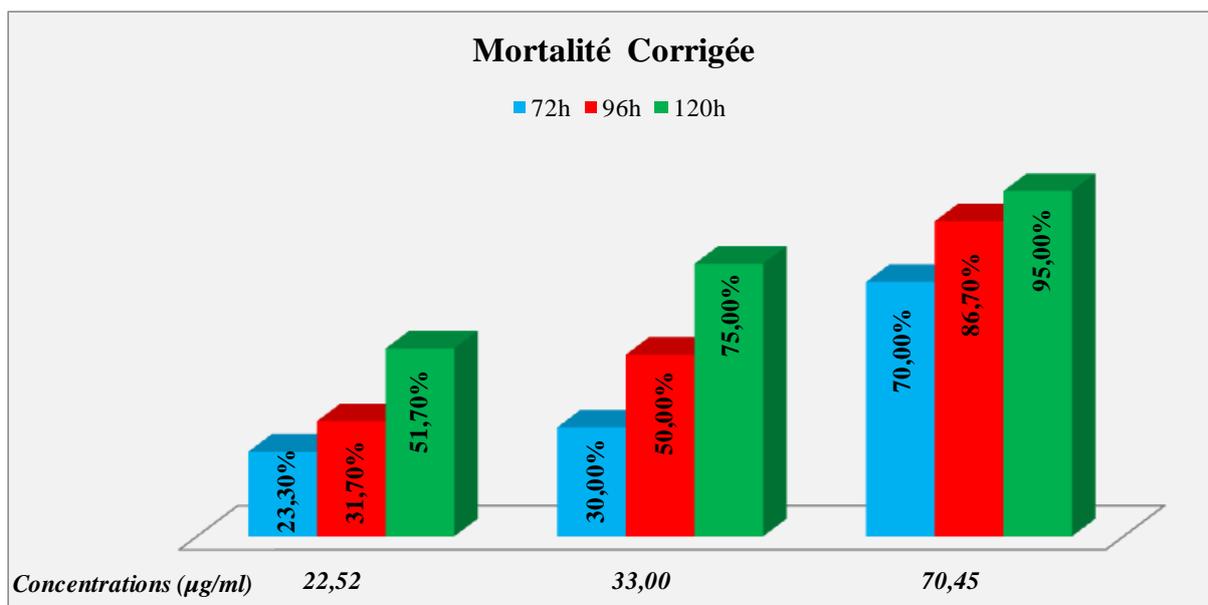
  

<b>B</b>			
Concentrations (µg / ml)	<b>38,09</b>	<b>72,72</b>	<b>160</b>
<b>Droite de régression</b>	$Y=-4,50 +5,85X$ $R^2=0,980$	$Y=-3,97 + 5,56X$ $R^2=1,000$	$Y=-6,97 + 8,79X$ $R^2=0,872$
<b>TL50%(h)</b>	42,06	41,04	23,00
<b>TL90%(h)</b>	69,62	69,74	32,16

### 3.2.3. Effet de *X. strumarium* sur la mortalité

La figure 35 montre que les larves du 4<sup>ème</sup> stade de *Cs. longiareolata* se réagie a l'extrait aqueux des feuilles de *X. strumarium* cette réaction se traduit par des taux de mortalité plus ou moins élevés selon les concentrations utilisées et surtout selon le temps d'exposition aux extraits.

Le taux de mortalité varie entre 23,3% et 51,7% pour la concentration la plus faible (22,52µg / ml) alors qu'il arrive jusqu'à 95,0% après 120h du début du traitement lorsqu'on expose les larves aux fortes concentrations (70,45µg / ml) (Fig. 35).



**Figure 35 :** Taux de mortalité corrigée des larves de 4<sup>ème</sup> stade de *Cs. longiareolata* traitées avec l'extrait aqueux des feuilles de *X. strumarium*.

### Les paramètres toxicologiques

La droite de régression après une exposition de 72h du traitement des larves est de la forme  $Y=0,6 + 2,64X$  ( $R^2=0,969$ ). Pour assurer une mortalité de 50% des insectes après 72 heures, la concentration de *X. strumarium* doit être égale à 46,41 µg / ml, par contre 141,74 µg / ml des feuilles de cette plante assurent la mortalité de 90% des moustiques dans les 72 heures. Les résultats montrent aussi qu'il y a de forte corrélation entre les concentrations et la mortalité ( $R^2= 0,994$ ) lorsqu'on arrive à 120h, dont la CL50% est de 21,23 µg / ml alors que la CL90% est de 53,19 µg / ml (Tab. 16 A).

En ce qui concerne la dose de 22,52 µg / ml, les calculs montre qu'il y a une forte corrélation entre la mortalité de moustique et le temps d'exposition puisque le coefficient de corrélation est de 0,910 dont la droite de régression est donnée par la formule  $Y=-2,05 +3,38X$ . Les temps létaux calculés sont de 121,84et 291,40 h pour lutter 50% et 90% des moustiques. Pour la concentration étant la plus élevée de 70,45 µg / ml, la droite de régression est de la forme  $Y=-3,84 + 5,05X$  ( $R^2=0,995$ ) ce qui montre qu'il existe une très forte corrélation entre la mortalité et le temps d'exposition. Son TL50% et TL90% ne dépassent pas les 56,29 et 100,91 h respectivement (Tab. 16 B).

**Tableau 16** : Paramètres toxicologiques de l'extrait aqueux des feuilles de *X. strumarium*

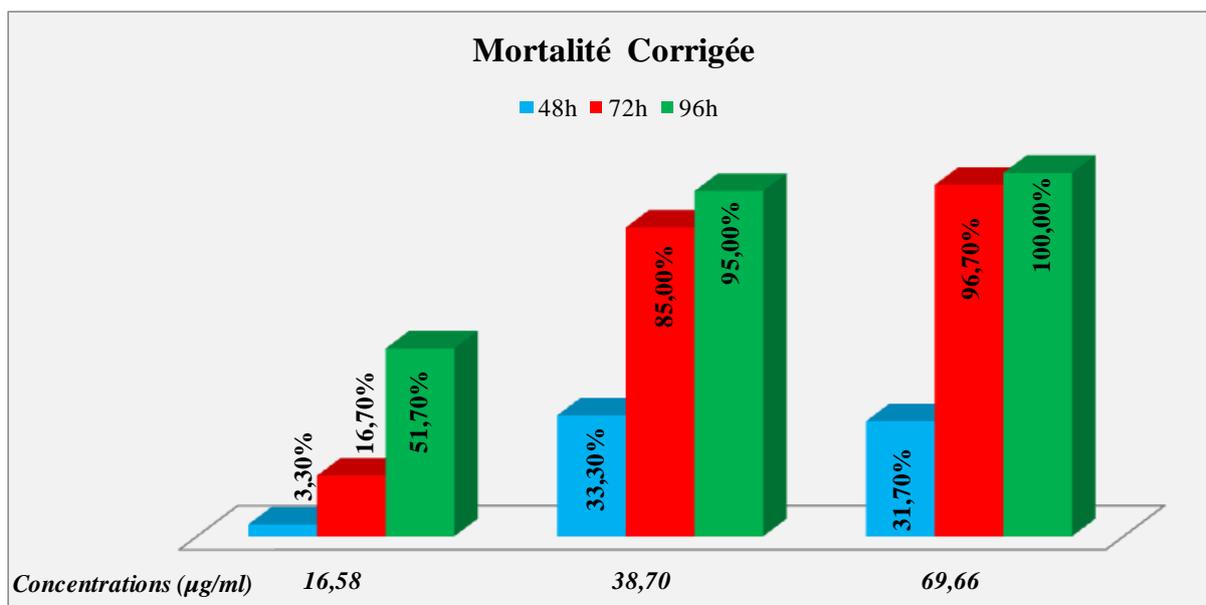
(**A** : Temps d'exposition ; **B** : Concentrations utilisées).

<b>A</b>			
<b>Temps(h)</b>	<b>72</b>	<b>96</b>	<b>120</b>
<b>Droite de régression</b>	Y=0,6 + 2,64X R <sup>2</sup> =0,969	Y=9,84E-02 + 3,26X R <sup>2</sup> =0,999	Y=0,74 + 3,21X R <sup>2</sup> =0,994
<b>CL50%( µg / ml)</b>	46,41	31,88	21,23
<b>CL90%( µg / ml)</b>	141,74	78,74	53,19
<b>B</b>			
<b>Concentrations (µg / ml)</b>	<b>22,52</b>	<b>33,00</b>	<b>70,45</b>
<b>Droite de régression</b>	Y=-2,05 +3,38X R <sup>2</sup> =0,910	Y=-5,48 + 5,35X R <sup>2</sup> =0,971	Y=-3,84 + 5,05X R <sup>2</sup> =0,995
<b>TL50%(h)</b>	121,84	90,96	56,29
<b>TL90%(h)</b>	291,40	157,80	100,91

### 3.2.4. Effet du *D. stramonium* sur la mortalité

La sensibilité des larves du quatrième stade de *Cs. longiareolata* aux extraits aqueux des feuilles de *D. stramonium* se traduit par des taux de mortalité plus ou moins élevés selon les concentrations utilisées et surtout selon le temps d'exposition aux extraits. Le taux de mortalité varie entre 3,30 % et 51,7 % pour la concentration la plus faible (16,58 µg / ml) alors qu'il arrive jusqu'à 100 % après 96 heures du début du traitement lorsqu'on expose les larves aux fortes concentrations (69,66 µg / ml) (Fig. 36).

Les larves du 4<sup>ème</sup> stades de *Cs. longiareolata* exposées aux extraits de *Datura stramonium* présentent des taux de mortalité moyens ne sont pas significativement différents au bout de tous les heures du traitement.



**Figure 36:** Taux de mortalité corrigée des larves de 4<sup>ème</sup> stade de *Cs. longiareolata* traitées avec l'extrait aqueux des feuilles de *D. stramonium*.

### Les paramètres toxicologiques

Les résultats montrent qu'il y a une forte corrélation positive entre les taux de mortalité enregistrés et le temps d'exposition et/ou la concentration de l'extrait utilisée contre les moustiques (Tab. 17). Pour assurer une mortalité de 50 % des insectes après 48 heures, la concentration de *D. stramonium* doit être égale à 91,23 µg / ml, par contre 336,16 µg / ml des feuilles assurent la mortalité de 90%. Lorsqu'on arrive à 72 heures, les calculs montrent que la CL50% est de 25,37 µg / ml, alors que la CL90% est de 48,85 µg / ml, après 96 heures de traitement, la CL50% et la CL90% ne dépassent pas les 16,94 µg / ml et 28,36 µg / ml, respectivement (Tab. 17 A).

Concernant les temps létaux, la concentration 16,58 µg / ml de feuilles de *D. stramonium* peut éliminer 50% de la population de *Cs. longiareolata* en environ 97,07 heures et 90% de ces moustiques peuvent être éliminés dans 156,15 heures de traitement. Lorsqu'on applique 38,7 µg / ml d'extrait de *D. stramonium*, le TL50% est d'environ 53,92 heures alors que le TL90% est autour de 82,11 heures. Concernant la concentration la plus élevée (69,66 µg / ml), les temps létaux calculés (TL50% et TL90%) sont respectivement, 52,07 heures et 64,33 heures (Tab. 17 B).

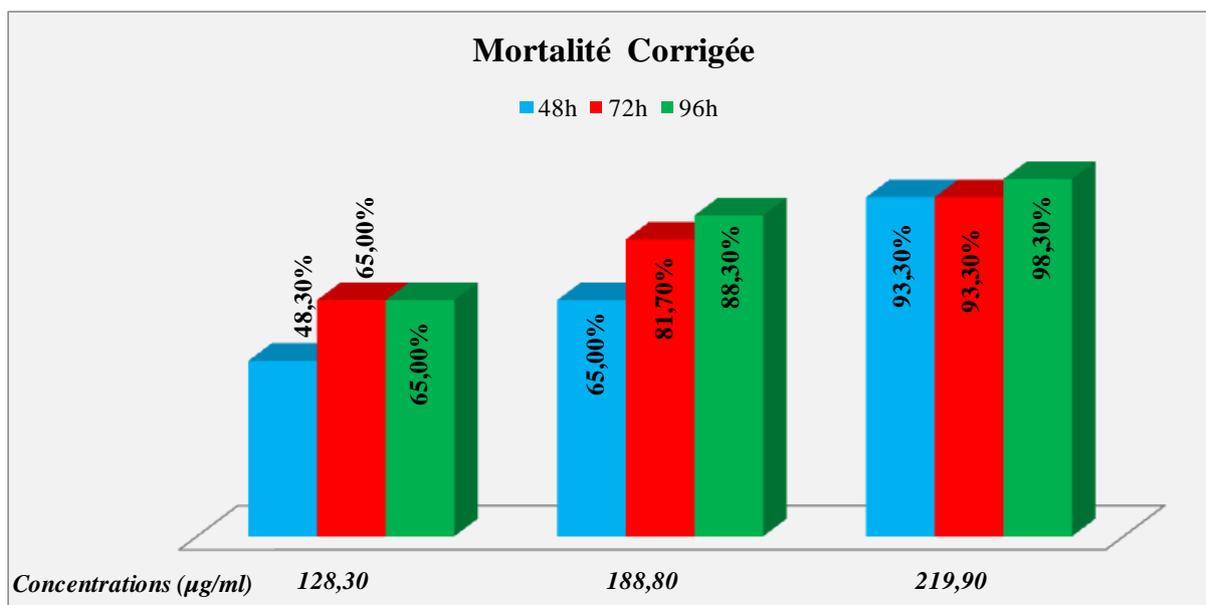
**Tableau 17** : Paramètres toxicologiques des extraits aqueux des feuilles de *D. stramonium*

(**A** : Temps d'exposition ; **B** : Concentrations utilisées).

<b>A</b>			
<b>Temps(h)</b>	<b>48</b>	<b>72</b>	<b>96</b>
<b>Droite de régression</b>	$Y=0,57 + 2,26X$ $R^2=0,812$	$Y=-1,32 + 4,50X$ $R^2=0,980$	$Y=-2,03+5,72X$ $R^2=0,970$
<b>CL50%( µg / ml)</b>	91,23	25,37	16,94
<b>CL90%( µg / ml)</b>	336,16	48,85	28,36
<b>B</b>			
<b>Concentrations (µg / ml)</b>	<b>16,58</b>	<b>38,7</b>	<b>69,66</b>
<b>Droite de régression</b>	$Y=-7,32+6,20X$ $R^2=0,986$	$Y=-7,14 + 7,01X$ $R^2=0,975$	$Y=-18,93 + 13,94X$ $R^2=1,000$
<b>TL50%(h)</b>	97,07	53,92	52,07
<b>TL90%(h)</b>	156,15	82,11	64,33

### 3.2.5. Effet de *S. elaeagnifolium* sur la mortalité

La sensibilité des larves du quatrième stade de *Cs. longiareolata* à *S. elaeagnifolium* est traduite par des taux de mortalité plus ou moins élevé selon les concentrations utilisées et surtout selon le temps d'exposition aux extraits de la plante. Le taux de mortalité varie entre 48,3 % et 65,0% pour la concentration la plus faible (128,3 µg / ml) et il arrive jusqu'au 98,3 % lorsqu'on expose les larves à la plus forte concentration (219,9 µg / ml). Les taux de mortalité moyens ne sont pas significativement différents au bout de tous les heures du traitement (Fig. 37).



**Figure 37 :** Taux de mortalité corrigée des larves de 4<sup>ème</sup> stade de *Cs. longiareolata* traitées avec l'extrait aqueux des feuilles de *S. elaeagnifolium*.

### Les paramètres toxicologiques

Les larves du 4<sup>ème</sup> stade de *Cs. longiareolata* exposées pendant 48h, 120h et 196 heures aux extraits de feuilles de *S. elaeagnifolium* présentent des taux de mortalité moyens corrélés aux concentrations utilisées. La droite de régression après une exposition de 48h du traitement des larves est de la forme  $Y = -11,69 + 7,83X$  ( $R^2 = 0,70$ ).

Pour assurer une mortalité de 50% des insectes après 48 heures, la concentration de *S. elaeagnifolium* doit être égale à 135,3 µg / ml, par contre 197,25 µg / ml des feuilles de cette plante assurent la mortalité de 90% des moustiques dans les 48 heures. 120h après le traitement, la droite de régression est donnée par la formule:  $Y = -3,76 + 4,33X$  dont  $R^2 = 0,928$  ce qui indique l'existence d'une forte corrélation positive entre la mortalité et les concentrations utilisées. Les calculs montrent que la CL50% est de 104,04 µg / ml alors que la CL90% est de 196,09 µg / ml lorsqu'on arrive au 196h (Tab. 18 A).

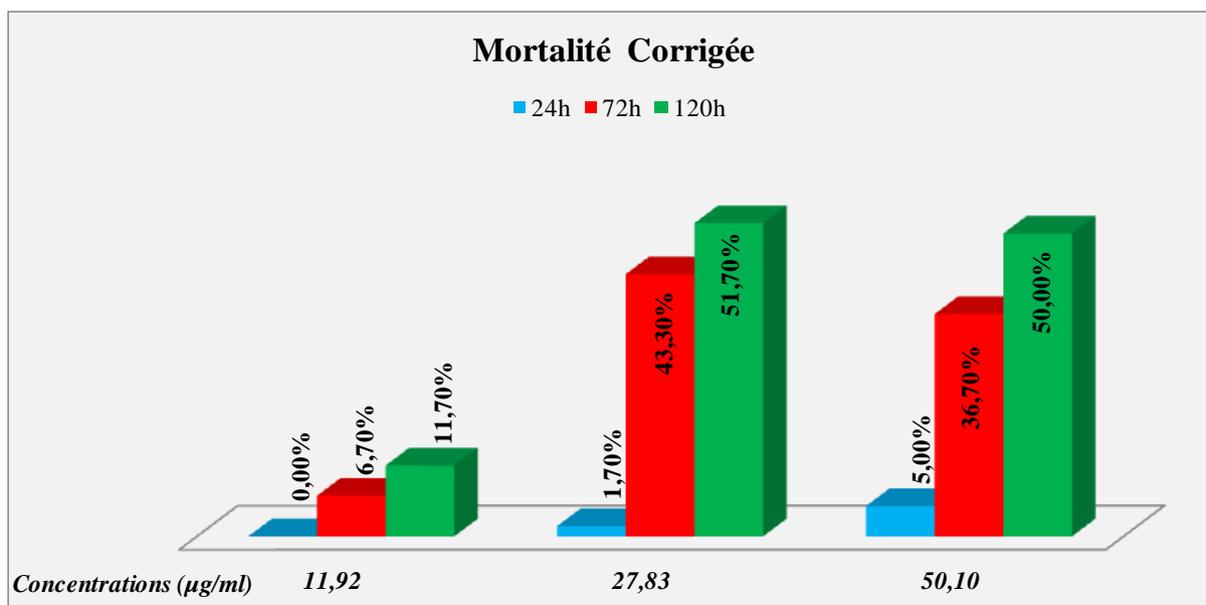
Les temps létaux calculés sont de 53,79 et 915,24 h pour lutter 50% et 90% des moustiques à une dose de 128,3 µg / ml de produit testé. Pour la concentration étant la plus élevée de 219,9 µg / ml, la droite de régression est de la forme  $Y = 5,27 + 0,59X$  ( $R^2 = 0,994$ ) ce qui montre qu'il existe une très forte corrélation entre la mortalité et le temps d'exposition. Son TL50% et TL90% ne dépassent pas les 0,34 et les 51,50 h respectivement (Tab. 18 B).

**Tableau 18** : Paramètres toxicologiques des extraits aqueux des feuilles de *S. elaeagnifolium*  
(**A** : Temps d'exposition ; **B** : Concentrations utilisées).

<b>A</b>			
<b>Temps(h)</b>	<b>48</b>	<b>120</b>	<b>196</b>
<b>Droite de régression</b>	$Y=-11,69 + 7,83X$ $R^2=0,707$	$Y= -3,76+4,33X$ $R^2=0,928$	$Y=-4,38 + 4,65X$ $R^2=0,999$
<b>CL50%( µg / ml)</b>	135,3	105,46	104,04
<b>CL90%( µg / ml g/l)</b>	197,25	208,30	196,09
<b>B</b>			
<b>Concentrations (µg / ml)</b>	<b>128,3</b>	<b>188,8</b>	<b>219,9</b>
<b>Droite de régression</b>	$Y=3,2 +1,04X$ $R^2=0,998$	$Y=1,94 + 2X$ $R^2=0,928$	$Y=5,27 + 0,59X$ $R^2=0,994$
<b>TL50%(h)</b>	53,79	33,88	0,34
<b>TL90%(h)</b>	915,24	147,91	51,50

### 3.2.6. Effet de *S. verbenaca* sur la mortalité

Les larves du quatrième stade de *Cs. longiareolata* sont sensibles au *S. verbenaca*. Cette sensibilité est traduite par des taux de mortalité moyennes selon les concentrations utilisées et surtout selon le temps d'exposition aux extraits de la plante. Le taux de mortalité varie entre 0 % et 11,7% pour la concentration la plus faible (11,92 µg / ml) et il arrive jusqu'à 50 % lorsqu'on expose les larves à la plus forte concentration (50,1 µg / ml) (Fig. 38).



**Figure 38 :** Taux de mortalité corrigée des larves de 4<sup>ème</sup> stade de *Cs. longiareolata* traitées avec l'extrait aqueux des feuilles de *S. verbenaca*.

### Les paramètres toxicologiques

La droite de régression après une exposition de 24h du traitement des larves est de la forme  $Y = -5,74 + 5,58x$  ( $R^2 = 0,924$ ). Pour assurer une mortalité de 50% des insectes après 24 heures, la concentration de *S. verbenaca* doit être égale à 84,08 µg / ml, par contre 142,60 µg / ml des feuilles de cette plante assurent la mortalité de 90% des moustiques dans les 24 heures. 50% des moustiques peuvent être éliminés au bout de 72h lorsqu'on applique une concentration de 54,95 µg / ml de *S. verbenaca* alors que les 90 % des insectes de cette espèce exigent l'utilisation de 239,88 µg / ml. Les calculs montrent que la CL50% est de 39,16 µg / ml alors que la CL90% est de 166,18 µg / ml lorsqu'on arrive au 120h (Tab. 19 A).

Les temps létaux calculés sont de 161,53 et 268,2 h pour lutter 50% et 90% des moustiques avec une dose de 11,92 µg / ml de produit étudié. Les résultats montrent, aussi, qu'il y a de forte corrélation entre les temps d'exposition et la mortalité lorsqu'on applique 27,83 µg / ml de produit ( $R^2 = 0,998$ ). Pour la concentration étant la plus élevée de 50,1 µg / ml, la droite de régression est de la forme  $Y = 1,76 \cdot 10^{-3} + 2,45x$  ( $R^2 = 0,985$ ) ce qui montre qu'il existe une très forte corrélation entre la mortalité et le temps d'exposition (Tab. 19 B).

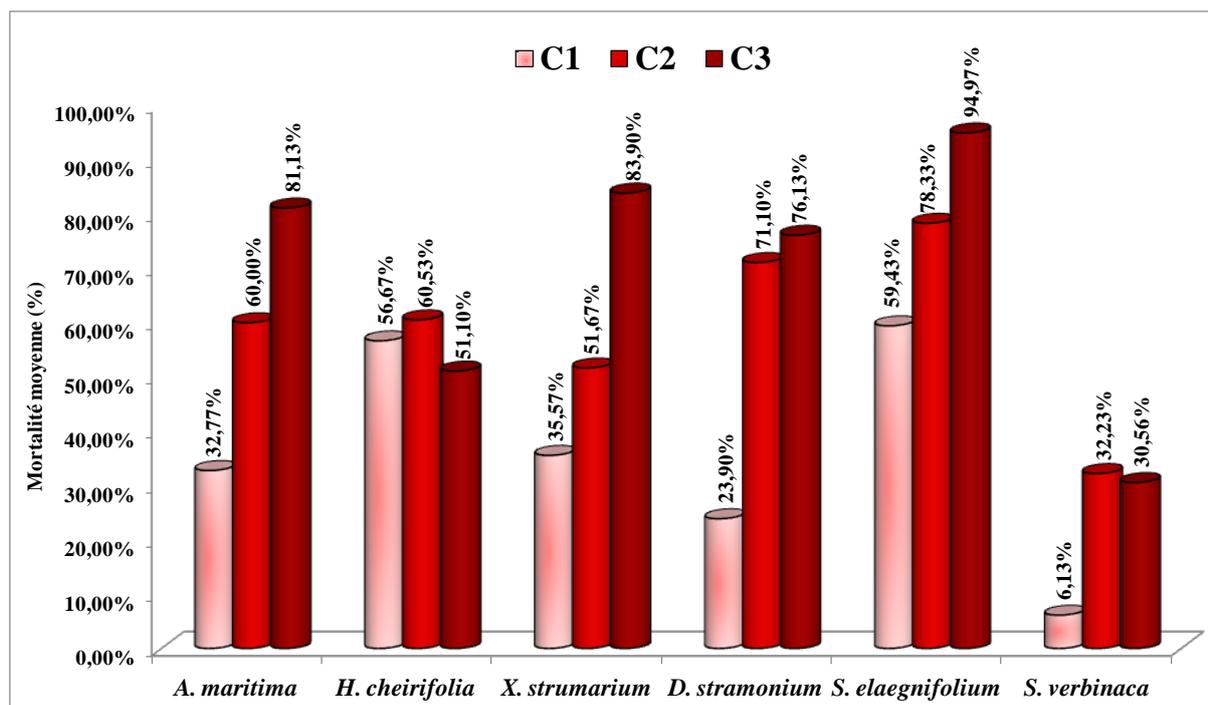
**Tableau 19** : Paramètres toxicologiques des extraits aqueux des feuilles de *S. verbenaca*

(**A** : Temps d'exposition ; **B** : Concentrations utilisées).

