



## THÈSE

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat LMD

### EN SCIENCES BIOLOGIQUES

Spécialité : Entomologie appliquée à la Médecine,  
Agriculture et Foresterie

Présentée par

**OUSSAD NADIA**

### THÈME

**Biodiversité des moustiques (Diptera, Culicidae) dans  
la région de Tizi-Ouzou, et essais de lutte.**

Soutenue publiquement le :

Devant le jury d'examen composé de :

<b>Présidente:</b>	MEDJDOUB BENSAAD Farroudja	Professeur	UMMTO
<b>Directeur de thèse:</b>	AOUAR-SADLI Malika	Professeur	UMMTO
<b>Co-directrice de thèse:</b>	LOUNACI-ALI BENALI Zohra	MCA	UMMTO
<b>Examinatrices:</b>			
	HALOUANE SAHIR Fatma	Professeur	U. Boumerdes
	TIHAR BENZINA Farida	MCA	U. Boumerdes
	HAMID Sonia	MCA	U. Bouira

## *Remerciements*

En tout premier lieu,

*J'aimerais remercier ma directrice de thèse*

*Aouar Malika et ma co-directrice Lounaci Zohra*

pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser un rêve,

celui d'être un chercheur

et de mener à bien cette thèse avec autant de liberté.

J'exprime toute ma profonde gratitude au Professeur *Medjdoub Farroudja*

pour avoir accepté de présider le Jury de mon doctorat.

Mes vifs remerciements vont au Professeur *HALOUANE Fatma*

et Maitres de conférences *TIHAR BENZINA Farida* et *HAMID Sonia*

d'avoir accepté d'être membre du jury de cette thèse.

Mes sincères remerciements et reconnaissance vont à mes collaborateurs,

Je souhaiterais exprimer ma reconnaissance à

*Pierre Queney, Abdelmadjid Chelli, Fatiha Bendali,*

*Seyed Hassan Nikookar et*

*Shin-ya Ohba* pour le grand intérêt qu'ils ont porté à ce travail,

les suggestions qu'ils m'ont prodigué lors de sa rédaction et leur aide efficace.

Leur contribution était primordiale tout au long de ce travail.

Je les remercie très sincèrement de leur aide morale

et scientifique dans les moments difficiles

de cette thèse.

## ***Dédicaces***

*J'adresse mes vifs remerciements:*

*A mon cher papa, **Oussad Ali** et douce maman **Ouerdia**,*

*qui m'ont toujours soutenu,*

*même dans les moments sombres où j'étais sûre de ne rien valoir.*

*Ce travail vous fait honneur et est le fruit d'énormes sacrifices consentis.*

*Trouvez ici l'expression de ma profonde gratitude et mon amour.*

*Que Dieu vous protège et vous donne longue vie.*

*A mes frères et sœurs et belles sœurs, je vous remercie de votre soutien et patience tout au long de cette grande aventure.*

*A mes chers amis et collègues, **Yamina Derdah, Ouiza Ourrad,***

***Massinissa Faci, Lyes Baikeche et Djaffar Dib.***

*Vous avez été présents au moment où il fallait.*

*Plus que des amis vous étiez des frères pour moi et vous m'avez aidé à surmonter les obstacles. Merci pour votre sympathie et votre affection.*

*Trouvez ici mon immense et ma profonde gratitude.*

*« Je n'ai pas tout bien fait,*

*Mais j'ai fait de mon mieux »*

# Sommaire

<b>Table des figures</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Introduction générale</b> .....	01