<b>A</b>			
Temps(h)	24	72	120
<b>Droite de régression</b>	$Y=-5,74+5,58x$ $R^2=0,924$	$Y=1,52+2x$ $R^2=0,744$	$Y=1,75+2,04x$ $R^2=0,818$
<b>CL50%( µg / ml)</b>	84,08	54,95	39,16
<b>CL90%( µg / ml)</b>	142,60	239,88	166,18
<b>B</b>			
<b>Concentrations (µg / ml)</b>	11,92	27,83	50,1
<b>Droite de régression</b>	$Y=-7,83+5,81x$ $R^2=0,941$	$Y=-1,44+3,11x$ $R^2=0,998$	$Y=1,76^{E-03}+2,45x$ $R^2=0,985$
<b>TL50%(h)</b>	161,53	117,68	109,67
<b>TL90%(h)</b>	268,2	303,6	365,2

### 3.2.7. Variation comparative du taux de mortalité engendré par les six extrais

Après avoir exposé les larves du stade L4 de l'espèce *Cs. longiareolata* aux différentes concentrations de 6 extraits aqueux testés, le taux de mortalité varie selon les concentrations (Fig. 39). Pour la majorité des extraits, la mortalité des larves dépasse un taux de 50 % à partir de la moyenne concentration (C2). Cependant, dans l'extrait du *H.cheirifolia* et *S. elaeagnifolium* la mortalité est atteinte à un pourcentage plus de 50 % dès la faible concentration C1 (56,67 µg / ml et 59,43 µg / ml) respectivement, par contre dans l'extrait du *S. verbenaca* la mortalité ne dépasse pas le seuil de 30% (30,56%) même à une forte concentration (C3). De l'ensemble de ces résultats un premier classement de l'efficacité toxique des extraits testés est mis en évidence.



**Figure 39 :** Les mortalités moyennes corrigées (%) des larves L4 de *Cs. longiareolata* en fonction de la concentration des extraits aqueux ( $\mu\text{g} / \text{ml}$ ) de 6 espèces végétales testées (C1 : faible dose, C2 : moyenne dose, C3 : forte dose).

# DISCUSSION



#### 4. Discussion

La biodiversité biologique est l'ensemble des êtres vivants, micro-organismes, plantes, champignons et animaux. Elle englobe leur variabilité, diversité et pluralité. Ce sont aussi les interactions qui les relient entre eux et avec le milieu où ils vivent (Mourot, 2020).

Les insectes constituent la classe des organismes vivants la plus diversifiée. En conséquence, c'est aussi la plus incomplètement inventoriée (Gillon, 1990).

La richesse taxonomique et la composition des communautés sont des données essentielles pour le biologiste de la conservation et plus largement pour tout gestionnaire attentif à la préservation du patrimoine naturel (Benhissen, 2016).

Nous avons effectué **un inventaire** étalé sur **deux ans** afin d'essayer une caractérisation écologique basée sur les principaux indices écologiques à savoir l'abondance, la fréquence, la diversité (Shannon), l'équitabilité, la phénologie et l'association faunistique. L'effet des sites d'étude et des saisons sur la répartition de peuplement culicidien a été encore étudié.

L'analyse des résultats des quatre sites étudiés au cours d'une période de **24 mois** dans la région de Batna, montre que la faune Culicidienne est représentée avec **neuf espèces**, appartenant à deux sous-familles: la sous-famille des **Culicinae** et celle des **Anophelinae**. Il apparaît d'après les résultats trouvés qu'il y a une prédominance de la sous-famille des Culicinae. Nous rejoignons la même conclusion sur la faune de l'Afrique de Nord et d'Algérie (Brunhes *et al.*, 1999 ; Boulkenafet, 2006 ; Merabti, 2010 ; Tahraoui, 2012 et Benhissen, 2016).

Pour la sous-famille des **Culicinae**, nous avons récolté **quatre espèces** réparties dans **trois genres** : *Culex*, *Culiseta* et le genre *Aedes*. Senevet et Andarelli, 1960 rapporte la présence de huit espèces de *Culex*, deux espèces de *Culiseta* et cinq espèces d'*Aedes* à Oran. Hamaidia, 2004 signale dans la région de Souk-Ahras la présence de neuf espèces appartenant au genre *Culex* et trois au genre *Culiseta*. Le même auteur signale la présence de deux espèces dans la région de Tébessa appartenant aux genres *Culex*, *Culiseta* et *Aedes*.

Pour le genre ***Culex*** qui est le mieux représenté dans cette sous-famille, nous avons identifié **quatre espèces** à savoir *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. hortensis* et *Cx. deserticola*.

**Le genre *Culiseta*** est représenté par **deux espèces**: *Cs. longiareolata* et *Cs. subochrea* enfin **le genre *Aedes*** est représenté par **une seule espèce** : *Ae. caspius*. Les mêmes espèces sont trouvées par (Benhissen, 2016) dans la région d'Ouled Djellal.

Bebba (2004) a noté la présence de treize espèces dans la région de Oued-Righ, il s'agit de quatre espèces de *Culex*, sept espèces d'*Aedes*, une seule espèce de *Culiseta* et une seule espèce d'*Anopheles*. Parmi elles *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Ae. caspius*, et *Cs. longiareolata* qui sont des espèces trouvées dans nos résultats. De sa part (Merabti *et al.*, 2017) dans la région de Biskra et (Hamaidia et Berchi, 2018) à Souk Ahras ont signalé la présence de *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. hortensis*, *Cs. longiareolata* et *Cs. subochrea*.

Dans **la sous famille des Anophelinae**, nous avons identifié **deux espèces**: *An. labranchiae* et *An. cinereus*, cette sous famille a été trouvée par (El Ouali Lalami *et al.*, 2010) au Maroc et par (Messai *et al.*, 2016) dans la région de Oum El Bouaghi. La même sous famille signalée également par (Bahchar *et al.*, 2017) dans la région ouest de Annaba. La première des espèces a été trouvée par (Hamaidia et Berchi, 2018) et (Hafsi *et al.*, 2021) à Souk Ahras alors que la deuxième a été trouvée par (Benhissen *et al.*, 2018) dans la région de Bousaâda.

Lors de nos prospections, le moustique le plus fréquemment récolté dans les 4 sites étudiés est *Cs. longiareolata* avec un taux de 52,07%, elle se rencontre dans les gîtes artificiels et naturels (Rioux, 1958), est une espèce à large répartition dans la région méditerranéenne (Brunhes, 2001). Durant nos prospections, nous l'avons trouvée dans tous les sites et pendant toute l'année. Hamaidia et Berchi, 2018 ont signalé son existence à Souk Ahras, Benhissen *et al.*, 2018 à Bousaâda et Nabti et Bounechada, 2019 à Sétif.

**La deuxième espèce** qui est caractérisée par une fréquence importante dans la région de Batna est *Cx. pipiens* avec un taux de 40,90% de la faune totale récoltée. Dans le sud de la France, on les rencontre dans les fosses septiques, caves, vides sanitaires inondés, égouts à ciel ouvert et bassins de lagunage (Sinegre *et al.*, 1977). Les *Culex* occupent de nombreuses régions du globe, notamment dans les régions tropicales, en Australie et en Europe (Bussieras et Chermette, 1991). *Cx. pipiens* est une espèce relativement commune en France et surtout en région méditerranéenne, on la retrouve également dans toutes les régions tempérées de l'hémisphère nord (Wall et Shearer, 1992), ses larves tolèrent les plus divers gîtes : bassin, fosses et les gîtes ruraux (Brunhes *et al.*, 2001). Elles se développent dans des eaux très

polluées par les matières organiques (fosse de drainage d'eaux usées, mare temporaire de la périphérie des villes...), on peut les rencontrer aussi dans des gîtes dont l'eau est fraîche et pure (Schaffner *et al.*, 2001). De sa part Berchi (2000) confirme l'existence de cette espèce dans les milieux urbains et sub-urbains de Constantine et plus particulièrement dans les gîtes riches en matière organique. Il est de même pour (Merabti *et al.*, 2017 ; Hamaidia et Berchi, 2018 et Chahed *et al.*, 2021) qui ont trouvés cette espèce dans des gîtes très divers.

Concernant l'espèce *Cx. theileri* inventoriée, elle s'étend de l'Afrique du Nord à la Russie, de l'Europe et du Maroc à l'Inde et au Népal (Brunhes *et al.*, 1999). Les larves préfèrent les gîtes naturels (Lounaci, 2003). *Cx. theileri* a été trouvé dans plusieurs régions d'Algérie, les travaux de (Lounaci, 2003) indique sa présence dans le marais de Réghaïa et ceux de (Berrezig, 2007 ; Aouati, 2009 et Tahraoui, 2012) indiquent la présence de cette dernière dans la région d'El-Kala.

D'après Brunhes *et al.* (1999), les larves de *Cx. hortensis* se trouvent dans les petits gîtes dépourvus de végétation, cette espèce n'a jamais été impliqué dans la transmission des parasitoses humaine, elle est connue au Maroc, en Tunisie mais aussi en Algérie (Hassain ,2002). Lounaci (2003) la récolté dans des gîtes pauvres en végétations et dans le marais de Reghia. (Hamaidia, 2004) a signalé cette espèce dans des gîtes permanents et temporaires avec ou sans végétations, dans les régions de Souk Ahras et Tébessa, alors que (Messai *et al.*, 2010) la récolté dans des gites temporaire (puits, bassin) dans les régions de Mila.

*Aedes caspius* a une large répartition et s'étend sur la quasi-totalité de la région paléarctique comprenant l'Europe, l'Afrique du nord et l'Asie au nord de l'Himalaya (Sinegre, 1974). Cette espèce est trouvée dans de nombreuses régions, elle a été signalée dans la région de Roufi (Nord-est de Biskra) Senevet et Anderlli (1960), dans la région de Tebessa par Aïssaoui (2014) et dans la région de Tizi Ouzou (Chahed *et al.*, 2021).

Contrairement à l'espèce *Cs. longiareolata*, *Cx. pipiens*, *Cx. theileri* et *Cx. hortensis* les espèces *Cx. deserticola*, *Cs. subochrea*, *Ae. caspius*, *An. labranchiae* et *An. cinereus* apparaissent comme **espèces rares**, cette rareté peut être s'explique par le pouvoir de tolérance de chaque espèce à la station qu'elle colonise et par les caractéristiques physico-chimiques de cette station (Messai *et al.*, 2016).

L'indice de **la diversité spécifique** (indice de Shannon-Weaver) est élevé lorsque la richesse taxonomique est importante et la répartition des individus entre taxons est équilibrée et l'indice de faibles valeurs traduit un peuplement moins diversifié avec des espèces dominantes (Faurie *et al.*, 2003).

Les valeurs de **l'indice de diversité** oscillent entre un minimum de -0,005 bits, valeur minimale enregistré au site de Dhraa Aissi ceci revient certainement à un nombre d'espèces dominante (dominance de *Cs. longiareolata*). Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de site de Parc à Fourrage est 0,612 bits ; et dans le site de Timgad 0,514 bits. Les deux sites présentent un peuplement moyennement diversifié ou plusieurs espèces sont numériquement représentées (richesse taxonomique). Blondel (1979), souligne qu'un peuplement est d'autant plus diversifié, que l'indice de diversité est plus grand. Selon Favet (1981) cité par Ponel (1983), l'indice de diversité est grand si les espèces sont représentées par un nombre comparable des individus.

**Les valeurs de l'équitabilité** dans tous les sites de récolte varient entre 0 comme minimum enregistré au niveau de site de Dhraa Aissi, ce qui reflète un environnement perturbé, le maximum observé dans le site de Parc à Fourrage, traduisant un état d'un fort équilibre, l'indice dépasse 0,738. Quant à l'échelle d'occurrence, la majorité des sites (4 sites) ont enregistré des espèces constantes qui appartiennent aux deux genres *Culex* et *Culiseta*, ce qui traduit l'hétérogénéité et la diversité de milieu. Cela s'explique par les caractéristiques écologiques des gîtes d'étude.

Dans la région de Souk Ahras (Hamaidia et Berchi, 2018) ont trouvé un indice de Shannon Weaver égal à 2.50 bits et une équitabilité de 0.67. L'indice de Shannon Weaver calculé au niveau de la région de Tizi-Ouzou est de 1.85 bits, avec une équitabilité de 0.5 (Chahed *et al.*, 2021). Ces valeurs sont en accord avec nos résultats trouvées dans la région de Batna ( $H'$  est de 1,399 ;  $E$  est de 0,439). Ces dernières désignent un milieu moyennement diversifié, ce qui signifie que les espèces trouvées n'ont pas les mêmes abondances.

D'après nos résultats concernant **la phénologie** des espèces récoltés dans notre région, nous avons trouvé que *Cs. longiareolata* et *Cx. pipiens* s'avèrent abondantes dans le milieu et apparaissent presque toute l'année. (Andarelli, 1954) indique que *Culiseta longiareolata* est une espèce commune dans presque tous les types de sites de reproduction de juin à novembre. Cependant (Juminer *et al.*, 1964) affirme que cette espèce présente un développement

automno-hiver-printemps continu. Alors que (Houmani *et al.*, 2017) affirme la présence de *Cx. pipiens* durant la période allant de Mars à Juin et de Septembre à Décembre.

Par contre *Ae. caspius*, *An. labranchiae* et *An. cinereus* ne sont présentent qu'au mois d'Aout et Octobre respectivement, (El Ouali Lalami *et al.*, 2010) indique que les larves d'Anopheles préfèrent l'eau douce bien oxygénée à température élevée avec de faibles niveaux d'éléments phosphorés, elle a été retrouvée en faibles densités (moins de 10 individus) notamment durant les mois de Juin, Juillet et Août, alors que (Messai *et al.*, 2016) ont confirmés la présence des Anophelinae pendant le mois D'octobre et Novembre. Concernant l'espèce *Ae. caspius* (Benhissen, 2016) a été trouvé qu'elle présente pendant toute l'année à Ouled Djellal.

L'utilisation de données concernant l'espèce représentative d'une région pour étudier la phénologie des espèces de la même région présente des limites. Or, si les espèces appartenant à la même classe, ont le même type de cycle biologique et sont présentes dans les mêmes biotopes, elles ne le sont pas nécessairement en même temps et peuvent ne jamais cohabiter, il existe une chronologie (Merabti, 2010).

Les conditions biotiques et abiotiques qui règnent dans le compartiment aquatique vont influencer directement le développement larvaire et indirectement le devenir des adultes en modifiant certains traits d'histoire de vie tels que la longévité, la masse et la fécondité. À leur tour, les conditions biotiques et abiotiques qui règnent dans le compartiment terrestre vont directement influencer la survie et la reproduction des adultes et indirectement la présence et l'abondance des immatures dans le compartiment aquatique (Talaga, 2016).

Chez les espèces plurivoltines, l'accélération du développement pourra se traduire par une augmentation du nombre de générations. L'apparition d'une ou plusieurs générations supplémentaires pourra alors avoir des conséquences importantes sur la dynamique des populations puisqu'elle permet une augmentation exponentielle des effectifs (Candau, 2008).

Pour l'association nous avons conclu également que *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* montre une **association** importante avec toute les espèces récoltées dans les différents sites prospectés, mais *Cs. subochrea*, *Ae. caspius*, *An. labranchiae* et *An. cinereus* ne présentent que de faible association avec leurs congénères.

L'association définit si une espèce peut s'associer à différentes espèces selon les exigences écologiques de ces milieux. C'est ainsi que nous avons pu appliquer la notion d'abondance dominante (Guinochet, 1973). Tylianakis *et al.*, 2008 indiquant que les changements climatiques affectent la répartition et l'abondance des espèces végétales et animales, mais également les interactions entre espèces d'un même écosystème.

On note que la composition Culicidiennes diffère selon **la localisation des sites d'étude et les saisons**, dont des différences très hautement significatives sont observées. Pour les espèces récoltées la localisation des sites influe sur la répartition de *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. hortensis*, *Cx. deserticola* et *Cs. longiareolata*. Alors que la saison n'influe que sur *Cx. pipiens*, *Cx. theileri* et *Cx. deserticola*.

Les moustiques, selon leur genre et leur espèce, utilisent une grande variété écologique de sites pour le développement de leurs larves dont différents paramètres tels que la couleur, humidité, ainsi que la présence de certains composés chimiques volatiles jouent un rôle crucial pour le choix du site d'oviposition par les femelles (Maire, 1983).

Le réchauffement climatique engendre beaucoup de modifications, notamment de température, précipitations, humidité et aurait un impact important sur les moustiques et les maladies qu'ils transmettent. En effet, ce changement climatique intervient sur la répartition, l'abondance, le comportement, la dynamique des populations de moustiques vecteurs de maladies (Mourot, 2020).

Pour Macan (1981), tout réchauffement ou refroidissement du milieu peut perturber le cycle de développement de plusieurs insectes aquatiques notamment chez les Culicidae. De ce fait, la température apparaît comme un élément important pour la survie, mais aussi pour la prolifération des moustiques (Kirkpatrick, 1925 ; Gaud, 1953 et El Kaïm, 1972). D'autre part, dans une population préimaginale dense, une température basse ralentit la vitesse de croissance des larves et des nymphes et entraîne alors une longévité plus grande de ces stades qui se traduit par le maintien de leurs densités à un niveau élevé, ceci peut expliquer les densités relativement élevées, observées en automne dans les gîtes où la température de l'eau baisse (Subra, 1971).

Les matières actives des insecticides utilisés appartiennent aux organophosphorés, pyréthrinoides et carbamates de synthèse. Ces préparations, bien qu'elles se soient révélées

très efficaces sur les moustiques culicidés, présentent plusieurs inconvénients. En effet, en plus de leur coût élevé, elles peuvent être à l'origine de divers problèmes environnementaux. Pour Barbouche *et al.* (2001), l'accumulation significative de matières actives dans les écosystèmes traités, aquatiques et terrestres est un problème de pollution. À tous ces inconvénients s'ajoute aussi un grand problème de développement de résistance aux insecticides chimiques, chez les insectes traités (Georghiou *et al.*, 1975 ; Sinegre *et al.*, 1977).

Pour assurer une meilleure intervention, tout en préservant au maximum le milieu naturel, de nouvelles méthodes préventives ainsi que de nouveaux produits sont constamment recherchés. Ainsi, pour contribuer à une gestion durable de l'environnement, la mise en place de nouvelles alternatives de contrôle des moustiques est davantage encouragée.

Les extraits aqueux, les poudres et les huiles essentiels des plantes contiennent des molécules ayant des propriétés insecticides selon (Fournier, 2003), l'insecticide connu depuis des siècles est le pyrèthre, une poudre obtenue à partir de *Chrysanthemum roseum* et *Chrysanthemum cinerariae-folium*. Comme toute lutte biologique elle constitue, si elle est couronnée de succès, une alternative plus respectueuse de l'environnement et de la santé humaine que la lutte chimique (Borowiec *et al.*, 2011).

Les propriétés insecticides de certaines plantes ont été démontrées sur les larves d'insectes. Les travaux de Aouinty *et al.* (2006) sur les larves de quatre moustiques culicidés à savoir *Culex pipiens*, *Aedes caspius*, *Culiseta longiareolata* et *Anopheles maculipennis* testant l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) et ceux de Sayah *et al.* (2014) avec les extraits de plantes aromatiques et Benhissen *et al.* (2019) avec *Ruta chalepensis* L. (*Rutaceae*) ont confirmé l'efficacité insecticide des extraits de ces plantes sur des larves de culicidés.

Dans notre recherche, la toxicité des extraits aqueux de six plantes appartenant à trois familles botanique comme les *Asteraceae* (*A. maritima*, *H. cheirifolia* et *X. strumarium*), les *Solanaceae* (*D. stramonium* et *S. elaeagnifolium*) et les *Lamiaceae* (*S. verbinaca*) a été étudiée sur les larves de 4<sup>ème</sup> stade de *Cs. longiareolata*. Pour chaque plante nous avons utilisé trois doses à administrer, chaque dose a été appliquée avec trois répétitions et un témoin. Pour ces extraits nous avons analysé les effets de la concentration et du type d'extrait sur l'action larvicide.

Nos résultats montrent que les 6 plantes testées entraînent une mortalité variable selon la concentration utilisée et le temps de traitement. Nous avons démontré que les concentrations létales (CL50%, CL90%) diminuent en fonction de la durée de traitement.

Au bout de 120h de traitement à base de l'extrait aqueux des feuilles de *A. maritima*, les taux de mortalité des larves augmente et peuvent atteindre 91,7% lorsqu'on utilise la plus forte concentration (61,63 µg / ml) dont la CL50% est équivalente à 11,65 µg / ml, alors que CL90% est égale à 52,40 µg / ml. Tandis que les temps létaux TL50% et TL90% sont respectivement 53,74 h et 108,59 h.

Beaucoup de travaux récents indiquent les effets molluscicide contre *Limnaea natalensis* et *Bulinus guernei* (Vassiliades et Diaw, 1980) et *Lymnaea cailliaudi* (Abou Basha *et al.*, 1994). En outre, de nombreux composés tels que tanins, alcaloïdes, saponines, résines et hispiduline ont été isolés de l'extrait d'*Ambrosia maritima* (Jenkins *et al.*, 1976 ; Mossa *et al.*, 1987).

Pour le traitement à base de *H. cheirifolia* un taux de mortalité de 100% a été enregistré après 72h lorsqu'on applique une forte dose de l'extrait (160 µg / ml), les concentrations létales CL50% et CL90% sont 23,24 µg / ml et 47,28 µg / ml respectivement avec TL50% et TL90% égale à 23,0h et 32,16h respectivement.

Les extraits de *H. cheirifolia* présentent une bonne activité antioxydante et confère une protection contre les dommages oxydatifs de la biomolécule. Alors, Les extraits de *H. cheirifolia* pourraient être une source d'antioxydants prometteuse pour la prévention et / ou le traitement du stress oxydatif lié ou maladies en tant qu'additifs dans les aliments, car ils pourraient retarder la dégradation des protéines et des lipides et ainsi améliorer la qualité et la valeur nutritive de la nourriture (Kada *et al.*, 2016).

De nombreuses recherches ont été menées sur la composition chimique et les activités biologiques des *Asteraceae*, mais seules quelques études ont été consacrées à ce genre. Des recherches phytochimiques antérieures sur le genre *Hertia* ont révélé la présence de sesquiterpènes eremophilénolides (Massiot *et al.*, 1990) et de sesquiterpènes de type bakcénolide. Des stéroïdes ont également été rapportés dans l'extrait au chloroforme (Ammar *et al.*, 2009).

Les travaux de (Attia *et al.*, 2012) ont été approuvés l'action insecticide de *H. cheirifolia* sur les acariens, ainsi que des effets spasmodiques et anti-inflammatoires des extraits bruts de la partie végétative de cette plante ont été signalés (Segueni *et al.*, 2017).

Après une durée de 120h l'extrait de *X. strumarium* entraîne mortalité de 95% avec une dose de 70,45 µg / ml. Les CL50% et CL90% arrive à 21,23 µg / ml et 53,19 µg / ml respectivement, alors que les TL50%(56,19h) et TL90% est de 100,91h.

*X. strumarium* L. ont été démontrés des actions hypoglycémiques (Hsu *et al.*, 2000) et une action dépressive importante sur le système nerveux central (Mandal *et al.*, 2001). Elles sont marquées tels que des antitrypanosomales (Talakal *et al.*, 1995), anthelminthique (Sharma *et al.*, 2003), antileishmanial, antifongique (Lavault *et al.*, 2005) anti-ulcérogènes (Favier *et al.*, 2005) et anti inflammatoire (Kim *et al.*, 2005; Yadava et Jharbade, 2007).

Le principe toxique de *X. strumarium* poison était isolé et identifié comme carboxyatractyloside (CAT), un inhibiteur hautement sélectif de phosphorylation oxydative (Scott *et al.*, 1993). Cette plante peut produire la dermatite de contact allergique dans les êtres humains (Mitchell et Rook, 1979). Des études antérieures ont rapporté que *X. strumarium* induit une intoxication et peut être mortel pour porcs et les humains (Stuart *et al.*, 1981), moutons (Loretti *et al.*, 1999) et bovins (Colodel *et al.*, 2000).

La famille des Solanacées est l'une des plus grandes familles de plantes, avec près d'une centaine de genres comprenant plus de 2 500 espèces. Les membres de la famille sont éparpillés sur tous les continents, aussi bien dans des climats tropicaux que tempérés. C'est une famille cosmopolite, composée d'herbes, buissons et arbustes et qui comprend des plantes médicinales et/ou toxiques, de nombreuses espèces alimentaires et ornementales. La diversité de la famille du point de vue chimique est importante et de redoutables poisons en sont issus (Hammiche *et al.*, 2013).

Au bout de 96h de traitement à base de l'extrait aqueux des feuilles de *D. stramonium*, les taux de mortalité des larves augmentent et peuvent atteindre 100% lorsqu'on utilise la plus forte concentration (69,66 µg / ml) dont la CL50% est équivalente à 16,94 µg / ml, alors que CL90%est égale à 28,36 µg / ml. Alors que les temps létaux TL50% et TL90% sont respectivement 52,07 h et 64,33 h.

Le jus des feuilles dans du lait chaud a été utilisé pour expulser les vers intestinaux, y compris les cestodes, des graines avec des huiles de palme utilisées à l'extérieur pour les piqûres d'insectes, au Nigeria (Rajbhandari, 2001 ; Egharevba , 2008).

*D. stramonium* est une plante toxique pour l'homme et les animaux (Bouzidi *et al.*, 2011). D'après (Kintz *et al.*, 2006) sa toxicité est connue depuis longtemps par la population marocaine, son ingestion entraîne l'apparition d'un syndrome anticholinergique ou atropinique avec des manifestations périphériques (mydriase, sécheresse cutanée et muqueuse et tachycardie) et centrales (confusion, agitation, hallucination, convulsion, dépression respiratoire et coma). Ces propriétés sont attribuées à ses alcaloïdes tropaniques qui sont des antagonistes muscariniques qui bloquent les récepteurs muscariniques cholinergiques (action parasympatholytique) (Gouille *et al.*, 2004).

D'après (Waller et Nowacki, 1972). Toutes les espèces de *Datura* sont toxiques, elles produisent des alcaloïdes du tropane, des composés organiques bicycliques et azotés qui ont un effet significatif sur la physiologie humaine et animale.

Les feuilles et les capsules ont montré la plus forte teneur en alcaloïdes dans les phases végétative et générative, respectivement. En général, les parties les plus jeunes des plantes contenaient plus d'alcaloïdes que les plus anciennes. La teneur en alcaloïdes a diminué rapidement dans les feuilles dans la phase générative (Iranbakhsh *et al.*, 2006).