## Chapitre I. Synthèse bibliographique sur les Culicidae

<b>1. Position systématique</b> .....	06
<b>2. Les Culicidae d'Algérie</b> .....	07
<b>3. Cycle de développement</b> .....	08
<b>4. Morphologie des Culicidae</b> .....	09
4.1. Œuf .....	09
4.2. Larve.....	09
4.3. Nymphe .....	10
4.4. Adulte .....	11
<b>5. Bio-écologie</b> .....	14
5.1. Type du gîte larvaire.....	14
5.2. Facteurs abiotiques .....	14
5.3. Facteurs biotiques .....	15
<b>6. Choix de l'hôte</b> .....	15
<b>7. Importance médico-vétérinaire</b> .....	15
<b>8. Programme de lutte</b> .....	17
8.1. Lutte chimique .....	17
8.2. Lutte biologique.....	17

## Chapitre II. Matériel et méthodes

<b>1. Région d'étude</b> .....	19
1.1. Situation géographique.....	19
1.2. Relief et hydrologie.....	19
1.3. Climat.....	20
1.3.1. Température .....	20
1.3.2. Précipitation .....	21
1.3.3. Humidité .....	21
1.4. Couvert végétal .....	22
1.5. Faune de la région .....	23
<b>2. Choix des stations d'études</b> .....	24
2.1. Stations d'études .....	25
2.2. Description des stations d'études permanentes .....	26
2.2.1. Station d'Ouadhia .....	26
2.2.2. Station d'Ath Yenni .....	27
2.2.3. Station d'Iboudraren. ....	27
2.2.4. Station Taksebt.....	28
<b>3. Echantillonnage</b> .....	29
3.1. Récolte des Culicidae .....	29
3.2. Récolte des prédateurs OCH .....	29

4. <b>Identification</b> .....	29
4.1. Identification des Culicidae .....	29
4.2. Identification du groupe OCH .....	30
5. <b>Relevées des paramètres physico-chimiques</b> .....	30
6. <b>Analyse des résultats</b> .....	31
6.1. Analyse par indices écologiques .....	31
6.1.1. Richesse spécifique (S).....	31
6.1.2. Abondance relative .....	31
6.1.3. Fréquence d'occurrence ou Constance .....	31
6.1.4. L'indice de diversité de Shannon .....	32
6.1.5. L'indice de Simpson .....	32
6.2. Analyse Statistique.....	32
6.2.1. Analyse factorielle des correspondances (AFC).....	32
6.2.2. Corrélation de Spearman RHO.....	32
6.2.3. Test ANOVA (un facteur) .....	33
6.2.4. Corrélations de Pearson. ....	33
6.2.5. Analyse GLM .....	33
7. <b>Essais de lutte</b> .....	34
7.1. Matériel biologique .....	34
7.1.1. Genêt à balais ( <i>Cytisus scoparius</i> ).....	34
7.1.2. Néoli ( <i>Citrus aurantium</i> ).....	34
7.1.3. Faux acacia ( <i>Robinea pseudoacacia</i> ) .....	35
7.2. Insecte et élevage .....	36
7.3. Préparation des extraits aqueux .....	36
7.4. Réalisation des testes biologique .....	37
7.5. Analyses statistiques .....	37

### **Chapitre III. Résultat et discussion**

#### **Partie 1. Typologie et évaluation Spatio-temporelle**

1.1. Structure de la faune Culicidienne .....	38
1.2. Richesse spécifique Stationnelle.....	39
1.3. Abondance stationnelle .....	40
1.4. Typologie des gîtes .....	45
1.5. Type d'association .....	48
1.6. Autoécologie des espèces inventoriées .....	49
1.6.1. <i>Culex pipiens</i> Linnaeus 1758 .....	49
1.6.2. <i>Culex hortensis</i> Ficalbi 1889 .....	50
1.6.3. <i>Culex perexiguus</i> Theobald 1903.....	50
1.6.4. <i>Culex impudicus</i> Ficalbi 1890.....	51
1.6.5. <i>Culex theileri</i> Theobald 1903.....	52
1.6.6. <i>Culex mimeticus</i> Noé 1899 .....	52
1.6.7. <i>Culex laticinctus</i> Edwards 1913.....	53
1.6.8. <i>Culiseta longiareolata</i> Macquart 1838 .....	54
1.6.9. <i>Culiseta annulata</i> Schrank 1776 .....	54

1.6.10. <i>Culiseta fumipennis</i> Stephens 1825 .....	55
1.6.11. <i>Aedes caspius</i> Pallas 1771 .....	56
1.6.12. <i>Aedes vexans</i> Meigen 1830.....	57
1.6.13. <i>Anopheles labranchiae</i> Falleroni 1926 .....	58
1.6.14. <i>Anopheles algeriensis</i> Theobald 1903 .....	58
1.6.15. <i>Anopheles claviger</i> Meigen 1804.....	59
1.6.16. <i>Uranotaenia unguiculata</i> Edwards 1913 .....	59
1.7. Répartition spatio-temporelle des espèces dans les sites permanents.....	60
1.8. Evolution des espèces dans les sites permanents .....	60
1.8.1. Evolution de <i>Cx. pipiens</i> .....	65
1.8.2. Evolution de l'espèce <i>Cx. hortensis</i> .....	66
1.8.3. Evolution de l'espèce <i>Cx. perexiguus</i> .....	67
1.8.4. Evolution de l'espèce <i>Cs. longiareolata</i> .....	67
1.8.5. Evolution de l'espèce <i>An. labranchiae</i> .....	68
1.8.6. Evolution d' <i>An. claviger</i> .....	69
1.9. Discussion .....	71

## **Partie2. Fluctuation et influence des facteurs abiotiques**

2.1. Composition de la population culicidienne dans les sites permanents.....	78
2.2. Les paramètres physico-chimiques .....	81
2.2.1. Fluctuation de la salinité .....	81
2.2.2. Fluctuation de la température .....	82
2.2.3. Fluctuation de l'oxygène dissous .....	83
2.2.4. Fluctuation de l'acidité.....	84
2.2.5. Fluctuation de la conductivité .....	85
2.3. Variations saisonnières des paramètres physico-chimiques.....	86
2.4. Préférence en paramètres physico-chimiques des espèces recensées .....	86
2.5. Corrélations des paramètres physico-chimiques avec la production larvaire des espèces les plus abondantes .....	87
2.6. Discussions.....	89

## **Partie 3. Moustiques et prédateurs dans le barrage de Taksebt**

3.1. Variation des indices de richesse et diversité dans le barrage de Taksebt .....	91
3.2. Diversité et abondance des espèces de moustiques dans le barrage de Taksebt.....	92
3.3. Abondance des espèces prédatrices échantillonnées sur les sites permanents.....	94
3.4. Comparaison des abondances .....	96
3.5. Effet de la prédation sur les larves de moustiques .....	97
3.6. Discussion .....	98

## **Partie 4. Essais de lutte**

4.1. Toxicité de l'extrait aqueux du genêt à balais.....	101
4.1.1. Mortalité cumulée .....	101
4.1.2. Mortalité corrigée.....	102

4.2. Etude de la toxicité de l'extrait aqueux du faux acacia.....	102
4.2.1. Mortalité cumulée .....	102
4.2.2. Mortalité corrigée.....	103
4.3. Etude de la toxicité de l'extrait aqueux de Néroli.....	103
4.3.1. Mortalité cumulée .....	103
4.3.2. Mortalité corrigée .....	104
4.4. Moyenne des taux de mortalité observée .....	104
4.5. Aspect morphologique .....	105
4.6. Paramètres toxicologiques des quatre plantes testées .....	106
4.7. Discussion .....	108
Conclusion et perspectives .....	112
Références bibliographiques .....	115
Annexes .....	129