Les extraits éthanoliques de feuilles de *D. stramonium* ont été évalués pour déterminer les activités larvicides et répulsives contre les moustiques *Ae. aegypti*, *An. stephensi* et *Cx. quinquefasciatus*. Les valeurs de DL50 pour l'activité larvicide se sont avérées être de 86,25 ; 16,07 et 6,25 ppm contre *Ae. aegypti*, *An. stephensi* et *Cx. quinquefasciatus* respectivement.

L'extrait éthanoliques de feuilles de *D. stramonium* a fourni un temps de protection complet (répulsion des moustiques) de 2,73 ; 71,66 et 117,7 minutes contre ces insectes à une concentration de 1% (Swathi *et al.*, 2012).

La toxicité du *D. stramonium* L. est connue depuis longtemps par la population marocaine, son ingestion entraîne l'apparition d'un syndrome anticholinergique ou atropinique avec des manifestations périphériques (mydriase, sécheresse cutanée et muqueuse et tachycardie) et centrales (confusion, agitation, hallucination, convulsion, dépression respiratoire et coma) ( Kintz *et al.*, 2006 ; Djibou et Brah Bouzou, 2000) .Ces propriétés sont

attribuées à ses alcaloïdes tropaniques qui sont des antagonistes muscariniques qui bloquent les récepteurs muscariniques cholinergiques (action parasympholytique) (Gouille , 2004).

La carte clinique des souris mâles et femelles traitées par les alcaloïdes totaux des graines de *D. stramonium* L. s'est caractérisée par une accélération de rythme cardiaque due probablement à un blocage de récepteurs muscariniques M2 conduisant à une suppression du tonus vagal (Kenneth, 2001), une difficulté respiratoire, et des fortes agitations et des convulsions par l'atteinte de système nerveux central (blocage de la production de l'acétylcholine dans les synapses du système nerveux central). Les animaux meurent généralement par arrêt respiratoire associé à des convulsions (Gouille *et al.*, 2004). La symptomatologie observée (tachycardie, agitation, difficulté respiratoire) chez les souris traitées par les alcaloïdes totaux des graines de *D. stramonium* L. est similaire à celle chez des patients hospitalisées après avoir fumé des cigarettes à base de fleurs séchées de datura, et consommés une infusion de thé associée à des graines de la plante (Djibo *et al.* ,2000). Les mêmes constatations ont été rapportées par Binev *et al.* (2006) dans une étude réalisée sur des chevaux mâles soumis à un régime alimentaire d'ensilage de maïs contaminé par la plante fraîche pendant 7 jours.

Pour le traitement à base de *S. elaeagnifolium* un taux de mortalité de 93,3% a été enregistré après 196h lorsqu'on applique une forte dose de l'extrait (219,9 µg / ml), les concentrations létales CL50% et CL90% sont 104,04 µg / ml et 196,09 µg / ml respectivement avec TL50% et TL90% égale à 0,34h et 51,50h respectivement.

D'après Symon *et al.*, (1991) parmi les familles d'angiospermes, les Solanacées figurent parmi les plus importantes pour l'êtres humains. Les espèces de cette famille sont utilisées comme aliments (*Solanum tuberosum* L. Pomme de terre, *Solanum lycopersicum* L. Tomate *Solanum melongena* L. et l'aubergine), drogues (*Nicotiana tabacum* L. et *Nicotiana rustica* L.) et comme plantes ornementales (*Petunia hybrida* Hort.).

D'après Ryndina *et al.*, (1977) Chez les animaux recevant la Solasodine intra-gastriquement, en plus du retard de leur mobilité, il a été noté qu'ils saignaient de leurs naseaux qu'ils avaient des perturbations dyspeptiques et qu'ils urinaient involontairement. Chez certains, il y avait une paresse aux membres postérieurs. Une partie des animaux périt au bout de 1 à 3 jours. Après quelques améliorations des conditions vers les 10ème au 12ème

jour, des signes d'intoxication ont encore été observés et les animaux sont morts après (au bout de 2 à 3 semaines).

*Solanum* est une source riche pour plusieurs classes de composés tels que les alcaloïdes (Emmanuel *et al.*, 2006), des stéroïdes (Ferro *et al.*, 2005) et des composés phénoliques (El-Sayed et Hassan, 2006) qui entre dans l'industrie pharmacochimique (Trione et Cony, 1990).

De nombreuses espèces du genre *Solanum* sont utilisées dans les médicaments populaire de différents pays, tels que l'hypoglycémique (Kar *et al.*, 2006), hépatoprotecteur et hépatotonique (De Silva *et al.*, 2003; Son *et al.*, 2003), laxatif, apéritif, cardiotonique (Mans *et al.*, 2004), antispasmodique, traitement de la douleur rénale et l'épilepsie (Perez *et al.*, 2006).

Des études récentes ont identifié d'autres utilisations potentielles de *S. elaeagnifolium* en tant que extraits de plante. ont montré une activité molluscicide et nématocide, ainsi que des propriétés anticancéreuses (Heap *et al.*, 2007)

Plus haute mortalité du coléoptère rouge de la farine *Tribolium castaneum* étaient enregistré chez des larves traitées à l'extrait méthanolique de Graines de *S. elaeagnifolium* (Hamouda *et al.*, 2015).

*S. elaeagnifolium* considérait comme un avenir source d'agent antibactérien contre les bactéries résistantes aux antibiotiques. Son feuillage soluble dans l'eau (extraits) ont inhibé la germination et la croissance des racines de graines de coton et de la laitue, respectivement *S. elaeagnifolium* contient des glycoalcoïdes qui peut être hydrolysé dans l'intestin pour former des toxines nerveuses tels que les alcalins ou les alkamines. Bovins qui consomment 0.1-0.3% de leur poids vif en présentoir de baies mûres symptômes d'intoxication modérée, tandis que les moutons sont plus résistants aux toxines et les chèvres ne sont pas affectées (Boyd *et al.*, 1984).

Dans la flore de l'Algérie, les Lamiacées sont représentées par 28 genres et 146 espèces (Bendif, 2017), Ce sont des plantes à fleurs herbacées ou arborescentes très parfumées (Silvant, 2014). 40% des espèces de cette famille contiennent des composés qui possèdent des propriétés aromatiques (Verse, 2007).

Après une durée de 120h l'extrait de *S. verbenaca* entraîne une mortalité qui ne dépasse pas 50% avec une dose de 50,1 µg / ml. Les CL50% et CL90% arrive à 39,16 µg / ml et 166,18 µg / ml respectivement, alors que les TL50%(109,67h) et TL90% est de 365,2h.

Les espèces du genre *Salvia* L. sont des plantes très fascinantes, qui n'ont jamais perdu leur importance. Environ 1000 espèces ont été exploitées largement dans plusieurs domaines, par exemple, les huiles essentielles sont utilisées en parfumerie, l'huile des graines comme un adoucissant et les racines comme des tranquillisants (Aktas *et al.*, 2009).

*S. verbenaca* pourrait être considéré comme une source potentielle d'agents antihémolytiques, modulateurs d'enzymes, antioxydants et antibactériens naturels (Belkhir *et al.*, 2017). Des analyses chromatographiques effectuées sur *S. verbenaca* d'Algérie de Hammam Dalaa Wilaya de M'sila ont montré que sont huile essentiel a une activité antioxydante, antifongique et antimicrobienne (Kheniche *et al.*, 2013).

Différentes propriétés médicinales ont été reconnues aux espèces *Salvia* telles que l'atténuation de la dépendance à la morphine, les propriétés cardio-actives, l'hypoglycémie, l'activité anti-nociceptive, anti-inflammatoire, antioxydante, activité anti-ulcère, antimutagène, et l'activité anti tumorale. En méditerranée, la sauge est utilisée pour ses propriétés antispasmodique, antibactérienne, antifongique, diurétique, régulatrice des désordres du cycle menstruel, antihémorragique (Hosseinzadeh *et al.*, 2009; Shahneh *et al.*, 2013). La plante est également connue sous le nom de bactéricide utile contre les maux des voies respiratoires (Cardile *et al.*, 2009; Mancini *et al.*, 2009).

# CONCLUSION



### 5. Conclusion

Les moustiques sont des diptères qui posent un problème de santé humaine et animale, leur rôle vecteur a été démontré depuis longtemps dans plusieurs régions de monde. La réussite d'un programme de lutte contre ces maladies nécessite une connaissance préalable et approfondie de ces vecteurs. Un plan d'action anti-vectoriel efficace se base sur une connaissance préalable des vecteurs dans leur milieu naturel pour préciser les biotopes et les périodes d'intervention ainsi que les conditions qui favorisent leur pullulation (Merabti, 2016).

A ce titre le travail ainsi présenté s'inscrit dans un cadre d'inventaire des culicidés des Aurès (Batna) d'un part, et l'étude de l'impact des variations environnementaux sur la répartition de cette population dans la région. Afin de caractériser le peuplement culicidien dans la zone de Batna, des paramètres écologiques ont été calculés pour connaître l'abondance, la richesse et la fréquence d'occurrence des différentes espèces composant ce peuplement.

L'étude systématique des moustiques, portée essentiellement sur le stade larvaire, prélevés des différents sites, a permis d'identifier 9 espèces de Culicidae, appartenant à quatre genres (*Culex*, *Culiseta*, *Aedes* et *Anopheles*) présents avec différents effectifs. Néanmoins, on peut penser que les espèces rares et peu répandues seront plus sensibles aux changements environnementaux que les espèces plus abondantes et ubiquistes, a priori plus robustes.

Ce travail bien que préliminaire, mériterait d'être plus élargi, par une poursuite de l'inventaire dans d'autres régions et durant plusieurs années, pour avoir une liste plus complète des espèces de Culicidae en Algérie.

Au cours de cette étude, nous avons marqués que *Cs. longiareolata* était l'espèce la plus abondante dans la région prospectés. Cet insecte devenu de plus en plus résistant aux insecticides conventionnels, il est urgent d'appliquer d'autres méthodes de lutte en utilisant, de préférence, des insecticides non toxiques pour l'homme et les animaux. Ces nouvelles molécules, ou biopesticides, sont généralement issues du milieu naturel, c'est le cas des composés que nous avons étudiés dans la deuxième partie de cette thèse : six extraits de plantes appartenant à trois familles botanique à savoir les *Asteraceae* (*Ambrosia maritima*,

*Hertia cheirifolia* et *Xanthium strumarium*), la famille des *Solanaceae* (*Datura stramonium* et *Solanum elaeagnifolium*) et les *Lamiaceae* (*Salvia verbinaca*).

Nous avons mis en évidence l'effet toxique des extraits testés sur les larves de quatrième stade larvaire de *Cs. longiareolata*. La mortalité observée est corrélée positivement avec les doses et la durée d'exposition des larves à cette molécule.

Les résultats obtenus montrent que les plantes étudiées sont prometteurs comme larvicide contre *Cs. longiareolata*, ils pourraient être des bonnes alternatives aux pesticides chimiques, tout en préservant la santé humaine et l'environnement.

# RÉFÉRENCES

## BIBLIOGRAPHIQUES



### Références bibliographiques

- Abou Basha L.M., El Sayad M.H., Allam A.F., Osman M.M. 1994- The effect of *Ambrosia maritima* (Damsissa) on the viability of *Lymnaea cailliaudi* is an experimental study. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology* 24(3):513-517.
- Acheuk F., Abdellaoui K., Lakhdari W., Dehliz A., Ramdani M., Barika F., Allouane R. 2017-Potentiel bio-insecticide de l'extrait brut de la plante saharienne *Artemisia judaica* en lutte anti-vectorielle: cas du moustique commun *Culiseta longiareolata*. *Journal Algérien des Régions Arides* (14) : 109-116.
- Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière, 2011- Rubrique Monographie Wilaya de Batna. 5p.
- Agharkar S.P. 1991- Medicinal plants of Bombay presidency. Jodhpur (India), Scientific Publishers, 230 p.
- Aissaoui L. 2014- Etude écophysiological et systématique des Culicidae dans la région de Tébessa et lutte biologique. Thèse Doc. Biologie animale, Univ. Annaba, 187p.
- Aitken T. H. G. 1954- The *Culicidae* of Sardinia and Corsica (Diptera). *Bull. Ent. Res.* 45(3): 437-494.
- Akhgar M.R., Ghazanfari D., Shariatifar M. 2012- Chemical composition of the essential oil of *Hertia intermedia* (Boiss.) O. Kuntze from Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 15(3): 360 – 363.
- Aktas K., Özdemir C., Özkan M., Akyol Y., Baran P. 2009- Morphological and anatomical characteristics of *Salvia tchihatcheffii* endemic to Turkey. *African Journal of Biotechnology* 8 (18):4519-4528.
- Aliasgharpour M., Hekmet Shoar H., Hosseyni M. S. 2000- Stigma of *Datura stramonium* L. (*Solanaceae*): Histogenesis, morphology and developmental anatomy. *J. Sci.I. R. Iran* 11(4): 267-276.
- Ammar S., Edziri H., Mahjoub M.A., Chatter R., Bouraoui A., Mighri Z. 2009- Spasmolytic and anti-inflammatory effects of constituents from *Hertia cheirifolia*. *Phytomedicine* 16:1156–1161.
- Andarelli L. 1954- Les Anophelinés et les Culicinés de L'Aurès, la lutte antipaludique en Algérie (Campagne 1953). *Parasit Paris* 45(9):385-386.

- Andreo V. 2003- L'effet anti-gorgement sur un chien d'un shampoing à 0,07% de deltaméthrine sur un moustique du complexe *Culex pipiens*. Thèse de Médecine Vétérinaire, Toulouse, 70 p.
- Aouati A. 2009- Inventaire des Culicidae des zones humides et des forêts de chêne-liège. Caractérisation systématique par les profils des hydrocarbures cuticulaires. Essais de lutte. Mém. Mag. Univ. Annaba.
- Aouinty B., Oufara S., Mellouki F., Mahari S. 2006- Évaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 10 (2) : 67 – 71.
- Artaud. C. R., Langdon K. R. 1977- *Datura* sp. : weed, ornamental, drug, poison ; with a bizzare medical history. Nematology (botany) circular N° 25.
- Attia S., Grissa K.L., Mailleux A.C., Heuskin S., Lognaye G. 2012- Acaricidal activities of *Santolina Africana* and *Hertia centifolia* essential oils against the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *Pest management science* 68(7) : 1069-1076.
- Aurès, 2013- Annuaire économique et social de Batna.192p.
- Azoui I. 2017-Inventaire de la faune blattoptère urbaine et forestière dans la région de Batna avec caractérisation des principales espèces d'intérêt et essais de lutte. Thèse Doc. Ecologie et environnement, Univ Batna, 156p.
- Banafshi O., Abai M.R., Ladonni H., Bakhshi H., Karami H., Azari-Hamidian S. 2013- The fauna and ecology of mosquito larvae (Diptera: Culicidae) in western Iran. *Turkish Journal of Zoology* 37: 298-307.
- Barbault R. 1981- Ecologie des populations et peuplements. Ed. Masson, Paris, 200p.
- Barreda., Luis P., Maria CT., Eduardo B.O., Ian R., Félix F., Viviana D. 2015- Early evolution of the angiosperm clade *Asteraceae* in the *Cretaceous* of Antarctica. 112(35), 10989–10994.
- Bebba N. 2004- Etude comparative des effets d'insecticides sur les populations larvaires des Culicidae de Constantine et Oued Righ. Univ. de Constantine,102p.
- Becker N., Petric D., Zgomba M., Boase C., Madon M.B., Dahl C., Kaiser A. 2010- Mosquitoes and Their Control. 2nd ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg Publisher, 577p.

- Belkhiri F, Baghiani AR, Zerroug MM, Arrar L (2017). Investigate of antihemolytic, xanthine oxidase inhibition, antioxidant and antimicrobial properties of *Salvia verbenae* L. aerial part extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 14(2), 273-281.
- Belloula s. 2020- Caractérisation des facteurs écologiques influents sur le dépérissement du cèdre de l'atlas, cas des cédraies du massif des Aurès. Thèse Doc. Sciences forestières, Univ. Batna1, 151 p.
- Bendif H. 2017- Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques *Lamiaceae*: *Ajuga reptans* (L.) Schreb., *Teucrium polium* L., *Thymus munbyanus* subsp. *coloratus* (Boiss. & Reut.) Greuter & Burdet et *Rosmarinus eriocalyx* Jord & Fourr. Thèse doc. Biotechnologie végétale, l'école normale supérieure de Kouba, Alger, 154 p.
- Benhissen S. 2016- Identification, composition et structure des populations Culicidiennes de la région d'Ouled-Djellal (Biskra). Effet des facteurs écologiques sur l'abondance saisonnière. Essais de lutte. Thèse de Doc., option Ecologie Animale, Univ. de Annaba, 136p.
- Benhissen S., Habbachi W., Rebbas K., Masna F. 2018- Études entomologique et typologique des gîtes larvaires des moustiques (Diptera : Culicidae) dans la région de Bousaâda (Algérie). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège* 87 :112 – 120.
- Benhissen S. , habbachi W., Rebbas K., Masna F. 2019-Bioactivité des extraits foliaires de *Ruta chalepensis* L. (*Rutaceae*) sur la mortalité des larves de *Culiseta longiareolata* (Diptera, Culicidae). *Journal Scientifique Libanaise* 20(1) : 1-9.
- Benyacoub S., Chabi Y. 2000- Diagnose écologique de l'avifaune du Parc National d'El-Kala. Composition, statut de répartition. *Revue des sciences et technologie*, Univ. Annaba.
- Berchi S. 2000-Bioécologie de *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de luttés. Thèse de Doc. en Sciences, option Entomologie, Université de Constantine, Algérie, 133 p.
- Berrezig W. 2007- Inventaire des Culicidae dans les subéraies de Brabtia au niveau du Parc National d'El-Kala.
- Binev R., Valchev I., Niklov J. 2006- Clinical and pathological studies of Jimsonweed (*Datura stramonium*) Poisoning in Horses. *Trakia Journal of Science* 4(3): 56-63.

- Blondel J. 1975- L'analyse des peuplements d'oiseaux. Element d'un diagnostic écologique. La méthode d'échantillonnages fréquentiels progressifs (E.F.P.), *Rev. Ecol. Terre et vie.* 29(4):533-589.
- Blondel J. 1979- Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris, 173 p.
- Bonizzoni M., Gasperi G., Chen X., James A.A. 2013- The invasive mosquito species *Aedes albopictus*: current knowledge and future perspectives. *Trends Parasitol.* 29(9):460-8.
- Borowiec N., Fleisch A., Kreiter P., Tabone E., Malausa T., Fauvergue X., Quilici S., Ris N., Malausa J.C. 2011- Lutte biologique classique et insectes phytophages Ou en est la recherche ? Quels en sont les enjeux et dans quel contexte ? Que en est la évolution future ? *Phytoma* 647 :16-19.
- Boulkenafet F. 2006- Contribution à l'étude de la biodiversité des Phlébotomes (Diptera : Psychodidae) et appréciation de la faune Culicidienne (Diptera : Culicidae) dans la région de Skikda. Mém. Mag. Université de Constantine, 191p.
- Bourassa J.P. 2000 - Le Moustique : par solidarité écologique. Les Éditions du Boréal. Montréal, 237 p.
- Bouzidi A ., Mahdeb N., Kara N. , Benouadah Z. 2011- Analyse qualitative et quantitative des alcaloïdes totaux des graines de *Datura stramonium* L. *Agriculture* 2 : 79-88
- Boyd J.W., Murray D.S., Tyrl R. J. 1984- Silver leaf nightshade, *Solanum elaeagnifolium*, origin, distribution and relation to man. *Economic Botany* 38: 210-217.
- Bremer K. 1994- *Asteraceae* cladistics and classification. Portland, Oregon : Timber Press. 752 p.
- Brumpt, 1936- Précis de parasitologie. Tome 2. Coll. Précis médicaux, Massons, Paris, 1457-1550.
- Brunhes J. , Rhaim A.,Geoffroy B., Angel G., Hervy J.P., Hassaine K., Fossati O., D'Amico F.,Villegou J., Mires S., Breuil F. 1999- Les moustiques de l'Afrique méditerranéenne, logiciel d'identification et d'enseignement . Montpellier/Tunis, L'Institut de recherche pour le développement, L'Institut Pasteur de Tunis.
- Brunhes J., Hassain K., Rhaim A., Hervy J.P. 2000- Les espèces de l'Afrique méditerranéenne : Espèces présentes et répartition (Diptera, Nematocera). *Bull. Ent. France extrait* 105(2): 195-204.
- Brunhes J., Schaffner F., Angel G., Geoffroy B., Hervy J.P., Rhaiem A. 2001- Moustiques d'Europe. Institut de recherche pour le développement. IRD. Logiciel d'identification.

- Bussieras J., Chermette R. 1991- Entomologie Vétérinaire, Abrégé de Parasitologie vétérinaire. Fascicule IV, Ed Service de Parasitologie ENVAfort, 163p.
- Buttenschon R. M., Bohren C., Waldispühl S. 2009- Directives pour la lutte contre l'ambrosie à feuilles d'armoise (*Ambrosia*).47p.
- Cachereul A. 1997-Les moustiques: cycle de développement, aspects anatomophysiologiques et régulation du cycle ovarien, Thèse de Médecine Vétérinaire, Nantes, 117p.
- Camarasa J., Canigual S., Iglesias J., Marin E. 1982- Sur les aglycones flavoniques des feuilles de *salvia verbenaca* L. hydroxy-5 diméthoxy-7,4' flavone, flavonoïde nouveau pour le genre *salvia* L. *Plantes médicinales et phytothérapie Tome 16(3) : 192-196.*
- Candau J.N. 2008- Impacts du changement climatique sur les insectes ravageurs des forêts méditerranéennes. *forêt méditerranéenne XXIX, n° 2 :153p.*
- Caminade C., Medlock J.M., Ducheyne E., McIntyre K.M., Leach S., Baylis M. 2012- Suitability of european climate for the asian tiger mosquito *Aedes albopictus* : recent trends and future scenarios. *J.R. Soc. Interface 9(75):2708-17.*
- Cardile V., Russo A., Formisano C., Rigano D., Senatore F., Arnold N.A., Piozzi F. 2009- Essential oils of *Salvia bracteata* and *Salvia rubifolia* from Lebanon: Chemical composition, antimicrobial activity and inhibitory effect on human melanoma cells. *Journal of Ethnopharmacology 126: 265-272.*
- Carnevale P., Robert V. 2009- Les anophèles : Biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle. IRD Editions, Marseille, 391p.
- Chahed S., Brahmi K., Djouaher T. 2021- Étude sur la faune Culicidienne (Diptera: Culicidae) de la région de Tizi-Ouzou (Nord d'Algérie) : Biodiversité, abondance et répartition. *Entomologie Faunistique -Faunistic Entomology 74 :1-12.*
- Chiale A., Cabrera J. L., Juliani H. R. 1991- Kaempferol 3-(6''-cys-cinnamoyl glucoside) from *Solanum elaeagnifolium*. *Phytochemistry 30: 1042-1043.*
- Ciccio J. F., Chaverri C. 2015- Essential oil composition of *Ambrosia cumanensis* (*Asteraceae*) from Costa Rica. *American Journal of Essential Oils and Natural Products 3(2): 15-21.*
- Clements A.N. 1992- The biology of mosquitoes, Volume 1, Development, nutrition, and reproduction. CABI Publishing, Oxfordshire, UK, 532 p.
- Clements A. N. 1999- The Biology of Mosquitoes: Sensory, Reception, and Behaviour. CABI Publishing, Eastbourne.
- Clements A. N. 2000- The biology of mosquitoes: development, nutrition and reproduction. CABI publisher, New York, 509 p.

- Colodel E.M., Driemeier D., Celso P. 2000 -Experimental poisoning of *Xanthium cavanillesii* (Asteraceae) fruits in cattle. *Brazilian Veterinary Research* 21: 31-38.
- Coosemans M., Van Gompel A. 1998- Les principaux arthropodes vecteurs de maladies. Quels risques pour le voyageur d'être piqué ? D'être contaminé ?. 3ème Journée biennale de Médecine des voyages, Institut de médecine tropicale Prince Léopold, 1977(6) :1-7.
- Coldrey S., Bernard G. 1999-Le moustique. Les Editions école active. Montréal, 25p.
- Crosby D.G. 1966- Natural pest control agents. In Gould, R.F. (Ed.). *Natural Pest Control Agents. Adv. Chem. Ser.* 53:1-16.
- Daget P. 1976- Les modèles mathématiques et écologiques. Edition Masson,Paris, 478 p.
- Dajoz R. 1975- Précis d'écologie. Edition Bordas, Paris, 549p.
- Dajoz R. 1985- Précis d'écologie. Edition Bordas, Paris, 505 p.
- Dajoz R, 2000- Précis d'écologie. 7<sup>ème</sup> Ed. Dunod, Paris, 433 p.
- Darriet F. 2014 Des moustiques et des hommes Chronique d'une pullulation annoncée. IRD Editions. Marseille.141p.
- David J.P., Rey D., Pautou M.P., Meyran J.C. 2000- Differential toxicity of leaf litter to dipteran larvae of mosquito developmental sites. *J. Invertebr. Pathol.* 75 : 9–18.
- De Silva H.A., Saparamadu P.A., Thabrew M.I., Pathmeswaran A., Fonseka M.M., De Silva H. J. 2003- Liv.52 in alcoholic liver disease, a prospective, controlled trial. 84:47-50.
- Diarra M. L 2009- Répartition d'une plante molluscicide dans le district de Bamako *Ambrosia maritima* L.(Asteraceae). Thèse Doc. Pharmacie. Université de Bamako, République du Mali,71p.
- Dierl W. 1979-Insectes papillon, coléoptères, libellules et autres insectes de nos régions. Fernand Nathan éditeur, paris, 144p.
- Djibou A., Brah Bouzou S. 2000- Intoxication aigüe au "sobi-lobi" (*Datura*). À propos de quatre cas au Niger. *Bull. Sco. Pathol. Exot.* 93: 294–297.
- D R C, 2017- Monographie de la Région de Batna, N02, 35p.
- Egharevba R.K.A., Ikhatua M.I. 2008- Ethno-medical uses of plants in the treatment of various skin diseases in Ovia North East, Edo State, Nigeria. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 4(1): 58-64.
- Eleftherohorinos I.G., Bell C.E., Kotoula-Syka E. 1993- Silver leaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) control with foliar herbicides. *Weed Technol.* 7: 808-811.

- El Kaïm B. 1972- Contribution à l'étude écologique et biologique des Culicides *Aedes detritus* Halyday, *Aedes caspius* Pallas. *Soc. Nat. et Phy. Maroc* 52 (3-4) : 197-204.
- El Ouali Lalami A., Hindi T., Azzouzi A., Elghadraouil L., Maniar S., Faraj C. 2010- Inventaire et répartition saisonnière des Culicidae dans le centre du Maroc. *Entomologie faunistique* 62(4):131-138.
- El-Sayed Z.I., Hassan W.H. 2006- Polymethoxylated flavones from *Solanum abutiloides* grown in Egypt (*Solanaceae*). *Zagazig J. Pharm. Sci.* 15:53-59.
- Emmanuel S., Ignacimuthu S., Perumalsamy R., Amalraj T. 2006- Anti-inflammatory activity of *Solanum trilobatum*. *Fitoterapia* 77: 611-612.
- Encomidou E., Yannitsaros. 1975- Recherches sur la flore adventice de Grèce. III. Morphologie, développement et phénologie de *Solanum elaeagnifolium*. *Candollea* 30 : 29-41.
- Faurie C., Ferra C., Medori P., devaux J., Hempitienne J.I. 2003- Ecologie, Approche scientifique et pratique .5eme édition , Ed.tec et Doc ,Paris,407 p.
- Favier L.S. 2005- Anti-ulcerogenic activity of xanthanolide sesquiterpenes from *Xanthium cavanillesii* in rats. *Journal of Ethnopharmacology* 100:260-267.
- Ferro E.A., Alvarenga N.L., Ibarrola D.A., Hellion-Ibarrola M.C., Ravelo A.G. 2005- A new steroidal saponin from *Solanum sisymbriifolium* roots. *Fitoterapia* 76:577-579.
- Finney D.J. 1971- Probits analysis, 3<sup>rd</sup> ed., Cambridge University Press, London.
- Gaire B.P., Subedi L. 2013-A review on the pharmacological and toxicological aspects of *Datura stramonium* L. *Journal of Integrative Medicine* 11(2):73-79.
- Geeta R., Ghariabeh W. 2007- Historical evidence for a pre-colombian presence of *Datura* in the old world implication for a first millennium transfer from the new world. *J. Biosci.* 32: 1227-1244.
- Georghiou G.P., Ariaratnam V., Pasternak M.E., Lin C.S. 1975- Organophosphorus multiresistance in *Culex quinquefasciatus* in California. *J. Econ. Entomol* 68(4):461-467.
- Gillon Y. 1990- Extinction et conservation des espèces d'insectes. *Les cahiers D'outre- mer* 43(172) : 375-391.
- Goulle J.P., Pépin G., Dumestre-Toulet V., Lacroix C. 2004- Botanique, chimie et toxicologie des solanacées hallucinogènes , belladone, datura, jusquiame et mandragore. *Ann. Toxicol Anal* 16(1): 22-34.
- 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 doc. Biologie de l'environnement UFR Sciences Université d'Angers 2, France.219p.
- Guinochet M. 1973- La phytosociologie. Collection d'écologie I. Masson éd., Paris, 227 p.
  - Gunn C. R ., Gaffney F. B. 1974- Seed characteristics of 42 economically important *Solanaceae* in the United States. USDA Tech, Bull. 1471p.
  - Hafsi N.H., Hamaidia K., Barour C.H., Soltani N. 2021- A survey of Culicidae (Insecta Diptera) in some habitats in Souk-Ahras province (Northeast Algeria). *Biodiversity Journal* 12 (1): 3–16.
  - Hall D. W., Vernon V., Jason A. F. 2009- Jimson weed, *Datura stramonium* L. 37 p.
  - Hamaidia H. 2004- Inventaire et biodiversité des Culicidae (Diptéra-Nématocera) dans la région de Souk-Ahras et de Tébessa (Algérie). Thèse de Mag., Univ. Constantine.
  - Hamaidia H., Berchi S. 2018- Etude systématique et écologique des moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Souk-Ahras (Algérie). *Entomologie faunistique-Faunistic entomology* 71: 1-8.
  - Hammiche V., Merad R., Azzouz M. 2013- Plantes toxiques à usage médicinal du pourtour méditerranéen. édition Springer Verlag, France.
  - Hamouda A.B., Chaieb I., Zarrad K., Laarif A. 2015- Insecticidal activity of methanolic extract of silverleaf nightshade against *Tribolium castaneum*. *The International Journal of Entomological Research* 3: 23-28.
  - Harbouche H. 2004- Etudes Botaniques Et Physiologiques De L'espèce *Datura stramonium* L. dans La Région De Sétif. Thèse de Magister, Univ. Sétif.104p.
  - Harkati B. 2011- Valorisation et identification structurale des principes actifs de la plante de la famille *Asteraceae* : *Scorzonera undulata*. Thèse Doc. Chimie organique, Univ. Constantine.
  - Hassain K. 2002-Biogéographie et biotypologie des Culicidae (Diptera-Nematocera) de l'Afrique méditerranéenne. Bioécologie des espèces les plus vulnérantes (*Aedes caspius*, *Aedes detritus*, *Aedes mariaae* et *Culex pipiens*) de la région occidentale d'Algérie. Thèse doc., Univ. Tlemcen, 191p.
  - Heap J., Honan I., Smith E. 2007- Silverleaf Nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cavanilles) A Technical Handbook for Animal and Plant Control Boards in South Australia. *OEPP/EPPO Bulletin* 37: 236-245.

- Himmi O., Dakki M., Trari B., Elagbani M.A. 1995- Les Culicidae du Maroc : clés d'identification avec données biologiques et écologiques. *Trav. Inst. Sci., série Zool.* 44: 50 - 58.
- Hmamouchi M. 1989- Plantes Alimentaires, Aromatiques, Condimentales, Médicinales et Toxiques au Maroc. *Ciheam, Cahiers Options Méditerranéennes* 23 : 89- 108.
- Holm L. G., Donald P., Pancho J. V., Herberger J. P. 1977- The World's Worst Weeds: Distribution and Biology. The University Press of Hawaii, 609p.
- Houmani M., Bendali-Saoudi F., Soltani N. 2017- Inventory of Culicidae in the region of El Taref (North-east Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5(6): 263-267.
- Hosseinzadeh H., Sadeghnia H. R., Imenshahidi M., Sedigheh B., Bazzaz F. 2009- Review of the Pharmacological and Toxicological Effects of *Salvia leriifolia*. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences* 12(1): 1-8.
- Hsu F.L., Chen Y.C., Cheng J.T. 2000- Caffeic acid as active principle from the fruit of *Xanthium strumarium* to lower plasma glucose in diabetic rats. *Planta Medica.* 66: 228-230.
- Iranbakhsh A., Oshaghi M.A. , Majd A. 2006- Distribution of atropine and scopolamine in different organs and stages of development in *Datura stramonium* L. (*Solanaceae*), Structure and ultrastructure of biosynthesizing cells. *Acta Biologica Cracovensia, Series Botanica* 48(1): 13-18.
- Jacobson M. 1989- Botanical pesticides, past present and future. In Arnason et al., *Insecticides of Plant Origin ACS Symposium Series*, American Chemical Society: Washington, DC, 10p.
- Jakupovic J., Bohlmann F., Grenz M. 1989-Furoeremophilanes from *Hertia pallens*. *Phytochemistry* 28(11): 3231-3232.
- Jenkins D., Gofh D., Leeds A., Alsert K., Wolever T., Gassull M., Hockaday T. 1976- Unabsorbable carbohydrates and diabetes: Decreased postprandial hyperglycemia. *The Lancet.* 24: 172-174.
- Juminer B., Kchouk M., Rioux J.A., Benosman F. 1964- A propos de Culicides vulnérants de la banlieue littorale de Tunis. *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis* , XLI : 23-31.
- Kada S., Bouriche H., Senator A., Demirtas I., Ozen T., Toptanci B.C., Kızıl G., Kızıl M. 2016- Protective activity of *Hertia cheirifolia* extracts against DNA damage, lipid peroxidation and protein oxidation. *Pharmaceutical Biology* 55(1): 330–337.
- Kar D.M., Maharana L., Pattnaik S., Dash G.K. 2006- Studies on hypoglycemic activity of *Solanum xanthocarpum* fruit extract in rats. *J. Ethnopharmacol.* 108:251-256.

- Kenneth J., Broadley D., Kelly R. 2001- Muscatine Receptor Agonists and Antagonists *Molecules* 6:142-193.
- Kettle D.S. 1995- Medical and Veterinary Entomology, 2<sup>nd</sup> edition, Wallingford, CAB international, 725 p.
- Khaligh F.G., Naghian A., Soltanbeiglou S., Gholizadeh S. 2020- Autogeny in *Culiseta longiareolata* (Culicidae: Diptera) mosquitoes in laboratory conditions in Iran, *BMC Res Notes* 13(81): 1-5.
- Kheniche A., Rizeug S., Smaili T., Belkacem A., Benkhaled A. 2013- Extraction of essential oils of *Salvia verbena* from Algeria. Chemical Composition, Antimicrobial, and Antioxidant Activity, Seminar at University of Milan, 14-54.
- Kim I.T. 2005- Methanol extract of *Xanthium strumarium* L. possesses anti-inflammatory and anti-nociceptive activities. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 28: 94-100.
- Kintz P., Villain M., Barguil Y., Charlot J.Y., Cirimele V. 2006- Testing for atropine and scopolamine in hair by LC/MS/MS after *Datura innoxia* abuse. *J. Anal. Toxicol.* 30: 454-457.
- Kirkpatrick T.W. 1925- The mosquitoes of Egypt. Government Press, Cairo, 224 p.
- Knight K.L., Stone A. 1977- A catalogue of the mosquito of the world (Diptera; Culicidae). 2nd edition Thomas Say Foundation, Entomological Society of America, 611p.
- Lavault M., Landreau A., Larcher G., Bouchara J. P., Pagniez F. Pape P.L., Richomme P. 2005- Antileishmanial and antifungal activities of xanthanolides isolated from *Xanthium macrocarpum*. *Fitoterapia* 76:363-366.
- Loretti A.P. 2000- Intoxicação experimental pelos frutos de *Xanthium cavanillesii* (Asteraceae) em ovinos. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 19:71-78.
- Louah A., Ramdani M., Saoud Y., Mahjour J. 1995- Biotypologie de la faune Culicidiennes de la péninsule tingitane. *Bull. inst. Sci.* (19) : 93-102.
- Lounaci Z. 2003- Biosystématique et bioécologie des Culicidae (Diptéra –Nématocera) en milieux rurale et agricole. Thèse Mag. INA., El Harrach.
- Love D., Dansereau P. 1959- Biosystematic studies on *Xanthium*: taxonomic appraisal and ecological status. *Candian J. Botany.* 37:173-208.
- Macan T. T. 1981- Modification of populations of aquatic invertebrates and the quality of water. In : Hoestland H. (ed.), *Dynamique de population et qualité de l'eau*. Paris, Gauthier Villars : 161-192.

- Maire A., Aubin A. 1980- Les moustiques du Québec (Diptera: Culicidae). Essai de synthèse écologique. Mémoires de la société entomologique de Québec, 107 p.
- Maire A. 1983- Sélectivité des femelles de moustiques (Culicidae) pour leurs sites d'oviposition: Etat de la question. *Revue canadienne de biologie expérimentale* 42(2) : 235-241.
- Mairura F. 2014-*Datura stramonium* L., Protabase Record display, 18p.
- Mancini E., Arnold N.A., De Martino L., De Feo V., Formisano C., Rigano D., Senatore F. 2009- Chemical composition and phytotoxic effects of essential oils of *Salvia hierosolymitana* Boiss. and *Salvia multicaulis* Vahl. var. *simplicifolia* Boiss. Growing wild in Lebanon. *Molecules* 14: 4725-4736.
- Mandal S.C. 2001- Neuropharmacological activity of *Xanthium strumarium* L. extract. *Journal of Herbs Spices and Medicinal Plants* 8: 69-77.
- Martel C. 2012- *Datura stramonium*, une plante hallucinogène émergente en France, Thèse Doc. Pharmacie, Univ de Lille, France, 109p.
- Martin R. J., Carnahan J. A. 1982- Distribution and importance of Noogoora and Bathurst burrs in eastern Australia. *Australian Weeds* 2:27-32.
- Marwat. S., Urrehman F., Khan S. 2005- Germination of seeds of *Datura stramonium* L. under different condition (Temperature and Soil). *Gomal University, Journal of research* 21: 45-49.
- Mekki M. 2007-Biology, distribution and impacts of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cav. *EPPO Bulletin* 37: 114-118.
- Merabeti B., Ouakid M.L. 2010- Contribution à l'étude des moustiques (Diptera: Culicidae) dans les oasis de la région de Biskra (nord-est d'Algérie). Actes Du Séminaire International Sur La Biodiversité Faunistique En Zones Arides Et Semi- Arides. 185-189.
- Merabti B., Lebouz L., Adamou A.E., Kouidri M., Ouakid M.L. 2017- Effects of certain natural breeding site characteristics on the distribution of Culicidae (Diptera) mosquito species in south east Algeria. *African Entomology* 25(2): 506–514.
- Messai N., Berchi S., Boulknafd F., Louadi K. 2010- Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie faunistique-Faunistic entomology* 63(3) : 203-206.
- Messai N., Aouati A., Berchi S. 2016- Impact of the surface water physicochemical parameters on Culicidae (Diptera: Nematocera) of lakeside Ecosystem "Sebkhet Ezzemoul" (Oum El Bouaghi -Algeria). *Journal of entomology and zoology studies* 4(3): 391-398.

- Mitchell J. C., Rook A. 1979- Botanical dermatology green glass LTD, Vancouver B. C., Canada. 787p.
- Monteny N. 1990- Influence de facteurs biotiques et abiotiques, induits et naturels sur l'efficacité larvicide de *Bacillus sphaericus* Neide, 1904.Thèse de Doc. Montpellier. Paris. 152p.
- Mossa J., Al-Yahya M., Al-Meshal I. 1987- Medicinal plants of Saudi Arabia. *King Saudi University Libraries* 1: 1-2.
- Mourot E. 2020- Biodiversité et moustiques face au changement climatique et à la mondialisation. Impacts sur la santé en France métropolitaine. Thèse de doc. Pharmacie, Univ. Bordeaux. 103p.
- Nabti I., Bounechada M. 2019- Mosquito biodiversity in Setif region (Algerian high plains), density and species distribution across two climate zones. *Entomologie faunistique- Faunistic entomology* 72: 161-176.
- Navarro L. 1997- Is the dichogamy of *Salvia verbenaca* (*Lamiaceae*) an effective barrier to self-fertilization. *Plant Systematics and Evolution* 207:111-117.
- Oudhia P., Tripathi R.S. 1999- Germination and seedling vigour of rice var. Mahamaya affected by allelopathy of *Datura stramonium* L. *Crop Res.* 18 (1): 46-45.
- Paul R. 2009- Généralités sur les moustiques du littoral méditerranéen français .EID méditerranée: 1-11.
- Perez C., Franca V., Daldegan M., Duarte D. 2006- Effect of *Solanum lycocarpum* St. Hill on various haematological parameters in diabetic rats. *J. Ethnopharmacol.* 106: 442-444.
- Pihan J. C. 1986 - Les Insectes, Paris, New York, Barcelone. Edition Masson, 160p.
- Pistelli L. 2006- Photochemicals from *Lamiaceae*: from nutraceuticals to hallucinogens. International symposium The Labiatae: Advances in Production, Biotechnology and Utilization, Sanremo, Italy, 22-25.
- Poupardin R. 2011- Interactions gènes environnements chez les moustiques et leur impact sur la résistance aux insecticides. Thèse Doc. Biodiversité, Ecologie et Environnement, Univ.Grenoble, 275p.
- Quézel P., Santa S. 1963- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II, C.N.R.S. Paris. 902-1087.
- Rageau J., Adam J.P. 1952- Culicidae du Cameroun. *Ann. Parasit. Hum. Comp.*, 27: 610 - 635.

- Rajbhandari K.R. 2001- Ethnobotany of Nepal. Kathmandu: Kishor Offset Press Private Limited, 142-143.
- Rehimi N., Soltani N. 1999- Laboratory evaluation of Alsystin, a chitin Synthesis inhibitor, against *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae): effect on development and cuticule secretion. *J. Appl. Entomol.* 123: 437 – 441.
- Rioux J. A. 1958- Les Culicidae du "midi" méditerranéen. Etude systématique et écologique. Ed. Paul le Chevalier, Paris, 301 p.
- Rioux J.A., Croset H., Gras G., Juminer B., Tesson G. 1965- Les problèmes théoriques posés pour la lutte contre *Culex pipiens* dans le Sud de la France. *Arch. Inst. Pasteur Tunisie* 42: 473 - 501.
- Roe K E. 1971-Terminology of hairs in the genus *Solanum*. *Taxon, The journal of international association for plant taxonomy* 20(4): 501-508.
- Rueda L.M. 2008- Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 477–487.
- Ryndina S.E., Shashkina L.F., Starkov M.V. 1977-Toxicity of Solasodine and Diosgenin. *Scientific Research Institute of Pharmaceutical Chemistry* 11(8): 82-87.
- Savage H.M., Miller B. 1995 – House Mosquitoes of the U.S.A., *Culex pipiens* complex. *Wing Beats* 6: 8-9.
- Sayah M., EL Ouali Lalami A., Greech H., Errachidi F., Rodi EL kandri Y., Ouazzani Chahdi F. 2014- Activité Larvicide des Extraits de Plantes Aromatiques sur les Larves de Moustiques Vecteurs de Maladies Parasitaires. *International Journal of Innovation and Applied Studies* 7 (3) : 832-842.
- Schaffner F., Angel G., Geoffroy B., Hevry J.P., Rhaim A., Brunhes J. 2001- Moustique d'Europe. Institut de recherche pour le développement (IRD). Logiciel d'identification.
- Scott J.S., Lapidus R., Sokolove P.M. 1993- Use of carboxyatractylate and tight-binding inhibitor theory to determine the concentration of functional mitochondrial adenine nucleotide translocators. *Analytical Biochemistry* 210: 69-76.
- Segueni N., Zellagui A., Boulechfar S., Derouiche K., Rhouati S. 2017- Essential oil of *Hertia centifolia* leaves, chemical composition, antibacterial and antioxidant activities. *Journal of Materials and Environmental Sciences* 8 (2): 551-556.

- Seguy E. 1950 - La biologie des diptères. Encycl. Entomo. XXVI. E d. Paul le chevalier, Paris.
- Senevet G., Andarelli L. A. 1963- Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen III: Les *Aedes* 1ère partie : Généralités. *Arch. Inst. Pasteur* 41 : 115 - 141.
- Shahneh F. Z., Valiyari S., Baradaran B., Abdolalizadeh J., Bandehagh A., Azadmehr A., Hajiaghaee R. 2013- Inhibitory and Cytotoxic Activities of *Salvia Officinalis L.* Extract on Human Lymphoma and Leukemia Cells by Induction of Apoptosis. *Iran. Advanced Pharmaceutical Bulletin* 3(1): 51-55.
- Sharma S.R. 2003- Anthelmintic activity of *Xanthium strumarium* against *Haemonchus contortus* infection in sheep. *Indian Journal of Animal Sciences* 73:342-344.
- Shililu J.I., Grueber W.B., Mbogo C.M., Githure J.I., Riddiford L.M., Beier J.C. 2004- Development and survival of *Anopheles gambiae* eggs in drying soil: influence of the rate of drying, egg age, and soil type. *J Am Mosq Control Assoc.* 20(3):243-7.
- Silvant C. 2014- L'aromathérapie la nature au service de l'humanité, Ed. Publibook, Paris.
- Sinegre G., Jilien J.L., Gaven B. 1977-Acquisition progressive de la résistance au chlorpyrifos chez les larves de *Culex pipiens(L.)* dans le Midi de la France. *Parasitologia* 191(2) : 79-94.
- Son Y.O., Kim J., Lim J.C., Chung Y., Chung G.H., lee J.C. 2003- Ripe fruits of *Solanum nigrum L.* inhibit cell growth and induce apoptosis in MCF-7 cells. *Food Chem. Toxicol.* 41:1421-1428.
- Southwood T.R.E. 1978- Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. 2<sup>nd</sup> Ed. Chapman Hall, 420-455.
- Stanton R., Heap J., Carter R., Wu H. 2009- *Solanum elaeagnifolium Cav.* In Biology of Australian Weeds. *RG and FJ Richardson* 3: 274-293.
- Stanton R., Wu H., Lemerle D. 2011- Root regenerative ability of silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium Cav.*) in the glasshouse. *Plant Prot. Q.* 26: 54-56.
- Stanton R., Wu H., Lemerle D. 2012- Factors affecting silverleaf nightshade (*Solanum elaeagnifolium*) germination. *Weed Sci.* 60: 42-47.
- Steenkamp P. A., Harding N. M., Van Heerden F. R., Van Wyk B. E. 2004- Fatal *Datura* poisoning: identification of atropine and scopolamine by high performance liquid chromatography/photodiode array/mass spectrometry. *Forensic Science International* 145: 31-39.

- Stuart B.P., Cole R.J., Gosser H.S. 1981-Cocklebur (*Xanthium strumarium* L. var. *strumarium*) intoxication in swine: review and redefinition of the toxic principle. *Veterinary Pathology* 18(3), 368-383.
- Subra R., 1971. Études écologiques sur *Culex pipiens fatigans* Wiedmann, 1828 (Diptera, Culicidae) dans une zone urbaine de savane soudanienne ouest-africaine. Dynamique des populations préimaginales. *Cahier ORSTOM*, Service entomologie médicale et parasitologie 9 : 73-102.
- Swathi S., Muruganathan G., Ghosh S.K., Pradeep A.S. 2012- Larvicidal and repellent activities of ethanolic extract of *Datura stramonium* leaves against mosquitoes. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research* 4(1): 25-27.
- Tahraoui C. 2012- Abondance saisonnière des Culicidae dans l'écosystème humide du parc national d'El-Kala. Identification et lutte. Mém. Mag. Biologie et écologie animale, Univ. Annaba. 80p.
- Talaga S. 2016- Ecologie, diversité et évolution des moustiques (Diptera: Culicidae) de Guyane française : implications dans l'invasion biologique du moustique *Aedes aegypti* (L. Thèse Doc. Physiologie et Biologie des Organismes, Populations et Interactions, Université de Guyane, 217p.
- Talakal T.S., Dwivedi S.K., Sharma S.R. 1995- In vitro and in vivo antitrypanosomal activity of *Xanthium strumarium* leaves. *Journal of Ethnopharmacology* 49:141-145.
- Urquhart G. M., Armour J., Duncan J. L., Dunn A. M. , Jennings F.W. 1996- Veterinary parasitology. 2<sup>nd</sup> edition, Oxford, Blackwell science, 307 p.
- Vassiliades G., Diaw O. T. 1980- Action molluscicide d'une souche sénégalaise d' *Ambrosia maritima* , essais en laboratoire .*Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 33 (4): 401-406.
- Veres K. 2007- Variability and biologically active components of some *Lamiaceae* species.Ph.D. Thesis. Départements of pharmacognosy.Univ. Szeged, Hungary.
- Villeneuve F., Desire C.H. 1965- Zoologie. Bordas, 1ere édition, 323p.
- Walker J.B., Sytsma K.J., Treutlein J., Wink M. 2004- *Salvia* (*Lamiaceae*) is not monophyletic, implications for the systematics, radiation, and ecological specializations of *Salvia* and tribe *Mentheae*. *American Journal of Botany* 91: 1115-1125.

- Wall R., Shearer D. 1992- Arthropod ectoparasites of veterinary importance, veterinary entomology. *Chapman & Hall*, 88-191.
- Waller GR, Nowacki EK (1972). Alkaloid Biology and Metabolism in Plants. New York, Plenum Press.
- Wu H., Stanton R., Lemerle D. 2016- Herbicidal control of *Solanum elaeagnifolium* Cav. in Australia. *Crop Protection* 88: 58-64.
- Yadava R.N., Jharbade J. 2007- Novel biologically active triterpenoid saponin from the leaves of *Xanthium strumarium* L. *Asian Journal of Chemistry* 19:1224-1230.

# ANNEXES



## Description des espèces

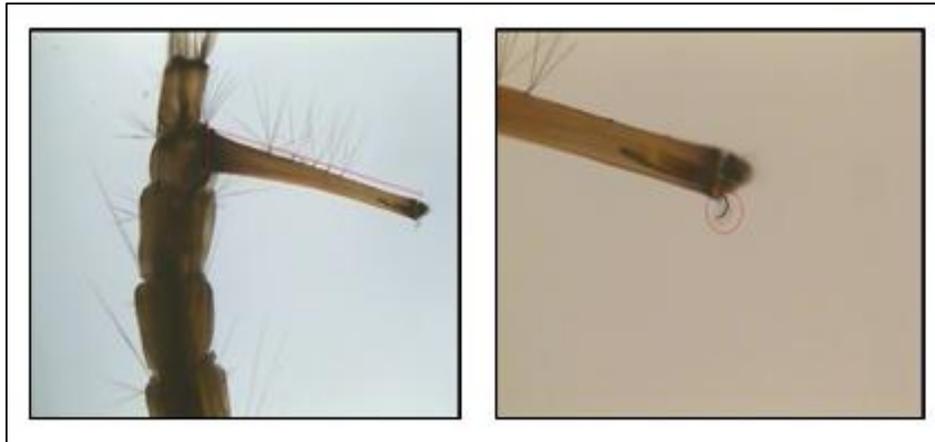
***Culex pipiens*** : La larve possède une tête longue, la soie antennaire 3-A est proche de 4-A et l'épine préclypéale est mince et effilée à l'apex. Les soies céphaliques 5-C et 6-C sont formées de 4 branches et plus. Le mentum possède 8 dents et plus de part et d'autre de la dent médiane. Le VIIIème segment présente des écailles toutes sans épine médiane. Le siphon respiratoire est à bords droits ou convexes possédant une seule soie latérale. Le nombre de paires de soies siphonique est limité à 4 ou 5. La soie 1a-S du siphon est positionnée au-delà de la dent distale du peigne du siphon, celle-ci est composée de 2 à 5 branches. La dent distale du peigne siphonal est composée de 3 à 5 denticules. L'épine subapicale 2-S du siphon est courte (Linné, 1758) (Fig. 1).