## Table des Figures

### Chapitre I

<b>Figure 01.</b> Systématiques des Culicidae en Algérie .....	07
<b>Figure 02.</b> Cycle biologique des moustiques.....	08
<b>Figure 03.</b> Œuf de moustiques.....	09
<b>Figure 04.</b> Larve de moustique.....	09
<b>Figure 05.</b> Nymphe d' <i>Anopheles</i> .....	10
<b>Figure 06.</b> Morphologie d'une femelle de moustique ( <i>Anopheles</i> ).....	11
<b>Figure 07.</b> Tête d'un moustique adulte du genre <i>Aedes</i> .....	13
<b>Figure 08.</b> Moustique adulte du genre <i>Aedes</i> .....	14

### Chapitre II

<b>Figure 09.</b> Situation géographique de la région d'étude.....	19
<b>Figure 10.</b> Réseau Hydrologique de la région de Tizi-Ouzou.....	20
<b>Figure 11.</b> Variation de la température et des précipitations dans la région de Tizi-Ouzou. ....	21
<b>Figure 12.</b> Variation de l'Humidité dans la région de Tizi-Ouzou (2011-2020).....	22
<b>Figure 13.</b> Choix et processus d'échantillonnage.....	24
<b>Figure 14.</b> Localisation des stations d'échantillonnage dans la région de Tizi-Ouzou.....	24
<b>Figure 15.</b> Localisation des stations d'études permanent .....	26
<b>Figure 16.</b> Station d'Ouadhia .....	26
<b>Figure 17.</b> Station d'Ath Yenni .....	27
<b>Figure 18.</b> Station d'Iboudraren. ....	27
<b>Figure 19.</b> Gîtes permanents du barrage de Taksebt .....	28
<b>Figure 20.</b> Analyseur multi paramètres (PCE-PHD-1-KIT1).....	30

### Chapitre III

<b>Figure 21.</b> Richesse spécifique des gîtes permanents.....	39
<b>Figure 22.</b> Richesse spécifique dans les gîtes saisonniers.....	39
<b>Figure 23.</b> Richesse spécifique dans les gîtes temporaires.....	40
<b>Figure 24.</b> Composition et abondance culicidienne dans les stations d'études .....	41
<b>Figure 25.</b> Composition et abondance culicidienne des gîtes permanents.....	42
<b>Figure 26.</b> Composition et abondance des espèces culicidiennes dans les gîtes saisonniers. ....	43
<b>Figure 27.</b> Composition et abondance culicidienne des gîtes d'études temporaires. ....	44
<b>Figure 28.</b> Distribution des espèces selon la typologie du milieu .....	47
<b>Figure 29.</b> Répartition de l'espèce <i>Culex pipiens</i> .....	49
<b>Figure 30.</b> Répartition de l'espèce <i>Culex hortensis</i> .....	50
<b>Figure 31.</b> Répartition de l'espèce <i>Culex perexiguus</i> .....	51
<b>Figure 32.</b> Répartition de l'espèce <i>Culex impudicus</i> .....	51