**Figure 1** : Critères morphologiques d'identification de *Cx. pipiens* (Photo personnelle).

***Culex deserticola*** : La tête est plus large que longue, l'insertion de la soie antennaire 3-A éloignée de 4-A, la forme de l'épine préclypéale 1-C est épaisse jusqu'à l'apex. Les soies céphaliques 5-C et 6-C sont formées de deux branches. Le mentum est triangulaire avec moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane. Au niveau de l'abdomen, les écailles du segment VIII sont disposées en désordre, dont toutes sans épine médiane. Le siphon

respiratoire est à bord droit. Le siphon est formé de soies ventrales et 3 soies ou plus de soies latérales. *Culex deserticola* est caractérisé par son épine subapicale S-2 du siphon en crochet (Kirkpatrick, 1924) (Fig. 2).



**Figure 2:** Critères morphologiques d'identification de *Cx. deserticola* (Photo personnelle).

***Culex theileri*** : La tête des larves est caractérisée par l'insertion de la soie antennaire 3-A à proximité de 4-A. La soie préclypeale 1-C est épaisse jusqu'à l'apex et le nombre de la soie 5-C et 6-C est de 3 branches. Le mentum est formé de moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane. *Culex theileri* se distingue par la forme des écailles du VIIIème segment, elle présente des épines médianes. Le siphon présente des soies ventrales et une seule soie latérale. La soie la-S est placée au-delà de la dent distale du peigne du siphon, cette dernière est formée de 3 à 5 denticules basaux (Théobald, 1903) (Fig. 3).



**Figure 3** : Critères morphologiques d'identification de *Cx. theileri* (Photo personnelle).

*Culex hortensis* : La tête est large, l'insertion de la soie antennaire 3-A à proximité de 4-A. La forme de l'épine préclypéale 1-C est épaisse jusqu'à l'apex. Les soies céphaliques 5-C et 6-C sont formées de deux branches. Le mentum est formé de moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane. Au niveau de l'abdomen, le peigne du segment VIII porte des écailles, toutes sans épine médiane. Le siphon présente des soies ventrales et une soie latérale. Cette espèce est morphologiquement très proche de *Culex deserticola*, elle se distingue par son siphon respiratoire long et mince et son épine subapicale S-2 doublée en croché (Ficalbi, 1889) (Fig. 4).



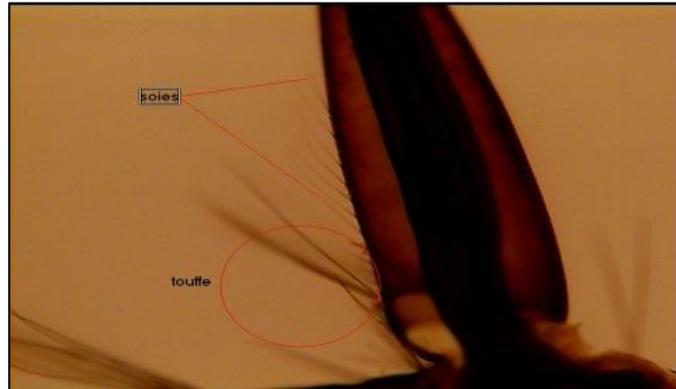
**Figure 4 :** Critères morphologiques d'identification de *Cx. hortensis* (Photo personnelle).

*Culiseta longiareolata* : La tête est sombre, très pigmentée, l'antenne est courte à tégument lisse. Le mentum est triangulaire. Le peigne siphonal s'étend sur quasiment tout le siphon avec des dents disposées irrégulièrement le long du siphon et touffe de soie basale (Aitken, 1954) (Fig. 5).



**Figure 5:** Critères morphologiques d'identification de *Cs. longiareolata* (Photo personnelle).

***Culiseta subochrea*** : Au niveau de la tête des larves, le nombre des brins de la soie 5-C et la soie 6-C est de trois et plus. Le siphon est formé plus des soies que des épines ; il présente des peignes et une seule touffe basale. Les dents du peigne siphonal sont implantés en rangs réguliers (Edwards, 1921) (Fig.6).



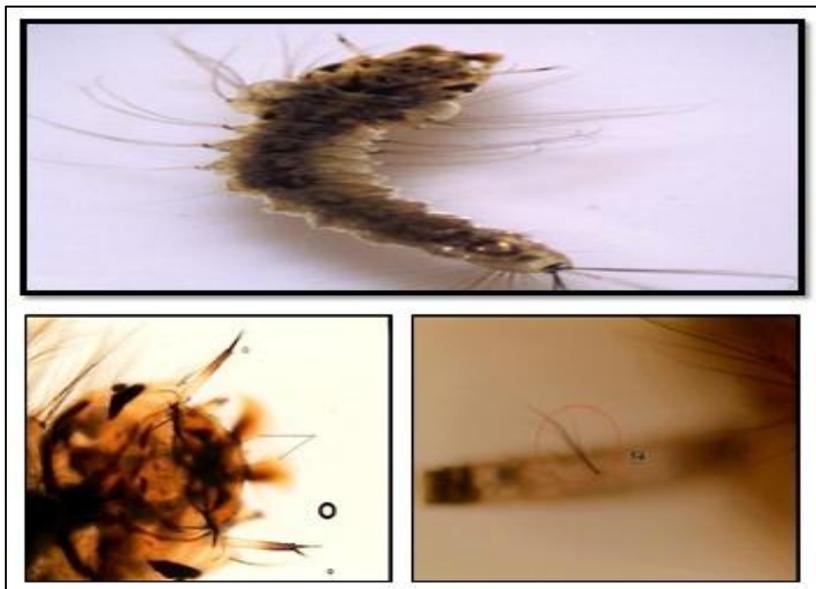
**Figure 6** : Critères morphologiques d'identification de *Cs. subochrea* (Photo personnelle).

***Aedes caspius*** : La larve est caractérisée par un segment antennaire nettement spéculé, et la soie A-1 est constituée de plus de trois branches, au niveau de la tête, le nombre de la soie céphalique 6-C est une seule branche, la forme de dents du peigne du segment VIII dent médiane nettement plus longue. Le siphon dépourvu de soies dorsales, La soie 1a-S est de 5 à 10 branches et les dents du peigne du siphon en une forme d'épines (Pallas, 1771) (Fig. 7).



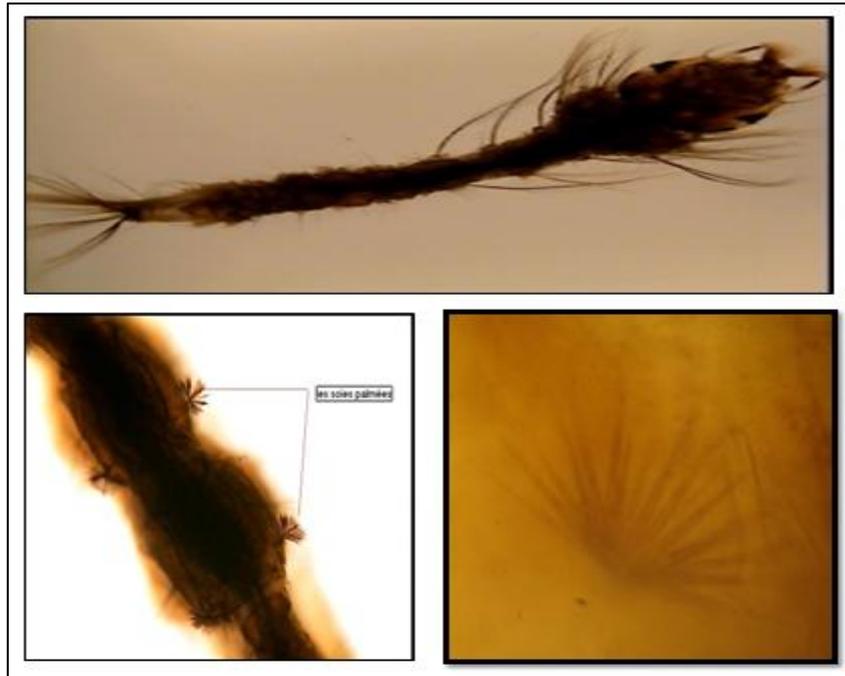
**Figure 7:** Critères morphologiques d'identification de *Ae. caspius* (Photo personnelle).

*Anophele labranchiae* : La tête présente des antennes courtes, la soie antennaire 1-A est insérée au niveau du tiers basal de l'antenne avec un nombre de branche supérieur à 5. Au niveau de l'abdomen, L'orifice respiratoire s'ouvre directement sur le segment VII (Falleroni, 1926) (Fig. 8).



**Figure 8:** Critères morphologiques d'identification de *An. labranchiae* (Photo personnelle).

*Anopheles cinerus* : La larve se distingue par la présence de soies palmées sur les segments abdominaux III À VII la soie antennaire 1-A insérée vers le milieu de l'antenne (Brunhes *et al.*, 1999) (Fig. 9).



**Figure 9:** Critères morphologiques d'identification de *An. cinerus* (Photo personnelle).

# LARVICIDAL ACTIVITY OF EXTRACTS FROM SIX PLANT SPECIES ON LARVAE OF *Culiseta longiareolata* (DIPTERA; CULICIDAE)

NORA BELKHIRI, SALIHA BENHISSEN\*, WAFI HABBACHI,  
ABDELMADJID YAGOUR ASLOUM, ZAKARIA HEDJOULI, SARRA HABBACHI,  
KHELLAF REBBAS AND NAAMA FRAH

Laboratory for Improving Agricultural Production and Protection of Resources in Arid Zones, Institute of Veterinary and Agronomic Sciences, University of Batna 1, 5000, Algeria [NB, NF].

Applied Neuroendocrinology Laboratory, Department of Biology, Faculty of Sciences, BP 12 Badji Mokhtar University, 23000 Annaba, Algeria [SB, WH, ZH].

Department of Natural and Life Sciences, Faculty of Sciences, Mohamed Boudiaf University of M'sila, 28 000, Algeria [SB, SH, KR].

Ecology of Terrestrial and Aquatic Systems, Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Badji Mokhtar, Annaba, Algeria [AYA].

Laboratory of Agro-Biotechnology and Nutrition in Arid and Semi-Arid Zones/ Natural Resources Management and Environment Research Team, University Ibn Khaldun, Tiaret, Algeria [KR].

[\* For Correspondence: E-mail: saliha.benhissen@univ-msila.dz, s.benhissen@yahoo.com]

## Article Information

### Editor(s):

(1) Dr. Seema Akbar, Regional Research Institute of Unani Medicine (CCRUM), University of Kashmir, India.

### Reviewers:

(1) Andrés Fernando Barajas Solano, Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia.

(2) Olfa Ezzine, University of Carthage, Tunisia.

**Received: 03 July 2021**

**Accepted: 09 September 2021**

**Published: 17 September 2021**

**Original Research Article**

## ABSTRACT

Because of the environmental problems and dangers to human health caused by chemical insecticides, the use of natural biocides seems to be imperative. In this context toxicity tests were carried out according to the protocol of the World Health Organization (WHO) for six aqueous extracts of leaves of: *Ambrosia Maritima*, *Hertia centifolia*, *Xanthium strumarium*, *Datura stramonium*, *Solanum elaeagnifolium*, and *Salvia verbenae*, with a series of three doses for each extract. The evaluated extracts showed good larvicidal activity against the fourth instar larvae of *Culiseta longiareolata* mosquito, the decoction method is used for the preparation of extracts. The mortality rate increases depending on the concentration of the used extract and the exposure time, with interesting lethal concentrations LC50% and LC90%, *A. Maritima* (11.65 µg / ml and 52.40 µg / ml) after 120 hours and *D. stramonium* (16.94 µg / ml and 28.36 µg / ml) after 96 hours. While the lethal times LT50% and LT90% do not exceed (0,01 day to 2,14 day) at a dose of 219.9 µg / ml of *S. elaeagnifolium* (0,95 day to 1,34 day) with a dose of 160 µg / ml of *H. centifolia*.

*S. elaeagnifolium*, *H. centifolia* and *D. stramonium* showed an excellent larvicidal activity of the aqueous extract of the leaves of the studied plants.

**Keywords:** Biological activity; *Solanum elaeagnifolium*; *Hertia centifolia*; *Datura stramonium*; *Culiseta longiareolata*; lethal concentrations LC50%; lethal times LT50%.

## INTRODUCTION

Many arthropods are vectors of diseases as malaria, lymphatic filariasis, and arboviruses such as yellow fever, dengue fever, viral encephalitis [1], and African horse sickness [2]. These characteristics give this fauna a high level of importance and sanitary interest [3]. Among these, mosquitoes are the most formidable because of their abundance rather than the diseases they transmit. *Culiseta longiareolata* is considered as a vector of bird plasmodium; it can experimentally transmit West Nile Virus. Given its trophic preferences, its role as a vector of human parasitosis can only be very limited [13].

For several years, the control methods practiced sporadically have been done by spraying chemicals. However, the massive use of these products was not long in experiencing several difficulties, in addition to the phenomena of resistance, the imbalance of ecosystems, the lack of specificity, and the residual effect in non-biodegradable insecticides are the most frequent [4, 5]. To ensure better intervention while protecting the natural environment as much as possible, new preventive methods and new products were constantly sought. Thus, to contribute to sustainable environmental management, implementing new mosquito control alternatives is further encouraged [6].

The use of plant extracts as insecticides has been known for a long time. Indeed, pyrethrum, nicotine, and rotenone are already known as insect control agents [7]. According to [8], more than 2000 plant species with insecticidal activity have already been identified. Recently, the litter of alder, a plant rich in polyphenols, has been shown to have critical toxic properties towards the larvae of *Culex pipiens* mosquitoes [9].

Algeria has one of the most diversified and original flora in the Mediterranean basin comprising 3139 species which 653 are endemic

[10]. The Sahara includes about 500 taxa of higher plants [11], some of which are still used today by the natives as medicinal plants [12]. Within the framework of the valorization of the Algerian flora. We are focused on a study to determine, mainly in the laboratory, the toxicity of the aqueous extracts of the leaves of six plant species belonging to the Asteraceae, Solanaceae and Lamiaceae families (*Ambrosia Maritima*, *Hertia centifolia*, *Xanthium strumarium*, *Datura stramonium*, *Solanum elaeagnifolium* and *Salvia verbenae*) on the fourth instar larvae of the mosquito *Culiseta longiareolata*.

## MATERIALS AND METHODS

### Biological Model: *Culiseta longiareolata*

The larvae of *Cs. longiareolata* submitted to toxicity tests come from untreated larval deposits located at a pond and a well in rural areas in the Wilaya of Batna (Algeria). They were kept in the laboratory in mass-rearing containers containing 250 ml of dechlorinated water and insect food. The latter is a mixture of cookies (75%) and yeast (25%). The containers of our breeding are placed in cages, and the breeding is conducted at a temperature of 25°C and a hygrometry of 70%.

### The Plants Used

In total, six plant species were used for this work. The tested plants were harvested from 6 regions of Algeria (Table 1). The aerial part of each plant species was dried in the shade in a dry and airy place at an ambient temperature of 25°C for two weeks for each of them.

### Toxicity Tests

#### Preparation of aqueous plant extracts

To prepare the aqueous extracts of the six plant species, we used the method of decoction consisting in 3 steps: leaves soaked in distilled water, and boiled for 30 minutes on a basin spout.

**Table 1. Characteristics of the harvest regions of the insecticide plants studied**

Plants	Harvest region	Latitude	Longitude	Weather
<i>A. Maritima</i>	Bejaia (Algeria)	36° 45' 00" N	5° 04' 00" E	Humid
<i>H. centifolia</i>	Bordj-Bou-Argeridj (Algeria)	36° 04' 00" N	4° 46' 00" E	Semi arid
<i>X. strumarium</i>	M'Sila (Algeria)	35° 42' 07" N	4° 32' 48" E	Arid
<i>D. stramonium</i>	Skikda (Algeria)	36° 52' 0 " N	6° 54' 0" E	Humid
<i>S. elaeagnifolium</i>	M'Sila (Algeria)	35° 42' 07" N	4° 32' 48" E	Arid
<i>S. verbena</i>	M'Sila (Algeria)	35° 42' 07" N	4° 32' 48" E	Arid

The resulting mixture was filtered and stored in labeled bottles to the refrigerator at 4 °C. From each aqueous extracts, three concentrations (C1, C2 and C3) were prepared (Table 2).

**Table 2. The concentrations of the aqueous extracts were tested on the larvae fourth Stage**

Plant species	Applied concentration (µg/ml)		
	C1	C2	C3
<i>A. Maritima</i>	7,51	14,67	61,63
<i>H. centifolia</i>	38,09	72,72	160
<i>X. strumarium</i>	22,52	33	70,45
<i>D. stramonium</i>	16,58	38,7	69,66
<i>S. elaeagnifolium</i>	128,3	188,8	219,9
<i>S. verbena</i>	11,92	27,83	50,1

(C1: low concentration, C2: medium concentration, C3: high concentration).

### Preparation of larvae for a controlled trial

In a beaker of 300 ml capacity, 20 larvae of the fourth instar (L4) of *Cs. longiareolata* were put with 200 ml of spring water and a dose (C) of the previously prepared aqueous extract added by a mixture of washer and cookie to ensure their nutrition. After preliminary trials, we administered the three concentrations (C1, C2, and C3) for each plant. Each concentration was applied on three replicates with a preparation of 20 control larvae. The number of dead individuals (L4 larvae, pupae, or adults) was recorded daily.

### Statistical Analysis

Toxicity tests were calculated according to the mathematical procedures of [14]. The lethal concentrations (LC50% and LC90%) and the lethal times of each concentration used (LT50% and LT90%) for each of the bio-insecticides used.

The observed mortality rate is corrected by the Abbott formula which allows to know the real

toxicity of bio-pesticides. The different rates undergo an angular transformation according to the Bliss tables. The data are thus normalized and are the subject of an analysis of variance on XLStat 2009. The data obtained are then transformed into probits, which makes it possible to establish a regression line according to the decimal logarithms of the concentrations used. The Chi2 test allows a good fit of the regression line. From this line, we calculate the lethal concentrations. The same statistical analysis was used to calculate the lethal times for each concentration used (LT50% and LT90%).

## RESULTS

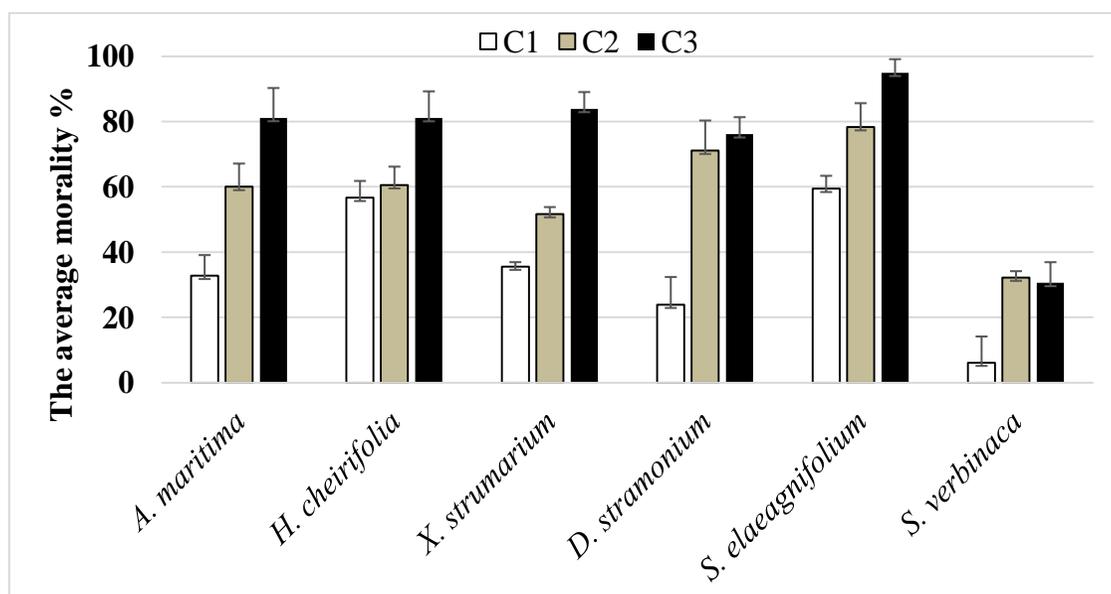
### Variation of the Mortality Rate

After exposing the fourth stage larvae of *Cs. longiareolata* species to different concentrations of 6 different aqueous extracts, the mortality rate varies according to the concentrations (Fig. 1). For the majority of extracts, larval mortality exceeds 50% of the mean concentration (C2). However, in the extract of *H. centifolia* and *S. elaeagnifolium*, mortality is reached at a percentage of more than 50% from the low concentration C1 (56.67% and 59.43%), respectively. On the other hand, in the extract of *S. verbena*, mortality does not exceed the threshold of 30% (30.56%) even at a high concentration (C3). From all these results, a first classification of the toxic effects of the tested extracts is highlighted.

### Toxicological Parameters

#### Lethal concentrations

The results showed a strong positive correlation between the mortality rates recorded and the concentration of the extract used against mosquitoes (Table 3).



**Fig. 1. The average corrected mortality of *Cs. longiareolata* larvae fourth stage treated with different plants and concentrations ( $\mu\text{g/ml}$ )**

To ensure 50% mortality of insects after 72 h, the concentration of *A. Maritima* must be equal to  $17.43 \mu\text{g/ml}$ , while  $515.99 \mu\text{g/ml}$  of the leaves ensure 90% mortality. At 120 h, the LC50% was  $11.65 \mu\text{g/ml}$ , while the LC90% was  $52.40 \mu\text{g/ml}$  (Table 3).

After 24 hours of treatment, the lethal concentration for 50% of the population is  $207.75 \mu\text{g/ml}$ , which decreased to  $23.24 \mu\text{g/ml}$  after 72 hours of treatment. Mortality of 90% of the larvae caused with  $47.28 \mu\text{g/ml}$  concentration (Table 3).

To ensure 50% mortality of insects after 120 h, the concentration of *X. strumarium* must be equal to  $21.23 \mu\text{g/ml}$ . On the other hand, 90% of larvae die with a concentration of  $53.19 \mu\text{g/ml}$  (Table 3).

The results showed a strong positive correlation between the mortality rates recorded and the concentration of *D. stramonium* used against mosquitoes. 50% of the larvae die after 48 h when the concentration of *D. stramonium* is  $91.23 \mu\text{g/ml}$ , while  $336.16 \mu\text{g/ml}$  ensures 90% of the sample. After 72 h of treatment, the LC50% and LC90% do not exceed  $16.94 \mu\text{g/ml}$  and  $28.36 \mu\text{g/ml}$ , respectively (Table 3).

In order to eliminate 50% of the mosquito population studied, the concentration of the extract prepared with *S. elaeagnifolium* should be  $135.3 \mu\text{g/ml}$  in 48 h and  $104.04 \mu\text{g/ml}$  after exposure of *Cs. longiareolata* larvae at 196 h (Table 3). However, a dose of  $196.09 \mu\text{g/ml}$  is sufficient to achieve a 90% mortality rate of the insect after 196 h.

A concentration of  $84.08 \mu\text{g/ml}$  can kill 50% of the larvae at 24 h and  $39.16 \mu\text{g/ml}$  at 120 h, eliminating 90% of the Culicidian population after 120 h, the concentration must be equal to  $166.18 \mu\text{g/ml}$  (Table 3).

### Lethal times

The toxic effect of the analyzed extracts is clearly apparent through the TL50 values. These values decrease when the concentration of the tested extract increased, reflecting the excellent efficacy of the tested extracts (Table 4).

Results showed a positive correlation between the mortality rate and the time of exposure of the larvae to the *A. Maritima* extract. With  $7.51 \mu\text{g/ml}$  of extract 50% of the population of *Cs. longiareolata* can be eliminated in about 34,85

days, and 90% of these mosquitoes can be eliminated in 30651,1 days of treatment. The LT50% and LT90% are respectively 2,23 days and 4,52 days when a concentration of 61,63 µg / ml of the extract is applied (Table 4).

The three doses of *H. centifolia* 38,09 µg / ml, 72,72 µg / ml, and 160 µg / ml confirms a positive correlation between the mortality rate of larvae of *Cs. longiareolata* and the exposure time to the extract. The death of 50% of the treated mosquito population is assured after 1,75 days with the low concentration of 38,09 µg / ml and after 0,95 days with the highest concentration 160 µg / ml. The LT90% reaches 1,34 days for the highest concentration.

From the results showed in the (Table 4) also, it appears that there is also a strong correlation between the mortality rate and the time of exposure of the larvae to the different concentrations of *X. strumarium* ( $R^2 = 0,910$  to  $0,995$ ). Calculated lethal times are 56.29 h 2,34 days to 5,07 days for 50% mortality and vary between 4,20 days and 12,14 days for 90% LT.

The results also confirm that treatment of the mosquito sample with different concentrations of *D. stramonium* shows a significant correlation between mortality rate and exposure times with a regression line of form  $Y=-7,32+6.20X$  ( $R^2=0,986$ ) at dose 16,58 µg / ml. A period of 4,04

days is necessary to kill 50% of the larvae at 16,58 µg / ml and 2,16 days at a high concentration of 69,66 µg / ml, while to eliminate 90% of the Culicidian population with the concentration of 69.66 µg / ml it is necessary to expose the larvae to the product for 2,68 days (Table 4).

Regarding the dose of 128.3 µg / ml of *S. elaeagnifolium*, the calculations show a strong correlation between mosquito mortality and exposure time since the correlation coefficient is 0,998. Whose regression line is given by the formula  $Y=3,2 +1,04X$ . The calculated lethal times are 2,24 days and 38,1 days for 50% and 90% control. For the highest concentration, 219,9 µg / ml. The regression line is of the form  $Y=5,27+0,59X$  ( $R^2=0,994$ ), showing a correlation between mortality and exposure time. LT50% and LT90% are much lower since they do not exceed 0,01 days and 2,14 days respectively (Table 4).