<b>Figure 33.</b> Répartition de l'espèce <i>Culex theileri</i> .....	52
<b>Figure 34.</b> Répartition de l'espèce <i>Culex mimeticus</i> .....	53
<b>Figure 35.</b> Répartition de l'espèce <i>Culex laticinctus</i> .....	53
<b>Figure 36.</b> Répartition de l'espèce <i>Culiseta longiareolata</i> .....	54
<b>Figure 37.</b> Répartition de l'espèce <i>Culiseta annulata</i> .....	55
<b>Figure 38.</b> Répartition de l'espèce <i>Culiseta fumipennis</i> .....	55
<b>Figure 39.</b> Répartition de l'espèce <i>Aedes caspius</i> .....	56
<b>Figure 40.</b> Répartition de l'espèce <i>Aedes vexans</i> . .....	57
<b>Figure 41.</b> Répartition de l'espèce <i>Anopheles labranchiae</i> .....	57
<b>Figure 42.</b> Répartition de l'espèce <i>Anopheles algeriensis</i> .....	58
<b>Figure 43.</b> Répartition de l'espèce <i>Anopheles claviger</i> .....	59
<b>Figure 44.</b> Répartition de l'espèce <i>Uranotaenia unguiculata</i> . .....	59
<b>Figure 45.</b> Evolution temporelle des densités larvaires dans le gîte 1 .....	60
<b>Figure 46.</b> Evolution temporelle des densités larvaires dans le gîte 2 .....	61
<b>Figure 47.</b> Evolution temporelle des densités larvaires dans le gîte 3 .....	61
<b>Figure 48.</b> Evolution temporelle des densités larvaires dans le gîte 4 .....	62
<b>Figure 49.</b> Evolution temporelle des densités larvaires dans le gîte 5 .....	62
<b>Figure 50.</b> Evolution temporelle des densités larvaires dans le gîte 6 .....	63
<b>Figure 51.</b> Evolution temporelle des densités larvaires dans le gîte 7 .....	64
<b>Figure 52.</b> Evolution de <i>Cx. pipiens</i> dans les gîtes d'études .....	65
<b>Figure 53.</b> Evolution de <i>Cx. hortensis</i> dans les gîtes d'études .....	66
<b>Figure 54.</b> Evolution de <i>Cx. perexiguus</i> dans les gîtes d'études. ....	67
<b>Figure 55.</b> Evolution de <i>Cs. longiareolita</i> dans les gîtes d'études. ....	68
<b>Figure 56.</b> Evolution d' <i>An. labranchiae</i> dans les gîtes d'études .....	68
<b>Figure 57.</b> Evolution d' <i>An. claviger</i> dans les gîtes d'études .....	69
<b>Figure 58.</b> Analyse factorielle des composantes pour la matrice (Espèce/ Site) .....	80
<b>Figure 59.</b> Fluctuation de la salinité dans les stations d'études .....	81
<b>Figure 60.</b> Fluctuation de la température dans les stations d'études. ....	82
<b>Figure 61.</b> Fluctuation de l'oxygène dissous dans les sites d'études. ....	83
<b>Figure 62.</b> Fluctuations de l'acidité des eaux des sites d'études. ....	84
<b>Figure 63.</b> Fluctuations de la conductivité des eaux des sites d'études. ....	85
<b>Figure 64.</b> Analyse des composantes principales .....	88
<b>Figure 65.</b> Abondance des espèces de moustiques dans le Barrage de Taksebt .....	92
<b>Figure 66.</b> Abondance des familles du groupe (OCH) dans le Barrage de Taksebt .....	94
<b>Figure 67.</b> Comparaison entre les abondances d'insectes aquatiques dans les sites. ....	96
<b>Figure 68.</b> Mortalités cumulées (%) des larves traitées par l'extrait du genêt à balais. ....	101
<b>Figure 69.</b> Mortalités cumulées des larves traitées par l'extrait du faux acacia .....	102
<b>Figure 70.</b> Mortalités cumulées des larves traitées avec l'extrait du Néroli. ....	103
<b>Figure 71.</b> Moyenne des taux de mortalité observée .....	104
<b>Figure 72.</b> Effet morphologique des trois plantes sur les larves de moustiques après 48h .....	106
<b>Figure 73.</b> Régression linéaires de la mortalité moyenne en fonction des concentrations .....	107