Regarding lethal times, the lowest concentration being 11,92 µg / ml of *S. verbena*, can eliminate 50% of the *Cs. longiareolata* population in about 161,53 h and 90% during 11,17 days of treatment. When a dose of 27,83 µg / ml of *S. verbena* solution is applied. The LT50% is 4,90 days. While the LT90% is 303,6 h. The higher concentrations of 50,1 µg / ml of the calculated lethal times (LT50% and LT90%) are 4,56 days and 15,21 days, respectively (Table 4).

**Table 3. Lethal concentrations (µg / ml) LC50% and LC90% of aqueous extracts of 6 plant species concerning L4 larvae of *Cs. Longiareolata***

Concentration	Family	Species used	T1 (h)	T2 (h)	T3 (h)
LC 50%	Asteraceae	<i>A. Maritima</i>	17,43	12,05	11,65
		<i>H. centifolia</i>	207,75	35,28	23,24
		<i>X. strumarium</i>	46,41	31,88	21,23
	Solanaceae	<i>D. stramonium</i>	91,23	25,37	16,94
		<i>S. elaeagnifolium</i>	135,3	105,46	104,04
		<i>S. verbena</i>	84,08	54,95	39,16
LC 90%	Asteraceae	<i>A. Maritima</i>	515,99	76,07	52,4
		<i>H. centifolia</i>	813,11	63,32	47,28
		<i>X. strumarium</i>	141,74	78,74	53,19
	Solanaceae	<i>D. stramonium</i>	336,16	48,85	28,36
		<i>S. elaeagnifolium</i>	197,25	208,3	196,09
		<i>S. verbena</i>	142,6	239,88	166,18

(T1: minimum time, T2: medium time, T3: maximum time).

**Table 4. Lethal times (day) LT50% and LT90% of the aqueous extracts of 6 plant species concerning L4 larvae of *Cs. Longiareolata***

Time	Family	Species used	C1( $\mu\text{g} / \text{ml}$ )	C2( $\mu\text{g} / \text{ml}$ )	C3( $\mu\text{g} / \text{ml}$ )
LT 50%	Asteraceae	<i>A. Maritima</i>	34,85	3,40	2,23
		<i>H. centifolia</i>	1,75	1,71	0,95
		<i>X. strumarium</i>	5,07	3,79	2,34
	Solanaceae	<i>D. stramonium</i>	4,04	2,24	2,16
		<i>S. elaeagnifolium</i>	2,24	1,41	0,01
	Lamiaceae	<i>S. verben</i>	6,73	4,90	4,56
LT 90%	Asteraceae	<i>A. Maritima</i>	30651,7	15,45	4,52
		<i>H. centifolia</i>	2,90	2,90	1,34
		<i>X. strumarium</i>	12,14	6,57	4,20
	Solanaceae	<i>D. stramonium</i>	6,50	3,42	2,68
		<i>S. elaeagnifolium</i>	38,1	6,16	2,14
	Lamiaceae	<i>S. verben</i>	11,17	12,65	15,21

(C1: low concentration, C2: medium concentration, C3: high concentration)

## DISCUSSION

As in public health (vector control programs) and veterinary medicine (livestock pest control treatments), the increasing use of insecticides over the last 40 years has resulted in a steady increase in the number of resistant species. In addition to compromising the effectiveness of control measures, this phenomenon of resistance can have worrying economic and health, and ecological repercussions through increased doses of insecticides [15]. To contribute to sustainable environmental management, the introduction of new mosquito control alternatives is further encouraged.

In more recent work, the aqueous extracts, powders, and essential oils of plants contain molecules with insecticidal properties [19]. The results on the larvicidal activity of aqueous extracts of castor-oil leaves (*Ricinus communis* L.) and cedar wood (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) [16] and *Ruta chalepensis* L. (Rutaceae) [17, 18] on the larvae of four Culicidae mosquitoes, namely *Cx. pipiens*, *Aedes caspius*, *Cs. longiareolata*, and *Anopheles maculipennis* confirmed their insecticidal efficacy on Culicidae larvae.

In our research, the toxicity of aqueous extracts of six plants *A. Maritima*, *H. centifolia*, and *X. strumarium* (Asteraceae) *D. stramonium* and *S. elaeagnifolium* (Solanaceae) and *S. verben* (Lamiaceae) was tested on *Cs. longiareolata*.

Our results showed that the six plants caused mortality of the larvae depending on the used concentration and the treatment time. We have shown that lethal concentrations (LC50%, LC90%) decrease with the duration of treatment.

At the 120h treatment time based on the aqueous extract of the leaves of *A. Maritima*, the average mortality rate of the larvae increases and can reach 81,13% when using the highest concentration (61,63  $\mu\text{g} / \text{ml}$ ), whose LC50% is equivalent to 11,65  $\mu\text{g} / \text{ml}$ . In contrast, the LC90% is equal to 52,40  $\mu\text{g} / \text{ml}$ . Whereas the lethal times LT50% and LT90% are respectively 2,23 days and 4,52 days. In fact *A. Maritima* is cultivated in parts of Africa for medical use [20]. Much recent work indicates molluscicidal effects against *Lymnaea cailliaudi* [21], *Limnaea natalensis*, and *Bulinus guernei* [22].

Treatment with *H. centifolia* showed a high toxicity on *Cs. longiareolata* with 81,10% of dead larvae after 72h when a high dose of the extract was applied (160  $\mu\text{g} / \text{ml}$ ). This result is in concordance with that of [23, 38] in which they approved the insecticidal action of *H. centifolia* on all instars larvae of *Cx. pipiens* in Algeria and on mites in Tunisia. The spasmolytic and anti-inflammatory effects of crude extracts from the vegetative part of this plant have been reported by [24]. In the other hand, the extract of *X. strumarium* causes a high mortality of *Cs. longiareolata* (83, 90%) after 120h. Studies of [25, 26, 27] have reported that *X. strumarium* induces intoxication and can be fatal to cattle,

sheep, pigs, and humans [27]. Other works of [39, 40] showed the antibacterial and antifungal activities of this plant.

The Solanaceae family is one of the most prominent plant families, with more than 2500 species scattered over all continents, in both tropical and temperate climates. The chemical diversity of this family is essential and formidable poisons are derived from it [28]. Thus, the aqueous extract of *D. stramonium* leaves showed a toxic action against larvae of *Cs. longiareolata* with a 76.13% larval mortality at the 96-hour treatment time based by C3.

According to [29], *Datura* spp, are toxic and produce tropane alkaloids, bicyclic organic compounds, and nitrogenous compounds that significantly affect human and animal physiology. Ethanol extracts from *D. stramonium* leaves have been evaluated for larvicidal and repellent activities against the mosquitoes *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi*, and *Culex quinquefasciatus* [30]. Further, the treatment by *S. elaeagnifolium* extracts showed a high mortality rate (94,97%) after 196h when a high dose of the extract (219,9 µg / ml) was applied. This result is in concordance with that of [31], in which they showed the molluscicidal, nematicidal and anticancer properties of *S. elaeagnifolium*. As far as [32], recorded the highest larval mortality of the flour beetle (*Tribolium castaneum*) treated with methanolic seed extract of *S. elaeagnifolium*. In Algeria, the Lamiaceae family is represented by 146 species [33] with 40% known for their aromatic properties [35]. In this work, the extract of *S. verbenaca* causes 30.56% mortality of *Cs. longiareolata*, after 120 hours. Indeed, *S. verbena* could be considered as a potential source of natural antihemolytic, enzyme modulating, antioxidant and antibacterial agents [36].

## CONCLUSION

Although preliminary, these results showed an excellent larvicidal activity of the aqueous extract of the leaves of the studied plants, mainly *S. elaeagnifolium* and *H. centifolia*. They can be considered larvicide promoters for mosquitos control. Toxicological tests were used to determine the LC50%, LC90%, LT50%, and

LT90% for the aqueous solution. The extract acts on mortality depending on the concentration used and the exposure time of the larvae. The toxicity process is essential, and it seems that the active substances of the plants have been put in solution against the digestion, which causes the death of the larvae. It is necessary to test other concentrations and other extraction methods that may give better results.

## COMPETING INTERESTS

Authors have declared that no competing interests exist.

## REFERENCES

1. Coosemans M, Van Gompel A. The principal arthropod vectors of disease. What are the risks of travelers being bitten? To be infected? *Bulletin de la Societe de Pathologie Exotique*. 1998;1990: 91(5 Pt 1-2):467-473.
2. Rioux JA. The Culicidae of the mediterranean "South." Systematic and ecological study Ed. Paul le chevalier, Paris. 1958;301.
3. Louah A, Ramdani M, Saoud Y, Mahjour J. Biotypology of the Culicidian fauna of the Tingitane Peninsula. *Bull. Inst. Sci*. 1995 ;(19):93-102.
4. Georghiou GP, Ariaratnam V, Pasternak ME, Lin CS. Organophosphorus multi-resistance in *Culex quinquefasciatus* in California. *J. Econ. Entomol*. 1975;68(4):461-467.
5. Sinègre G, Jilien JL, Gaven B. Progressive acquisition of resistance to chlorpyrifos in larvae of *Culex pipiens* (L.) in the South of France. *Parasitologia*. 1977;19(1-2):79-94.
6. [6].Acheuk F, Abdellaoui K, Lakhdari W, Dehliz A., Ramdani M et al. (2017). The Bio-insecticidal potential of the raw extract of the Saharan plant *Artemisia Judaica* in vector control: the case of the common mosquito *Culiseta longiareolata*. *Algerian Journal of Arid Regions (JARA)*, (14): 109-116.
7. Crosby DG. Natural pest control agents. *Advances in Chemistry; American Chemical Society*. 1966;53:1-16.

8. Jacobson M. Botanical pesticides. Past, present, and future. The insecticide of plant origin (Eds. J.T. Arnason, B.J.R. Phlogene and P. Morand). ACS Symposium Series. American Chemical Society, Washington DC, USA. 1989;387: 1-10.
9. David JP, Rey D, Pautou MP, Meyran JC. Differential toxicity of leaf litter to dipteran larvae of mosquito developmental sites. *Journal of Invertebrate Pathology*. 2000;75(1):9-18.
10. Kazi-Tani C, Le Bourgeois T, Munoz F. Contribution to the study of weed communities of crops in the phytogeographic sector of Oran (Nod-West Algeria): botanical, agronomic, and phytosociological aspects. French Association for Plant Protection. AFP- 21st Columbia Conference International Weed Control Day, Dec 2010, Dijon, France. 2011;10.
11. Ozenda P. The flora of the northern and central Sahara, CNRS, France; 1958.
12. Maire R. Studies on the flora and vegetation of the central Sahara. The memory of the Natural History Society of North Africa. Mission du Hoggar II, Algiers. 1933;361.
13. Schaffner F, Angel G, Geoffroy B, Hevry JP, Rhaim A et al. Mosquito of Europe. Research Institute for Development (IRD), Identification Software; 2001.
14. Finney DJ. Probits analysis, 3rd ed, Cambridge University Press, London; 1971.
15. Brévault T, Beyo J, Nibouche S, Vaissayre M. Insect resistance to insecticides: problems and challenges in Central Africa. 2003;6.
16. Aouinty B, Oufara S, Mellouki F, Mahari S. Evaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis* L.) et du bois de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) sur les larves de quatre moustiques culicidés : *Culex pipiens* (Linné), *Aedes caspius* (Pallas), *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 2006;10 (2):67 - 71.
17. Benhissen S, habbachi W, Rebbas K, Masna F. Bio-activité des extraits foliaires de *Ruta chalepensis* L.(rutaceae) sur la mortalité des larves de *Culiseta longiareolata* (Diptera, Culicidae). *Lebanese Science Journal*. 2019;20(1) :1.
18. Sayah M, EL ouali Lalami A, Greech H, Errachidi F, Rodi EL kandri Y et al. Larvicidal activity of aromatic plant extracts on mosquito larvae vectors of parasitic diseases. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 2014;7 (3):832-842.
19. Fournier. Insecticides: In pesticide chemistry. (Eds), Of the three Moutiers, Vienna. 2003;235-325.
20. Buttenschon RM, Bohren C, Waldispühl S. Guidelines for the control of sagebrush (*Ambrosia*). 2009;47.
21. Abou Basha LM, El Sayad MH, Allam AF, Osman MM. The effect of *Ambrosia Maritima* (Damsissa) on the viability of *Lymnaea cailliaudi* is an experimental study. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*. 1994;24(3):513-517.
22. Vassiliades G, Diaw OT. Action molluscicide d'une souche sénégalaise d'*Ambrosia maritima*. *Essais en laboratoire. Revue D'élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux*. 1980; 33(4):401-406.  
DOI:<https://doi.org/10.19182/remvt.8204>
23. Attia S, Grissa KL, Mailleux AC, Heuskin S, Lognay G, et al. Acaricidal activities of *Santolina Africana* and *Hertia centifolia* essential oils against the two- spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *Pest Management Science*. 2012;68(7):1069-1076.
24. Segueni N, Zellagui A, Boulechfar S, Derouiche K, Rhouati S. Essential oil of *Hertia centifolia* leaves, chemical composition, antibacterial and antioxidant activities. *Journal of Materials and Environmental Sciences*. 2017;8(2):551-556.
25. Colodel EM, Driemeier D, Celso P. Experimental poisoning of *Xanthium cavanillesii* (Asteraceae) fruits in cattle. *Brazilian Veterinary Research*. 2000;21:31-38.

26. Loretto AP. Experimental poisoning of *Xanthium cavanillesii* (Asteraceae) fruits in sheep. *Brazilian Veterinary Research*. 2000;19:71-78.
27. Stuart BP, Cole RJ, Gosser HS. Cocklebur (*Xanthium strumarium*, L. var. *strumarium*) intoxication in swine: review and redefinition of the toxic principle. *Veterinary Pathology*. 1981;18(3):368-383.
28. Hammiche V, Merad R, Azzouz M. Toxic plants for medicinal use of the Mediterranean perimeter. Springer Verlag, France; 2013.
29. Waller GR, Nowacki EK. Alkaloid Biology and Metabolism in Plants. New York, Plenum Press; 1972.
30. Swathi S, Murugananthan G, Ghosh SK, Pradeep AS. Larvicidal and repellent activities of ethanolic extract of *Datura stramonium* leaves against mosquitoes. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*. 2012;4(1):25-27.
31. Heap J, Honan I, Smith E. Silverleaf Nightshade (*Solanum elaeagnifolium* Cavanilles) A technical handbook for animal and plant control boards in South Australia OEPP/EPPO Bulletin. 2007;37: 236-245.
32. Hamouda AB, Chaieb I, Zarrad K, Laarif A. Insecticidal activity of methanolic extract of silverleaf nightshade against *Tribolium castaneum*. *The International Journal of Entomological Research*. 2015;3:23-28.
33. Bendif H. Phytochemical characterization and determination of the biological activities in vitro of the active extracts of some *Lamiaceae*: *Ajuga iva* (L.) Schreb, *Teucrium polium* L., *Thymus munbyanus* subsp. *Coloratus* (Boiss. & Reut.) Greuter & Burdet and *Rosmarinus eriocalyx* Jord & Four, Ph.D. thesis, Kouba-Alger University of Applied Sciences, Department of Natural Sciences, Plant Biotechnology; 2017.
34. Silvant C. Aromatherapy - Nature at the service of humanity, Publibook ed., Paris; 2014.
35. Veres K. Variability and biologically active components of some *Lamiaceae* species. Ph.D. Thesis. Départements of pharmacognosy. Univ. Szeged, Hungary; 2007.
36. Belkhiri F, Baghiani AR, Zerroug MM, Arrar L. Investigate of antihemolytic, xanthine oxidase inhibition, antioxidant and antimicrobial properties of *Salvia verbena* L. aerial part extracts. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*. 2017;14(2):273-281.
37. Kheniche A, Rizeug S, Smaili T, Belkacem A, Benkhaled A, et al. Extraction of essential oils of *Salvia verbena* from Algeria. Chemical Composition, Antimicrobial, and Antioxidant Activity, Seminar at University of Milan. 2013;14-54.
38. Khedidja A, Touahria Ch, Djeghader NH, Boudjelida H. (Laboratory study of the larvicidal efficacy of a local plant *Hertia centifolia* against the most abundant mosquito species in Algeria. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 2018;6(1):258-262.
39. Sharifi-Rad J, Hoseini-Alfatemi SM, Sharifi-Rad M, Sharifi-Rad M, Irit M, Sharifi-Rad M, Sharifi-Rad R, Raeisi S. Phytochemical compositions and biological activities of essential oil from *Xanthium strumarium* L. *Molecules*. 2015;20:7034-7047.
40. Lavault M, Landreau A, Larcher G, Bouchara JP, Pagniez F, Pape PL, Richomme P. Antileishmanial and antifungal activities of xanthanolides isolated from *Xanthium macrocarpum*. *Fitoterapia*. 2005;76:363-366.

## Inventory and Distribution of Mosquitoes (Diptera, Culicidae) in the Aures Region (Batna, Algeria)

Nora Belkhiri

*Institute of Veterinary Sciences and Agronomic Sciences, University of Batna 1, 5000 Algeria.,  
belkhirinora88@gmail.com*

Wafa Habbachi

*Department of Biology, Faculty of Sciences, University Badji Mokhtar, bp 12, 23 000 Annaba, Algeria.,  
habbachi.waffa@yahoo.fr*

Saliha Benhissen

*Department of Natural Sciences, University Mohamed Boudiaf, 28000 M'Sila, Algeria,  
s.benhissen@yahoo.com*

Naama Frah

*Institute of Veterinary Sciences and Agronomic Sciences, University of Batna 1, 5000 Algeria.,  
naama08.f@gmail.com*

Abdelmadjid Yagoub Asloum

*Department of Biology, Faculty of Science.bp12 El Hadjar, University Badji Mokhtar, 23000 Annaba,  
Algeria, asloumabdelmadjidyagoub@gmail.com*

*See next page for additional authors*

Follow this and additional works at: <https://corescholar.libraries.wright.edu/jbm>



Part of the [Biodiversity Commons](#), [Entomology Commons](#), and the [Population Biology Commons](#)

---

### Recommended Citation

Belkhiri, N., Habbachi, W., Benhissen, S., Frah, N., Asloum, A., & Aberkane, N. (2021). Inventory and Distribution of Mosquitoes (Diptera, Culicidae) in the Aures Region (Batna, Algeria), *Journal of Bioresource Management*, 8 (4).

ISSN: 2309-3854 online

(Received: May 26, 2021; Accepted: Jul 1, 2021; Published: Oct 13, 2021)

This Article is brought to you for free and open access by CORE Scholar. It has been accepted for inclusion in *Journal of Bioresource Management* by an authorized editor of CORE Scholar. For more information, please contact [library-corescholar@wright.edu](mailto:library-corescholar@wright.edu).

---

## Inventory and Distribution of Mosquitoes (Diptera, Culicidae) in the Aures Region (Batna, Algeria)

### Cover Page Footnote

We would like to express our gratitude to the members of the research laboratory of Mohamed Boudiaf University M'Sila, particularly Dr. Benhissen who helped us during the execution and writing of this work.

### Authors

Nora Belkhir, Wafa Habbachi, Saliha Benhissen, Naama Frah, Abdelmadjid Yagoub Asloum, and Nadia Aberkane

© Copyrights of all the papers published in Journal of Bioresource Management are with its publisher, Center for Bioresource Research (CBR) Islamabad, Pakistan. This permits anyone to copy, redistribute, remix, transmit and adapt the work for non-commercial purposes provided the original work and source is appropriately cited. Journal of Bioresource Management does not grant you any other rights in relation to this website or the material on this website. In other words, all other rights are reserved. For the avoidance of doubt, you must not adapt, edit, change, transform, publish, republish, distribute, redistribute, broadcast, rebroadcast or show or play in public this website or the material on this website (in any form or media) without appropriately and conspicuously citing the original work and source or Journal of Bioresource Management's prior written permission.

## INVENTORY AND DISTRIBUTION OF MOSQUITOES (DIPTERA, CULICIDAE) IN THE AURES REGION (BATNA, ALGERIA)

NORA BELKHIRI<sup>1</sup>, Wafa Habbachi<sup>2</sup>, Saliha Benhissen<sup>2,3</sup>, Naama Frahi<sup>1</sup>, Abdelmadjid Yagoub Asloum<sup>4</sup>, and Nadia ABERKANE<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> *Laboratory of Improvement of Agricultural Productions and Protection of Resources in Arid zone, Institute of Veterinary Sciences and Agronomic Sciences, University of Batna 1, 5000 Algeria.*

<sup>2</sup> *Applied Neuro-Endocrinology Laboratory. Department of Biology, Faculty of Sciences, University Badji Mokhtar, bp 12, 23 000 Annaba, Algeria.*

<sup>3</sup> *Department of Natural Sciences, University Mohamed Boudiaf, 28000 M'Sila, Algeria.*

<sup>4</sup> *Ecology of Terrestrial and Aquatic Systems. Department of Biology, Faculty of Science. bp12 El Hadjar, University Badji Mokhtar, 23000 Annaba, Algeria.*

Corresponding author's email: belkhirinora88@gmail.com

### ABSTRACT

Mosquitoes are the most terrifying both for their abundance and for the diseases they transmit. They are vectors of malaria, lymphatic filariasis and arbovirus such as yellow fever, dengue, viral encephalitis and African horse sickness. These characteristics give this fauna prominent importance and health interest. To identify the most widespread mosquito species, we conducted for the first time an inventory in the Aures region more particularly the wilaya of Batna (East of Algeria) from May 2017 to January 2020, we studied their diversity, abundance and distribution. The sampling is done by monthly surveys of the various localities chosen, using the dipping method to collect the larvae. In the various sites prospected, we were able to collect a total of 8275 mosquito individuals presented by nine species belonging to four different genera: *Culiseta*, *Culex*, *Aedes* and *Anopheles* of which the genus *Culiseta* is the best represented, particularly with the species *Culiseta longiareolata* (52.07%). It appears from what we have obtained that the Batna region reveals a significant diversity of mosquitoes. This study aimed to inventory the Culicidian species more broadly by surveys in several localities of Batna region at the level of different environments. This will allow us to know the faunistic composition of the region, to collect and record information on the vectors, their habitats and the conditions that favors their multiplication within a given area

**KEYWORDS:** Inventory, diversity, Culicidae, Batna region, mosquitoes

### INTRODUCTION

Many arthropods can transmit disease. Among these, Mosquitoes are the most terrifying both for their abundance and for the diseases they transmit. They are vectors of malaria, lymphatic filariasis and arbovirus such as yellow fever, dengue, viral encephalitis (Coosemans and Van Gompel, 1998) and African horse sickness (Rioux, 1958). These characteristics give this fauna

prominent importance and health interest (Louah et al., 1995).

The fauna of Culicidae is distributed in the Mediterranean regions, in America, India, Northern Europe, Mediterranean Europe, Asia and Madagascar (Senevet and Andarelli, 1963). In Algeria, 50 species of Culicidae of 6 different genera are grouped in the subfamilies of Anophelinae and Culicinae (Hassaine, 2002).

The most effective approach to mosquito control remains that based on the elimination or reduction of mosquito breeding sites, because at this stage mosquitoes occupy minimal geographical space and are easily located and controlled, this control must be adapted to the following factors: the correct identification of the species, the knowledge of their breeding sites, their behaviour and their ecology that is fundamental to ensure the effectiveness of this action (Djogbénou, 2009).

Investigations made on Culicidae are related to their bioecology in Constantine (Berchi, 2000), in Tlemcen (Hassaine, 2002), in Algiers and Tizi Ouzou (Lounaci, 2003), (Bebba, 2004) in the region of Oued-Righ, (Berrezig, 2007; Aouati, 2009 and Tahraoui, 2012) in the region of El-Kala, (Hamaidia, 2004) in the regions of Souk-Ahras and Tebessa, (Benhissen, 2016) in the region of Ouled Djelal, (Merabti et al., 2017) in the Biskra region as well as (Benhissen et al., 2018) in the Bousaâda region.

The present study aims to inventory the Culicidian species more broadly by surveys in several localities of Batna region at the level of different environments. This will allow us to know the faunistic composition of the region, to collect and record information on the vectors, their habitats and the conditions that favors their multiplication within a given area.

## MATERIAL AND METHODS

### *Presentation of the Study Region*

The study was conducted in the Batna region, which is located in the north-east of Algeria, in the Aures region. It is located 410 km from Algiers and rises to more than 900 m from sea level. It is

bounded in the North by the Wilaya of Mila, in the North-East by the Wilaya of Oum El Bouaghi, in the East by the Wilaya of Khenchela, in the South by the Wilaya of Biskra, in the West by the Wilaya of M'Sila and in the North-West by the Wilaya of Setif (DRC, 2017). It covers an area of 12,038.76 km<sup>2</sup>. Batna, the chief - place of the Wilaya is 425 km East of the capital, it has 21 dairas and 61 communes (Aures, 2013) (Figure 1).

### *Survey Sites*

This study took place from May 2017 to January 2020, either over a period of 24 months. It focused on a sample of 4 sites, selected on different criteria.

They were mainly: wells, ponds, and basins (Table 1).

- S1 (Dhara Aissi): This is an open cement basin within a new nursery project that serves to store irrigation water. This basin has an area of 20 m<sup>2</sup> and a depth of 1.5 m.
- S2 (Forum Toub): The selected site is a traditional well located in an abandoned apple orchard. The well is characterized by the presence of plant debris and the bad smell of water.
- S3 (Forage Parc): A waterhole with a very polluted watercolor from green to black and a bad smell. The vegetation cover is present in the middle and on the edge of the site and consists of weeds and some algae.
- S4 (Timgad): The selected site is a permanent pond which is located in a wadi, it is embraced and the water is clear with the presence of vegetation.

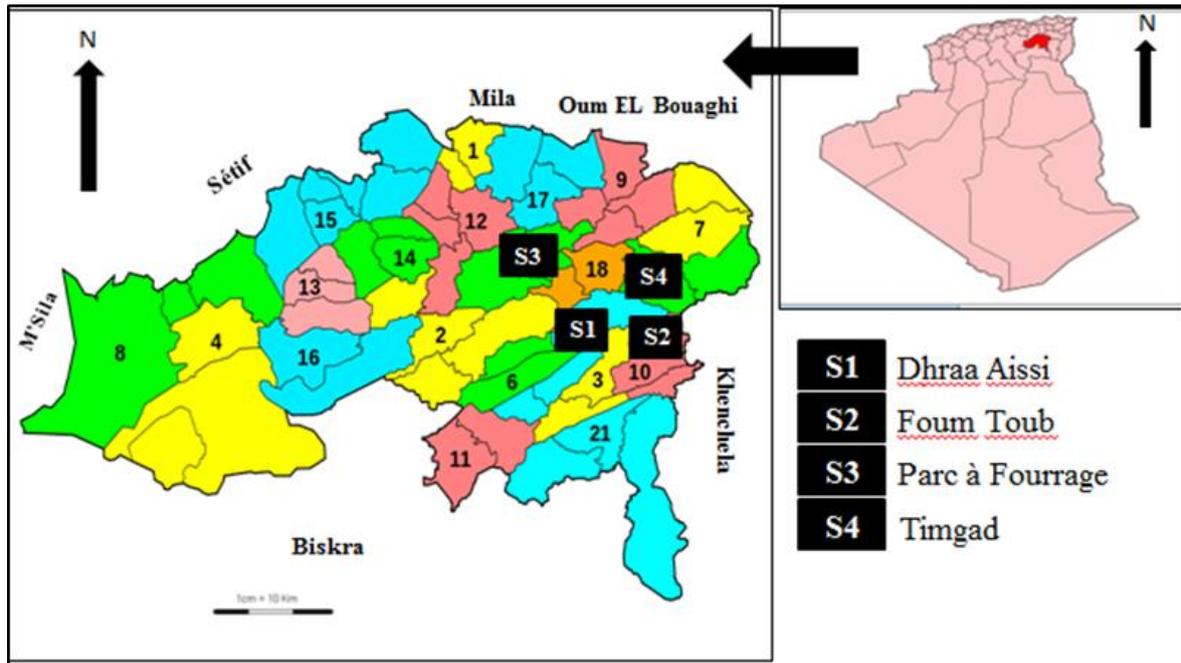


Figure 1: Geographic location of the study sites (ANIREF, 2011).

Table 1: Main characteristics of the sites selected in the Batna region

Sites	Latitude (N)	Longitude (E)	Environment	Character	Nature	Water
(S1)	35°46'63,59"N	6°31'70,44"E	Urban	Basin	Permanent	W
(S2)	35°41'52,44"N	6°58'64,83"E	Rural	Well	Permanent	W
(S3)	35°54'10,97"N	6°18'59,13"E	Urban	Mare	Permanent	Rn/R
(S4)	35°49'72,35"N	6°46'58,82"E	Rural	Mare	Permanent	Rn/R

(S1: Dhraa; S2: Forum Toub; S3: Forage parc; S4: Timgad; W: Wells, R: Rolling, Rn: Rain).

### Sampling Technique and Identification

The sampling of larvae was done using the dipping method. This method consists of dipping, in several places of the larval site, a dipper containing a container of a known capacity (500 ml). For the wells, we used a bucket of a known capacity (5 liters) and a rope.

The generic and specific diagnosis requires the careful observation of the entire body of the larva, the pupa and the adult and particularly the morphological characters of the body of taxonomic importance, which were examined.

We used the identification keys of the larvae proposed by Rioux (1958). The results obtained were also confirmed with the identification software for Culicidae of Mediterranean Africa (Brhunes et al., 1999).

### Ecological Index and Statistical Processing of Data

The ecological index that we consider for the exploitation of our results are the relative abundance (F %) Dajoz (1971), the frequency of occurrence (C %) Dajoz (1982), the total richness (Blondel,

1975), the specific diversity  $H'$  (Shannon and Weaver, 1949) and the equitability (E) Barbault (1981).

## RESULTS

### *Inventory of Culicidae*

The systematic inventory of Culicidae mosquitoes collected in the different study sites, revealed after identification the presence of nine species belonging to two subfamilies: Anophelinae and Culicinae (Table 2).

The subfamily Culicinae appeared to be the richest in species, it is divided into three genera: the genus *Culex* with four species (*Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex hortensis* and *Culex deserticola*), the genus *Culiseta* represented by two species (*Culiseta longiareolata* and *Culiseta subochrea*) and the genus *Aedes* with only one species *Aedes caspius* and the subfamily Anophelinae is represented by the genus *Anopheles* which includes two species (*Anopheles labranchiae* and *Anopheles cinereus*) (Table 2).

**Table 2: List of Culicidae identified in the Batna region during the study period.**

Sub family	Genus	Species
Culicinae	<i>Culex</i>	<i>Culex pipiens</i> (Linné, 1758).
		<i>Culex theileri</i> (Théobald, 1903).
		<i>Culex hortensis</i> (Ficalbi, 1889)
		<i>Culex deserticola</i> (Kirkpatrick, 1924).
	<i>Culiseta</i>	<i>Culiseta longiareolata</i> (Aitken, 1954).
		<i>Culiseta subochrea</i> (Edwards, 1921).
	<i>Aedes</i>	<i>Aedes caspius</i> (Pallas, 1771).
Anophelinae	<i>Anopheles</i>	<i>Anopheles labranchiae</i> (Falleroni, 1926).
		<i>Anopheles cinereus</i> (Brunhes et al., 1999).

### *Distribution of Collected Mosquito Species*

The present work, devoted to the realization of a study on the Culicidian fauna of the Batna region, collected from the four sampling sites, a total number of 8275 mosquito individuals of which the species *Culiseta longiareolata* was the most frequent with 4309 individuals followed by *Culex pipiens* with 3385 figure 2 (A).

On the other hand, the number of individuals of the species *Culiseta subochrea*, *Aedes caspius*, *Anopheles labranchiae* and *Anopheles cinereus* did not exceed (7, 1, 2, 1) individuals respectively figure 2 (A).

At Forage Parc *Culex pipiens* was also ranked in the first place in terms of relative abundance 48% followed by *Culiseta longiareolata* with the rate of 36%. *Culex theileri* in third place with a rate of 15.77% while *Culex hortensis* was less present in this site with a rate of 0.19% see figure 3 (C).

In the Timgad site, *Culiseta longiareolata* was the most abundant species with a rate of 66.81% followed by *Culex pipiens* with 15.96% and *Culex hortensis* 9.87% while *Culex deserticola* and *Culex theileri* were present with rates of 3.68% and 3.29% respectively. The other species were not very present on this site with rates varying from 0.16% to 0.05% figure 3(D).

## Ecological Analysis of the Culicid Fauna

### i. Ecological Composition Index

The results of the relative abundance of Culicidae species encountered in the four sites are represented in figure 3. Only one species was observed in Dhraa Aissi, *Culiseta longiareolata*, with a rate of 100 % in figure 3(A). The relative abundance (%) of species in the Foug Toub site showed that among the five species recorded *Culex pipiens* was the most abundant species with a rate of 68.04 % followed by *Culiseta longiareolata* with 31.26 %. While *Culex hortensis*, *Culex theileri* and *Culiseta subochrea* were not very present in this site with a rate of 0.31 %, 0.25 % and 0.11 % respectively figure 3 (B).

From the results of the frequency of occurrence (C %) revealed by Table 3, we found that *Culiseta longiareolata* was classified as a ubiquitous species with 100% in the site of Dhraa Aissi. Two

categories of species are defined in the site of Foug Toub. Two species collected in this site were considered ubiquitous species; it is essentially *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. While *Culex theileri*, *Culex hortensis* and *Culiseta subochrea* were accidental species (Table 3).

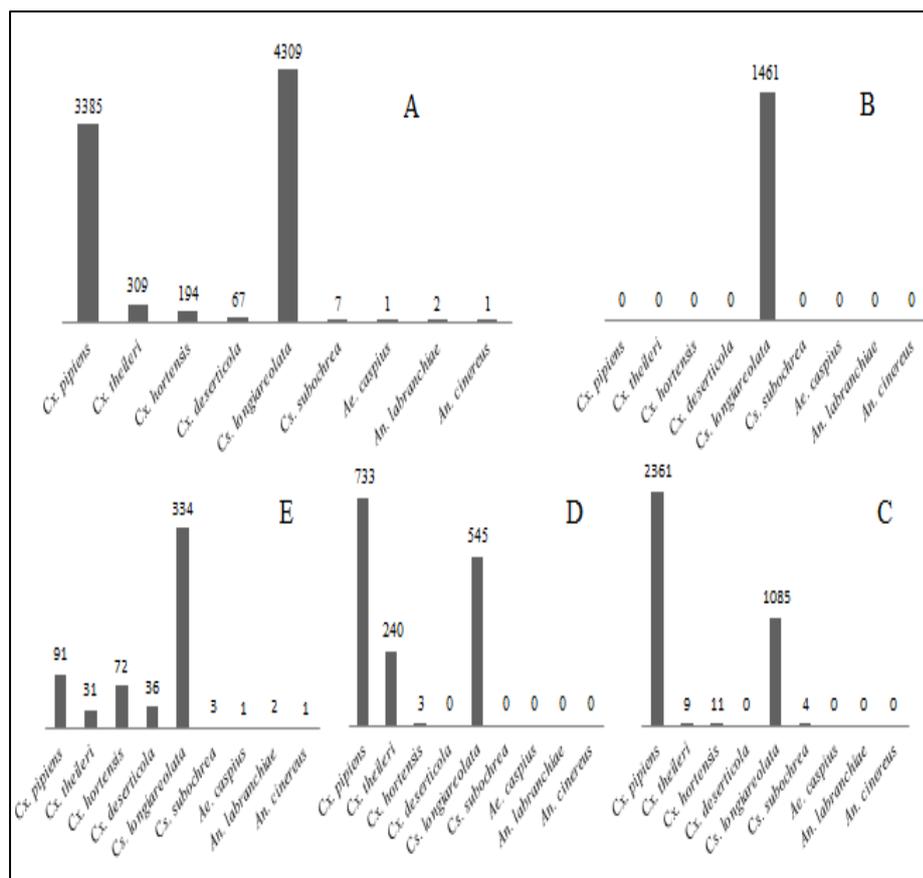
Similarly, the results show the existence of four categories of species in the Forage Park area. Only one species collected was considered ubiquitous, *Culiseta longiareolata*, *Culex pipiens* was considered a constant species. One accessory species, (*Culex theileri*), while *Culex hortensis* was considered an incidental species (Table 3).

In Timgad *Culiseta longiareolata* was defined as a constant, *Culex pipiens* as a regular species. Accessory species were *Culex theileri*, *Culex hortensis* and *Culex deserticola*, while incidental species were *Culiseta subochrea*, *Aedes caspius*, *Anopheles labranchiae* and *Anopheles cinereus* (Table 3).

**Table 3: Frequency of occurrence and category of mosquito species found in the study sites.**

Site Species	Dhraa Aissi		Foug Toub		Forage Parc		Timgad	
	C %	Cate	C %	Cate	C %	Cate	C %	Cate
<i>Cx. pipiens</i>	/	/	100	Omni	95,83	Cons	70,83	Régu
<i>Cx. theileri</i>	/	/	8,33	Acci	29,16	Acce	33,33	Acce
<i>Cx. hortensis</i>	/	/	12,5	Acci	4,16	Acci	29,16	Acce
<i>Cx. deserticola</i>	/	/	/	/	/	/	25	Acce
<i>Cs.longiareolata</i>	100	Omni	100	Omni	100	Omni	95,83	Cons
<i>Cs. subochrea</i>	/	/	8,33	Acci	/	/	4,16	Acci
<i>Ae. caspius</i>	/	/	/	/	/	/	4,16	Acci
<i>An. labranchiae</i>	/	/	/	/	/	/	4,16	Acci
<i>An. cinereus</i>	/	/	/	/	/	/	4,16	Acci

(C %: Frequency of occurrence, Cat: Category, Omni: Omnipresent, Cons: Constant, Regu: Regular, Acce: Accessory, Acci: Accidental).



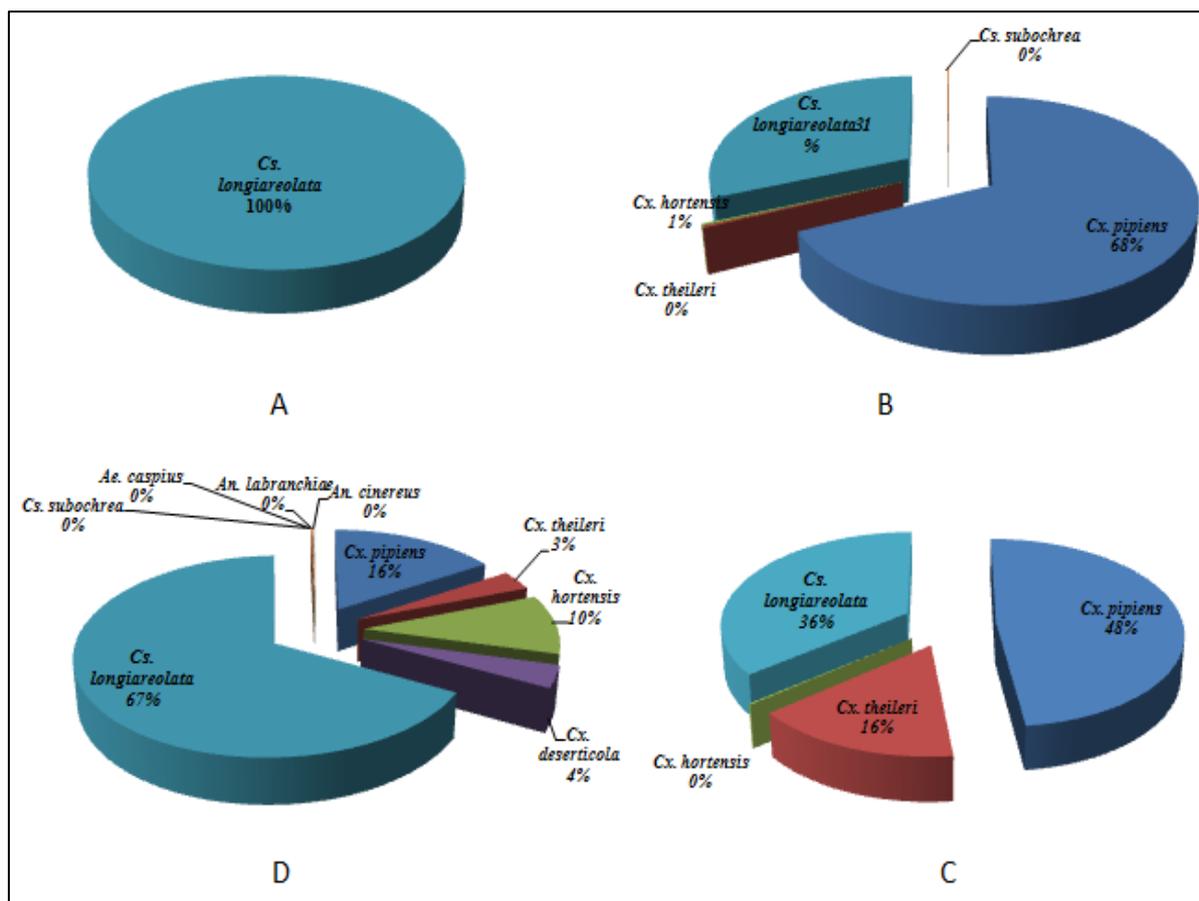
**Figure 2: Numbers of culicid species surveyed in the Batna region during the study period.**

(A: Total numbers collected in the four study sites, B: Numbers collected in Dhraa Aissi, C: Numbers collected in Foug Touf, D: Numbers collected in Forage Parc and E: Numbers collected in Timgad).

**Table 4: Total richness (S), specific diversity (H'), maximum diversity (H'max) and equitability (E) of Culicidae in the 4 study stations**

Species	Dhraa Aissi	Foug Touf	Forage Parc	Timgad
<i>Cx. pipiens</i>	/	2361	733	291
<i>Cx. theileri</i>	/	9	240	60
<i>Cx. hortensis</i>	/	11	3	180
<i>Cx. deserticola</i>	/	/	/	67
<i>Cs. longiareolata</i>	1461	1085	545	1218
<i>Cs. subochrea</i>	/	4	/	3
<i>Ae. caspius</i>	/	/	/	1
<i>An. labranchiae</i>	/	/	/	2
<i>An. cinereus</i>	/	/	/	1
Effectif /station	1461	3470	1521	1823
H'/station	0	0,965	1,483	1,532
S/station	1	5	4	9
Hmax/station	0	2,332	2,009	3,184
E/station	0	0,414	0,738	0,481
D	-0,005	0,438	0,612	0,514

S: Total richness, H': Shannon-Weaver index, Hmax: Maximum diversity, E: Equitability index (evenness index) and D: Diversity).



**Figure 3: Relative abundance (F%) of culicidae species studied in the four surveyed sites.**  
 (A: Dhraa Aissi, B: Foum Toub, C: Forage Parc and D: Timgad).

### Ecological Index of Structure

According to our results, 8275 individuals were collected from the different stations of the Batna region with a total richness of 9 species. The results presented in Table 4 shows the total richness, the Shanon & Weaver diversity index ( $H'$ ), the maximum diversity ( $H'_{max}$ ) and the equitability (E). It was found that the station of Foum Toub occupies the 1st place from the point of view of the number of mosquito larvae collected (N=3470), followed in second place by the station of Timgad with a total of 1823, then Forage Parc with 1521 and Dhraa Aissi 1461 larvae. The diversity index reveals values, ranging from 0 for the station of Dhraa Aissi to 1.532 for the

station of Timgad, this value presents a rich population in species (9 species), the equitability to compare the structures of the populations displays values between 0 and 0.738 in the different stations those indicate that the populations were not balanced.

The values of the diversity index oscillate between a minimum of -0.005 bits, the minimum value recorded at the site of Dhraa Aissi this was certainly due to a dominant number of species (dominance of *Culiseta longiareolata*). The highest values were recorded at the site of Forage Parc is 0.612 bits and in the site of Timgad 0.514 bits. The two sites present a medium diversified population or several species are numerically represented (taxonomic richness).

**Table 5: Phenogram of species recorded at the four sites during the study period.**

Sites	Species	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
S1	<i>Cs.longiareolata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
S2	<i>Cx. pipiens</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Cx. theileri</i>	*					*						
	<i>Cx. hortensis</i>	*									*		*
	<i>Cs.longiareolata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
S3	<i>Cs. subochrea</i>		*		*								
	<i>Cx. pipiens</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Cx. theileri</i>	*				*	*	*	*				
	<i>Cx. hortensis</i>											*	
S4	<i>Cs.longiareolata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Cx. pipiens</i>			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Cx. theileri</i>					*	*	*	*	*			
	<i>Cx. hortensis</i>	*				*	*	*				*	*
	<i>Cx. deserticola</i>	*	*					*				*	*
	<i>Cs.longiareolata</i>	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	<i>Cs. subochrea</i>												*
	<i>Ae. caspius</i>										*		
<i>An. labranchiae</i>								*					
<i>An. cinereus</i>								*					

(S1: Dhraa; S2: Forum Toub; S3: Forage parc; S4: Timgad)

### ***Phenology of Species Collected in the Batna Region***

The determination of the phenogram of Culicidae species was established according to monthly observations during 2 years of study (Table 5). Most of the species that were found to be abundant in the environments surveyed appeared almost all year round, such as *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*.

We also noted that *Culex theileri* appeared only in January and June in Fom Toub and from May to September in Timgad. *Culiseta subochrea* only appears in Fom Toub during February and April, while in Timgad it appears in December. The other species (*Aedes caspius*, *Anopheles labranchiae* and *Anopheles cinereus*) were only present for one month in Timgad (Table 5).

### **DISCUSSION**

The analysis of the results of the four sites studied during a period of 24 months in the Batna region, showed that the Culicidian fauna collected belonged to two subfamilies (Culicinae and Anophelinae). It appears from the results found that there was a predominance of the subfamily Culicinae. Our results agree with the same conclusion for the fauna of North Africa and Algeria (Brunhes et al., 1999) and (Boulkenafet, 2006; Merabti, 2010; Tahraoui, 2012; Benhissen, 2016).

For the sub-family Culicinae, we collected four species in three genera: *Culex*, *Culiseta* and *Aedes*, for the genus *Culex*, which was the best represented in this subfamily, we identified four species: *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex hortensis* and *Culex deserticola*, the genus *Culiseta* was represented by two species: *Culiseta longiareolata* and *Culiseta subochrea*, and finally, the genus *Aedes* was represented by the species: *Aedes*

*caspius*. The same species were found by (Benhissen, 2016) in the region of Ouled Djellal.

Representing by our results, 8275 individuals were collected in the different stations of the Batna region, of which *Culiseta longiareolata* and *Culex pipiens* species were the most frequent (4309 and 3385 individuals) respectively, while *Aedes caspius*, *Anopheles labranchiae* and *Anopheles cinereus* species do not exceed 2 individuals.

The low numbers may be due to multiple causes, the most common of which were water quality, reduced egg-laying (as a result of a decrease in the number of female emergences), low quantity of available nutrients (insufficient quantity or quality of food), the drying up of larval sites during the dry seasons, the washing out of sites by rainfall, the slowing down of larval development due to the drop in temperature and mortality by invertebrate or vertebrate predators (Berchi, 2000).

During our surveys, the mosquito most frequently collected in the Batna region was *Culiseta longiareolata* with a rate of 52.07%. This species was widely distributed in the Mediterranean region (Brunhes, 2000). It was found in artificial and natural deposits (Rioux, 1958). During our surveys, it was found in all nests and was collected throughout the year. Lounaci (2003) reported its existence in the marshes of Reghaia, in the cottages of the Agronomic Institute of El Harrach and the stable of El-Alia. Agoun (1996) and Berchi (2000) in Constantine, Hamaidia and Berchi (2018) in Souk- Ahras and (Banafshi et al., 2013) in Iran reported the presence of this species in different types of breeding sites.

The index of specific diversity (Shannon-Weaver index) was high when taxonomic richness was important and the distribution of individuals between taxa was balanced and the index of low values

reflects a less diverse stand with dominant species (Faurie et al., 2003).

Blondel (1979) emphasizes that the greater the diversity index and the greater the number of individuals, the more diverse the stand.

The values of equitability in all the breeding sites vary between 0 and 1 as the minimum recorded at the site of Dhraa Aissi, which reflected a disturbed environment, the maximum observed in the site of Forage Parc, translating a state of strong equilibrium, the index exceeds 0.738. As for the scale of occurrence, the majority of sites (4 sites) recorded constant species belonging to the two genera *Culex* and *Culiseta*, which reflects the heterogeneity and diversity of the environment. This was explained by the ecological characteristics of the study sites.

Clements (2000) found that the mosquitoes were found from the tropics to the Arctic Circle, from low altitudes to mountain tops and on all continents except Antarctica. They can adapt to various climatic conditions or changes in environmental conditions and thus colonize a wide range of ecosystems (Cléments, 2000; Becker et al., 2010).

According to Senevet and Andarelli (1947), *Culex pipiens* was the most common species in Algeria and North Africa, the larvae of this species were found in a wide range of habitats such as permanent habitats with poor and rich freshwater vegetation, and temporary habitats with rich freshwater vegetation, they can colonize heavily polluted environments. In the south of France, they were found in septic tanks, cellars, flooded crawl spaces, open sewers and lagoons (Sinegre et al., 1977).

On the other hand, Brunhes (2000) states that *Culiseta longiareolata*, was a widely distributed species in the Mediterranean region. It occurs in both artificial and natural deposits (Rioux, 1958). In contrast, the Anopheles, prefer to colonise more rural sites with water that is

not very rich in organic matter (Salvan and Mouchet, 1994).

## CONCLUSION

The systematic study of the larval stages of mosquitoes collected from different sites in the wilaya of Batna allowed us to identify 9 species of Culicidae, belonging to two subfamilies: Culicinae and Anophelinae. The results of the study of the phenogram of the Culicidae species collected in the Batna region indicate that most of the species that were abundant in the environment appear almost all year round, for example, *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata* both species were present all the years, and colonise different types of environment.

## ACKNOWLEDGMENT

We would like to express our gratitude to the members of the research laboratory of Mohamed Boudiaf University M'sila, and particularly Dr. Benhissen Saliha who helped us during the execution and writing of this work.

## REFERENCES

- Agoun M (1996). Contribution to the study of a systematic inventory of mosquitoes (Culicidae- Diptera) of the Constantine region and its surroundings. Mem DES Univ Constantine. pp:126.
- Aitken T H G (1954). The Culicidae of Sardinia and Corsica (Diptera). Bull Entol Res., 45: 437- 494.
- Aouati A (2009). Inventory of Culicidae of wetlands and cork oak forests. Systematic characterization by cuticular hydrocarbon profiles. Control trials. Thesis of Magister. Univ. Annaba.
- Aurès (2013). Economic and social yearbook of Batna: pp192.
- Banafshi O, Abai M R, Ladonni H, Bakhshi H, Karami H, Azari-

- Hamidian S (2013). The fauna and ecology of mosquito larvae (Diptera: Culicidae) in western Iran. *Trk. J. Zoo.* 37: 298-307.
- Barbault R (1981). Ecology of populations and settlements. Ed., Masson, Paris: pp200.
- Bebba N (2004). Comparative study of the effects of insecticides on the larval populations of Culicidae in Constantine and Oued Righ. Univ. Constantine: pp 102.
- Becker N, Petric D, Zgomba M, Boase C, Madon M B, Dahl C, Kaiser A (2010). Mosquitoes and Their Control. 2nd ed., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg Publisher: pp 577.
- Benhissen S (2016). Identification, composition and structure of Culicid populations in the Ouled-Djellal region (Biskra). Effect of ecological factors on seasonal abundance. Control trials. Doc. Thesis. Univ. Annaba: pp136.
- Benhissen S, Habbachi W, Rebbas K, Masna F (2018). Entomological and typological studies of mosquito breeding sites (Diptera: Culicidae) in the region of Bousaâda (Algeria). *Bul Roy Soc Sci Lie.*, 87 :112 - 120.
- Berchi S (2000). Bioecology of *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) in the region of Constantine and perspectives of control. Doc. thesis. Univ. Constantine: pp 133.
- Berrezig W (2007). Inventory of Culicidae in the sub-areas of Brabtia in the National Park of El-Kala.
- Blondel J (1975). Analysis of bird populations. Element of an ecological diagnosis. The sampling method progressive frequency (S.P.F.), *Rev Ecol Earth Lif.*, 29(4):533-589.
- Blondel J (1979). Biogeography and ecology. Ed. Masson, Paris. pp: 173.
- Boulkenafet F (2006). Contribution to the study of Phlebotomine biodiversity (Diptera: Psychodidae) and assessment of the Culicidian fauna (Diptera: Culicidae) in Skikda region. *Mem. Mag. Univ. Constantine*: pp: 191.
- Brhunes J, Rhaim A, Geoffroy B, Angel G, Hervy J P, Hassaine K, Fossati O, D'Amico F, Villepou J, Mires S, Breuil F (1999). Mosquitoes of Mediterranean Africa. Identification and teaching software. Montpellier/Tunis, The Institute of Research for Development, The Pasteur Institute of Tunis.
- Brunhes J, Hassain K, Rhaim A, Hervy JP (2000). Species of Mediterranean Africa: Present species and distribution (Diptera, Nematocera). *Bull Ent France extract.*, 105(2): 195-204.
- Clements A N (2000). The biology of mosquitoes: development, nutrition and reproduction. CABI publisher, New York: pp 509.
- Coosemans M, Van Gompel A (1998). The main arthropod vectors of diseases. What are the risks for the traveller of being bitten? To be contaminated? *1977(6)*: pp7.
- Dajoz R (1971). Precision of ecology. ed. Duno., Paris: pp 434.
- Djogbenou L (2009). Vector control against malaria and insecticide resistance of vectors in Africa. *Med Trop.*, 69(2): 160-164.
- Edwards F W (1921). A revision of the mosquitoes of the Palearctic Region. *Bull Ento Res.*, 12: 263 - 351.
- DRC (2017). Monograph of the Batna Region. Direction régionale du commerce, N02 : pp35.
- Falleroni D (1926). Italian Anopheline fauna and its "habitat" (swamps, rice-fields, canals). *Methods of*

- malaria control. *Rev D mal.*, 5(5-6): 553-593.
- Faurie C, Ferra C, Medori P, devaux J, Hempitiene J I (2003). *Ecology, Scientific and Practical Approach*. 5th ed., Ed.tec. and Doc., Paris: pp 407.
- Ficalbi E (1889). Descrisione di una specie nuova. (Notixie preventive sulle zanzare italiane. II. Nota preventiva). *Bulletino della Societa Entmologican Italiana*, 21: 50 - 53.
- Hamaidia H (2004). Inventory and biodiversity of Culicidae (Diptera-Nematocera) in the region of Souk-Ahras and Tébessa (Algeria). *Mag. Thesis. Univ. Constantine*.
- Hamaidia H, Berchi S (2018). Systematic and ecological study of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Souk-Ahras region (Algeria). *Faun Ento.*, 71: 1-8.
- Hassain K (2002). Biogeography and biotypology of Culicidae (Diptera-Nematocera) of Mediterranean Africa. Bioecology of the most vulnerable species (*Aedes caspius*, *Aedes detritus*, *Aedes mariae* and *Culex pipiens*) of the western region of Algeria. *Doc. Thesis. Univ. Tlemcen*: pp 191.
- Linné C (1758). *Systema naturae per regna fria naturae*. Edition 10. Holmia, 1: pp 82.
- Louah A, Ramdani M, Saoud Y, Mahjour J (1995). Biotypology of the Culicidian fauna of the Tingitane Peninsula. *Bull Inst Sci.*, (19): 93-102.
- Lounaci Z (2003). Biosystematics and bioecology of Culicidae (Diptera - Nematocera) in rural and agricultural environments. *Mag. Thesis. INA, El Harrach*.
- Merabeti B, Ouakid M L (2010). Contribution to the study of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the oases of the Biskra region (north-east Algeria). *Proceedings of the International Seminar on Faunal Biodiversity in Arid and Semi-Arid Zones*: pp 185-189.
- Merabeti B, Lebouz L, Adamou A E, Kouidri M, Ouakid M L (2017). Effects of certains naturels breeding site characteristics on the distribution of Culicidae (Diptera) mosquito species in south east Algeria. *Afr Ento.*, 25(2): 506-514.
- National Agency for Land Intermediation and Regulation (2011). *Monograph section Wilaya of Batna*: pp 5.
- Rioux J A (1958). *Culicidae of the Mediterranean "midi"*. Systematic and ecological study. Ed. Paul the Knight, Paris: pp301.
- Salvan M, Mouchet J (1994). *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti* in Reunion Island. *An Bel Soc Tro Med.*, 74 (4): 323-326.
- Senevet G, Andarelli L (1947). The genus *Culex* in North Africa. III. The adults: pp 36-70.
- Senevet G, Andarelli L A (1963). Mosquitoes of North Africa and the Mediterranean Basin III: The *Aedes*, Part 1, General. *Arch. Inst. Pasteur. Algeria*, 41: 115 - 141.
- Sinegre G, Jilien JL, Gaven B (1977). Progressive acquisition of resistance to chlorpyrifos in *Culex pipiens* (L.) larvae in the South of France. *Para.* 191(2): 79-94.
- Tahraoui C (2012). Seasonal abundance of Culicidae in the wetland ecosystem of El-Kala national park. Identification and control. *Mem. Mag. Univ. Annaba*: pp 80.
- Theobald F V (1903). *A monograph of the Culicidae or mosquitoes*. London, British, Museum (Natural History). 3: Pp 359.



*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
*Université Mohammed Boudiaf M'sila*  
*Faculté des Sciences*  
*Département de Microbiologie & Biochimie*

## ATTESTATION DE PARTICIPATION

*SIMA V1 21-22 octobre 2018*

LE PRESIDENT DE 1<sup>ER</sup> SEMINAIRE INTERNATIONAL SUR LES MALADIES VECTORIELLES EN AFRIQUE DU NORD, RISQUES ET RIPOSTES ATTESTE QUE:

Melle /M<sup>me</sup> /M<sup>r</sup>: BELKHIRI NORA

A PRESENTE UNE COMMUNICATION AFFICHEE INTITULEE:

**Les espèces Culicidiennes dans la wilaya de Batna**

CO-AUTEURS:

**WAFAHABBACHI, SALIHA BENHISSEN, NADIA ABERKANE**

*Le Président du Séminaire*  
**Dr. Kamel CHERIF**



*Le Doyen de la Faculté*  
**Dr. Ettayib BENSACI**





جامعة باتنة 2  
Université Mostefa BEN BOULAID - Batna 2  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Association Biologie, Biodiversité et Durabilité "BBD"

L'Organisation Internationale de La Lutte Biologique et Intégrée "OILB-SROP"



## ATTESTATION DE COMMUNICATION

Nous soussignons, le président du CILBIA1 et le président du comité scientifique du "Premier Colloque International sur la Lutte Biologique et Intégrée en Algérie", tenu du 4 au 6 février 2019 à l'université Mostefa Ben Boulaid (Batna 2), attestent que :

Mlle. Nora BELKHIRI

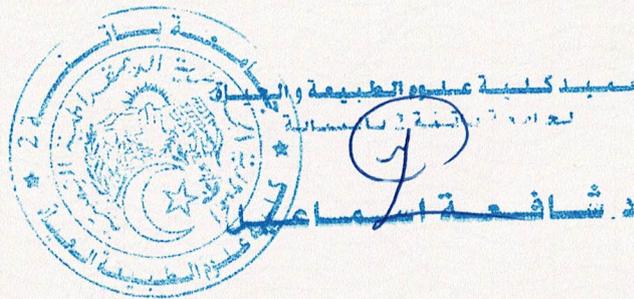
Co-auteur (s) : Wafa HABBACHI, Saliha BENHISSEN & Nadia ABERKANE

Ont présenté une communication: Affichée

Intitulée : ETUDE DES DIPTERES (CULICIDAE) DANS LA REGION DE TIMGADE (WILAYA DE BATNA).

Le Président du comité scientifique

Le Président du CILBIA1





People's Democratic Republic of Algeria  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
University Center Abdelhafid Boussouf of Mila  
Department of Natural Sciences and Life  
Laboratory of Natural Sciences and Materials



1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIODIVERSITY IN SERVICE OF  
BIOTECHNOLOGIES  
CERTIFICATE OF ATTENDANCE

The organizing committee certifies that:

**Nora BELKHIRI**

Has attended the conference with a poster presentation:

**Effet toxicologique de l'extrait aqueux de *Hertia cheirifolia* contre les moustiques  
*Culiseta longiareolata***

Coauthors: Wafa HABBACHI , Saliha BENHISSEN, Khellaf REBBAS et Nadia  
ABERKANE

Please consider this certificate as an official document to facilitate any procedures related to your professional career.

Director of Institute

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
مدير معهد العلوم والتكنولوجيا  
الأستاذة: كمون سامي



ICIBIO 9, 10 March 2020

ICBIO'20, General Chair

LA PRESIDENTE DU SEMINAIRE  
ICBIO 2020

Dr. Hakima BELATTAR



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mohamed Boudiaf de M'sila  
Faculté des Sciences



Département des Sciences de la Nature et de la Vie  
Laboratoire de la biodiversité et techniques biotechnologiques de la valorisation  
des ressources végétales (BTB-VRV)

**International Seminar on Biodiversity, Valorization and  
Conservation of Urban and Forest Ecosystems:  
(In support of sustainable development)**

28.29.04.2021

**ATTESTATION DE PARTICIPATION**

Le comité scientifique du Séminaire atteste que :  
Melle/Mme/Mr : **BELKHIRI Nora**  
A présenté une **Communication affichée**

Intitulée : **Evaluation de l'activité larvicide d'extrait aqueux des feuilles de la plante *Solanum elaeagnifolium* sur les larves du *Culiseta longiareolata* (Diptera, Culicidae)**

Co-auteurs : HABBACHI Wafa, BENHISSEN Saliha , ABERKANE Nadia, REBBAS Khellaf

Le Président du Séminaire  
**Dr. Rabah BOUNAR**

Univ. M. B. M'Sila  
Faculté des Sciences / Dépt SNV  
28.29-.04.2021

Le Doyen de la Faculté des Sciences  
**Pr. Ettayib BENSACI**

Direction de l'Environnement de la Wilaya d'Oum El Bouaghi

&

Université Larbi Ben M'Hidi d'Oum El Bouaghi

&

Association Nationale Algérienne d'Ornithologie ANAO



## **ATTESTATION DE COMMUNICATION**

Nous soussignons, le président du CNBA3 et le président du comité scientifique du "Troisième colloque national sur la biodiversité en Algérie", tenu le 25 avril 2018 à l'université Larbi Ben M'Hidi d'Oum El Bouaghi, attestent que :

**Mlle. Nora BELKHIRI**

Co-auteur (s) : **Wafa HABBACHI, Saliha BENHISSEN & Nadia ABERKANE**

A/Ont présenté une communication : Affichée (Poster)

Intitulée : **LA DIVERSITE CULICIDIENNES DANS LA REGION DES AURES : CAS DE LA WILAYA DE BATNA (EST D'ALGERIE).**

Le Président du comité scientifique

Le Président du CNBA3



  
Dr. ST BACMIR Abdelkrim  
Professeur en Biologie  
Université de Batna, Algérie



ع التوالى و ترويض منه  
مدير المينة بالولاية  
نابيل بن



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université 20 Aout 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences de la Nature et de la Vie



# ATTESTATION DE PARTICIPATION

Séminaire National de Biodiversité, Biologie Médicale et Ecotoxicologie Environnementale  
Skikda le 30\_31 octobre 2019

Le Président du Séminaire National de Biodiversité, Biologie Médicale et Ecotoxicologie Environnementale, atteste que:

Mme.: **BELKHIRI NORA**

A présentée une communication *Affichée* intitulée

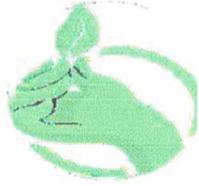
**VALORISATION D'EXTRAIT AQUEUX D'UNE PLANTE TOXIQUE *XANTHIUM STRUMARIUM* (ASTERACEAE) SUR LES  
LARVES DU *CULISETA LONGIAREOLATA* (CULICIDAE).**

Co-auteurs : HABBACHI Wafa, BENHISSEN SALIHA, REBBAS KHELLAF, ABERKANE NADIA

Université 20 Aout-1955-Skikda-  
Faculté des sciences  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie  
Séminaire National de Biodiversité, Biologie Médicale  
Et Ecotoxicologie Environnementale  
SNBBMEE-2019

Président du SNBBMEE

Dr: LAIB Messaoud



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة البليدة 1

Université de Blida 1

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la vie

قسم بيولوجيا تجمعات الكائنات الحية

Département de Biologie des Populations et des Organismes



Laboratoire de Biotechnologie des  
Productions Végétales

## Certificat de Communication

Le Président du *Premier séminaire national sur les parasites des plantes et des animaux : connaissance et méthodes de lutte* tenu le 18 et 19 décembre 2019 certifie que :

**Mme BELKHIRI Nora**

A présenté une communication Affichée intitulée

BIOACTIVITE DES EXTRAITS FOLIAIRES DE *Salvia verbenaca* (LAMIACEAE) SUR LA MORTALITE DES LARVES DE MOUSTIQUE *Culiseta longiareolata*.

Co-auteurs : HABBACHI Wafa, BENHISSEN Saliha, REBBAS Khellaf, ABERKANE Nadia

Prof. Atika BENRIMA  
Doyenne de la Faculté

عميدة الكلية  
الأستاذة: بوعبيدة عتيقة  
جامعة البليدة 1

Prof. Fairouz SAIDI  
Directeur du laboratoire

الأستاذة: سعيدي فيروز  
كلية علوم الطبيعة والحياة  
جامعة البليدة 1

Dr. Djamel BENDJOUDI  
Président du séminaire

Université BLIDA 1  
PREMIER SEMINAIRE NATIONAL  
DES PARASITES DES PLANTES  
ET DES ANIMAUX - 18-19  
décembre 2019  
Sciences de la Nature et de la Vie  
DÉPARTEMENT DE BILOGIE  
DES POPULATIONS ET DES ORGANISMES

Djamel BENDJOUDI  
Président du Séminaire  
1 SNPPA - 2019

## Résumé

Les moustiques ont toujours été considérés comme source de nuisance pour l'homme et les animaux principalement en raison qu'ils peuvent être des vecteurs de maladies.

Dans le but d'améliorer nos connaissances sur la biodiversité des Culicidae, nous avons mené une série de récoltes dans quatre sites localisés au niveau de la wilaya de Batna dans une période de deux ans (2017-2019).

L'inventaire faunistique des espèces de Culicidae dans les différents sites de Batna a abouti au recensement de 9 espèces appartenant à 4 genres sont (*Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex hortensis*, *Culex deserticola*, *Culiseta longiareolata*, *Culiseta subochrea*, *Aedes caspius*, *Anopheles labranchiae* et *Anopheles cinereus*). Sachons que *Cs.longiareolata* est l'espèce la plus abondante avec un taux de 52,07% suivie par *Cx. pipiens* avec 40,90%. Cet inventaire est complété par une analyse des indices écologique concernant la structure et la composition de ces populations.

Au cours de ce travail, nous avons aussi étudié l'impact toxicologique des extraits aqueuses des feuilles de six plantes (*Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia*, *Xanthium strumarium*, *Datura stramonium*, *Solanum elaeagnifolium* et *Salvia verbenaca*) préparés essentiellement par la méthode de décoction sur les larves de quatrièmes stades de *Culiseta longiareolata* avec différentes concentrations. Les bio pesticides testées ont donné des résultats satisfaisants et semblent plus actives sur les stades larvaires. Une mortalité qui dépasse 50% a été atteint lorsque on utilise une faible concentration des deux extraits *H.cheirifolia* et *S. elaeagnifolium* (56,67 µg / ml et 59,43 µg / ml) respectivement.

Nous avons déterminé également les concentrations létales pour 50% et 90% de la population (CL 50% et CL 90%) en plus des temps létaux (TL50% et TL90%) pour les différents extraits testés.

**Mots clés :** Culicidae, Inventaire, Batna, Indices écologiques, Impact toxicologique, *Culiseta longiareolata*, *Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia*, *Xanthium strumarium*, *Datura stramonium*, *Solanum elaeagnifolium* et *Salvia verbenaca*.

## Abstract

Mosquitoes have always been considered a source of harm to humans and animals mainly because they can be vectors of disease.

In order to improve our knowledge on the biodiversity of Culicidae, we conducted a series of harvests at four sites located at the Batna wilaya in a period of two years (2017-2019).

The faunistic inventory of Culicidae species at the different sites of Batna resulted in the census of 9 species belonging to 4 genera (*Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex hortensis*, *Culex deserticola*, *Culiseta longiareolata*, *Culiseta subochrea*, *Aedes caspius*, *Anopheles labranchiae* and *Anopheles cinereus*). We know that *Cs. longiareolata* is the most abundant species with a rate of 52.07% followed by *Cx. pipiens* with 40.90%. This inventory is complemented by an analysis of ecological indices concerning the structure and composition of these populations.

During this work, we also studied the toxicological impact of aqueous extracts from the leaves of six plants (*Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia*, *Xanthium strumarium*, *Datura stramonium*, *Solanum elaeagnifolium* and *Salvia verbenaca*) Prepared mainly by decoction method on fourth-stage larvae of *Culiseta longiareolata* with different concentrations. Biopesticides tested were satisfactory and appear to be more active in the larval stages. Mortality in excess of 50% was achieved when low concentrations of the two extracts *H.cheirifolia* and *S. elaeagnifolium* (56.67µg/ml and 59.43µg/ml) were used, respectively.

We also determined the lethal concentrations for 50% and 90% of the population (CL 50% and CL 90%) in addition to the lethal times (TL50% and TL90%) for the various extracts tested.

**Keywords:** Culicidae, Inventory, Batna, Ecological indices, Toxicological impact, *Culiseta longiareolata*, *Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia*, *Xanthium strumarium*, *Datura stramonium*, *Solanum elaeagnifolium* and *Salvia verbenaca*.

## المخلص

غالبا ما يعتبر البعوض أو الناموس مصدر ضرر للإنسان و الحيوان على حد سواء، ذلك نظرا للدور المهم الذي يلعبه في نقله لمسببات الأمراض.

يهدف إثراء معارفنا حول التنوع البيولوجي للبعوض، قمنا بدراسة إحصائية على مستوى أربع مواقع تتواجد أساسا في ولاية باتنة لمدة سنتين تتراوح بين 2017 و 2019 . حيث أسفرت النتائج على وجود تسعة أصناف تنتمي إلى أربعة أجناس: *Culiseta pipiens*, *Culex theileri*, *Culex hortensis*, *Culex deserticola*, *Anopheles longiareolata*, *Anopheles labranchiae*, *Aedes caspius*, *Culiseta subochrea* و *Anopheles cinereus*.

علما ان النوع *Cs. longiareolata* يمثل المرتبة الأولى بنسبة 52.07%، يليه النوع *Cx. pipiens* في المرتبة الثانية بنسبة قدرت ب 40.9%. هاته الدراسة أثريت بتحليل المؤشرات البيئية لمعرفة نمط وتركيبية هذه التجمعات. في هذا العمل أيضا قمنا بدراسة التأثير السمي لمستخلصات مائية لأوراق ستة نباتات *Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia*, *Xanthium strumarium*, *Datura stramonium*, *Solanum elaeagnifolium* و *Salvia verbenaca* تحصلنا عليها أساسا بطريقة الغلي، التجارب أجريت على يرقات الطور الرابع ل *Cs. longiareolata* باستعمال تراكيز مختلفة.

المبيدات الطبيعية المجربة أثبتت فاعلية معقولة على اليرقات، حيث سجلنا وفيات تتجاوز نسبتها 50% عند إستعمالنا لتراكيز منخفضة لمستخلصي *H.cheirifolia* و *S. elaeagnifolium* على التوالي ( 56.67 و 59.53 µg/ml)

تمكنا أيضا من خلال هذه التجارب بتحديد التراكيز المميته بنسبتي 50% و 90% وكذا الأزمنة اللازمة لموت 50% و 90% من اليرقات بالنسبة للمستخلصات الستة المدروسة.

**الكلمات المفتاحية:** البعوض, الاحصاء, باتنة, المؤشرات البيئية, التأثير السمي, *Culiseta longiareolata*, *Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia*, *Salvia verbenaca*, *Xanthium strumarium*, *Datura stramonium* و *Solanum elaeagnifolium*.

## Résumé

Les moustiques ont toujours été considérés comme source de nuisance pour l'homme et les animaux principalement en raison qu'ils peuvent être des vecteurs de maladies.

Dans le but d'améliorer nos connaissances sur la biodiversité des Culicidae, nous avons mené une série de récoltes dans quatre sites localisés au niveau de la wilaya de Batna dans une période de deux ans (2017-2019).

L'inventaire faunistique des espèces de Culicidae dans les différents sites de Batna a abouti au recensement de 9 espèces appartenant à 4 genres sont (*Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex hortensis*, *Culex deserticola*, *Culiseta longiareolata*, *Culiseta subochrea*, *Aedes caspius*, *Anopheles labranchiae* et *Anopheles cinereus*). Sachons que *Cs.longiareolata* est l'espèce la plus abondante avec un taux de 52,07% suivie par *Cx. pipiens* avec 40,90%. Cet inventaire est complété par une analyse des indices écologique concernant la structure et la composition de ces populations.

Au cours de ce travail, nous avons aussi étudié l'impact toxicologique des extraits aqueuses des feuilles de six plantes (*Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia*, *Xanthium strumarium*, *Datura stramonium*, *Solanum elaeagnifolium* et *Salvia verbenaca*) préparés essentiellement par la méthode de décoction sur les larves de quatrièmes stades de *Culiseta longiareolata* avec différentes concentrations. Les bio pesticides testées ont donné des résultats satisfaisants et semblent plus actives sur les stades larvaires. Une mortalité qui dépasse 50% a été atteint lorsque on utilise une faible concentration des deux extraits *H.cheirifolia* et *S. elaeagnifolium* (56,67 µg / ml et 59,43 µg / ml) respectivement.

Nous avons déterminé également les concentrations létales pour 50% et 90% de la population (CL 50% et CL 90%) en plus des temps létaux (TL50% et TL90%) pour les différents extraits testés.

**Mots clés :** Culicidae, Inventaire, Batna, Indices écologiques, Impact toxicologique, *Culiseta longiareolata*, *Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia*, *Xanthium strumarium*, *Datura stramonium*, *Solanum elaeagnifolium* et *Salvia verbenaca*.

## Abstract

Mosquitoes have always been considered a source of harm to humans and animals mainly because they can be vectors of disease.

In order to improve our knowledge on the biodiversity of Culicidae, we conducted a series of harvests at four sites located at the Batna wilaya in a period of two years (2017-2019).

The faunistic inventory of Culicidae species at the different sites of Batna resulted in the census of 9 species belonging to 4 genera (*Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex hortensis*, *Culex deserticola*, *Culiseta longiareolata*, *Culiseta subochrea*, *Aedes caspius*, *Anopheles labranchiae* and *Anopheles cinereus*). We know that *Cs. longiareolata* is the most abundant species with a rate of 52.07% followed by *Cx. pipiens* with 40.90%. This inventory is complemented by an analysis of ecological indices concerning the structure and composition of these populations.

During this work, we also studied the toxicological impact of aqueous extracts from the leaves of six plants (*Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia*, *Xanthium strumarium*, *Datura stramonium*, *Solanum elaeagnifolium* and *Salvia verbenaca*) Prepared mainly by decoction method on fourth-stage larvae of *Culiseta longiareolata* with different concentrations. Biopesticides tested were satisfactory and appear to be more active in the larval stages. Mortality in excess of 50% was achieved when low concentrations of the two extracts *H.cheirifolia* and *S. elaeagnifolium* (56.67µg/ml and 59.43µg/ml) were used, respectively.

We also determined the lethal concentrations for 50% and 90% of the population (CL 50% and CL 90%) in addition to the lethal times (TL50% and TL90%) for the various extracts tested.

**Keywords:** Culicidae, Inventory, Batna, Ecological indices, Toxicological impact, *Culiseta longiareolata*, *Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia*, *Xanthium strumarium*, *Datura stramonium*, *Solanum elaeagnifolium* and *Salvia verbenaca*.

## المخلص

غالبا ما يعتبر البعوض أو الناموس مصدر ضرر للإنسان و الحيوان على حد سواء، ذلك نظرا للدور المهم الذي يلعبه في نقله لمسببات الأمراض.

بههدف إثراء معارفنا حول التنوع البيولوجي للبعوض، قمنا بدراسة إحصائية على مستوى أربع مواقع تتواجد أساسا في ولاية باتنة لمدة سنتين تتراوح بين 2017 و 2019. حيث أسفرت النتائج على وجود تسعة أصناف تنتمي إلى أربعة أجناس: *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex deserticola*, *Culiseta longiareolata*, *Culiseta subochrea*, *Aedes caspius*, *Anopheles labranchiae* و *Anopheles cinereus*.

علما ان النوع *Cs. longiareolata* يمثل المرتبة الأولى بنسبة 52.07%، يليه النوع *Cx. pipiens* في المرتبة الثانية بنسبة قدرت ب 40.9%.

هاته الدراسة أثريت بتحليل المؤشرات البيئية لمعرفة نمط وتركيبه هذه التجمعات. في هذا العمل أيضا قمنا بدراسة التأثير السمي لمستخلصات مائية لأوراق ستة نباتات *Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia*, *Xanthium strumarium*, *Datura stramonium*, *Solanum elaeagnifolium* و *Salvia verbenaca* تحصلنا عليها أساسا بطريقة الغلي، التجارب أجريت على يرقات الطور الرابع لـ *Cs. longiareolata* باستعمال تراكيز مختلفة.

المبيدات الطبيعية المجربة أثبتت فاعلية معقولة على اليرقات، حيث سجلنا وفيات تتجاوز نسبتها 50% عند إستعمالنا لتراكيز منخفضة لمستخلصي *H.cheirifolia* و *S. elaeagnifolium* على التوالي (56.67 و 59.53 µg/ml). تمكنا أيضا من خلال هذه التجارب بتحديد التراكيز المميتة بنسبتي 50% و 90% وكذا الأزمنة اللازمة لموت 50% و 90% من اليرقات بالنسبة للمستخلصات المدروسة.

**الكلمات المفتاحية:** البعوض، الاحصاء، باتنة، المؤشرات البيئية، التأثير السمي، *Culiseta longiareolata*, *Ambrosia maritima*, *Hertia cheirifolia*, *Xanthium strumarium*, *Datura stramonium*, *Solanum elaeagnifolium* و *Salvia verbenaca*.