## Liste des tableaux

<b>Tableau 01.</b> Positions systématique des moustiques. ....	06
<b>Tableau 02.</b> Caractéristiques des sites d'études .....	25
<b>Tableau 03.</b> Inventaire global des espèces de Culicidae recensées dans la région de Tizi-Ouzou. ....	27
<b>Tableau 04.</b> Nombre et pourcentages des caractéristiques physiques des gîtes de ponte favorable à la présence des culicidae. ....	34
<b>Tableau 05.</b> Préférence typologique des espèces de moustiques recensées .....	35
<b>Tableau 06.</b> Les associations significatives positives et négatives .....	37
<b>Tableau 07.</b> Succession saisonnières des moustiques dans les gîtes d'études. ....	59
<b>Tableau 08.</b> Composition et abondance des espèces recensées dans les sites permanents .....	78
<b>Tableau 09.</b> Constance des espèces recensées dans les sites annuels. ....	79
<b>Tableau 10.</b> Moyennes des paramètres physico-chimiques en fonction des saisons .....	86
<b>Tableau 11.</b> Préférence en paramètres physico-chimiques des espèces recensées. ....	87
<b>Tableau 12.</b> Corrélations des paramètres physico-chimiques avec la production larvaire des espèces	88
<b>Tableau 13.</b> Indices de structure écologique établis pour l'entomofaune aquatiques dans le barrage. ..	91
<b>Tableau 14.</b> Diversité et abondance des espèces et moyennes $\pm$ ES de moustiques dans les sites. ....	93
<b>Tableau 15.</b> Abondance des espèces prédatrices (OCH) de moustiques larvaires échantillonnées. ....	95
<b>Tableau 16.</b> Corrélation entre les abondances de larves de moustiques et de prédateurs. ....	97
<b>Tableau 17.</b> Taux de mortalité corrigée des larves de <i>Culex pipiens</i> soumises à genêt à balais. ....	102
<b>Tableau 18.</b> Taux de mortalité corrigée des larves de <i>Culex pipiens</i> soumises à faux acacia .....	103
<b>Tableau 19.</b> Taux de mortalité corrigée des larves de <i>Culex pipiens</i> soumises à Néroli. ....	104
<b>Tableau 20.</b> Taux de mortalité observée chez larves de <i>Cx. pipiens</i> traitées par les trois plantes. ..	105
<b>Tableau 21.</b> Activité larvicide des plantes à différentes concentrations, contre <i>Culex pipiens</i> . ....	106

## Liste des abréviations

**A.C.P:** Analyse de composante principales  
**A.F.C:** Analyse factorielle des correspondances  
**Alt:** Altitude  
**An :** *Anopheles*.  
**Ae:** *Aedes*.  
**Bti:** *Bacillus thuringiensis var. israelensis*  
**Bs:** *Bacillus sphaericus*  
**C. aurantium :** *Citrus aurantium*  
**CD:** conductivité  
**CPP:** Comité de Protection des Personnes  
**C. scoparius :** *Cytisus scoparius*  
**Cs :** *Culiseta*.  
**Cx :** *Culex*.  
**DBK:** Draa Ben Khedda.  
**DDT:** Dichloro Diphényl Tichloro éthane  
**DI 50:** Doses létales de 50 %  
**DI 90:** Doses létales de 90 %  
**DPSB :** Direction de la programmation et suivi budgétaire  
**GLM:** Modèles linéaires généralisés  
**IRs:** Récepteurs ionotropiques  
**LNI:** Larbaa Nath Irathen  
**MEDD:** Ministère de l'Écologie et du Développement Durable  
**OCH:** Odonates, Coléoptères et Hémiptère  
**OD:** oxygène dissous  
**O.M.S :** Organisation Mondiale de la Santé.  
**O.N.M :** Office Nationale de Météorologique.  
**ORNs:** Récepteurs olfactifs neuronaux  
**ORs:** Récepteurs odorants  
**R. pseudoacacia :** *Robinia pseudoacacia*  
**R1:** répétition  
**R2:** coefficient de régression  
**Salt :** Salinité  
**sp :** Espèce inconnue  
**T. eau :** Température de l'eau  
**T.O :** Tizi-Ouzou  
**UICN :** Union internationale pour la conservation de la nature  
**UMMTO:** Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou.  
**Ur:** *Uranotaenia*

# *Introduction*

Les maladies vectorielles sont une menace majeure dans le monde, plus de 80% de sa population est à risque d'une maladie vectorielle (OMS, 2017). Les vecteurs transmettent certaines des maladies infectieuses les plus importantes pour les humains (Godfray, 2013), leur impact négatif croissant est en partie associé à l'expansion de l'aire de répartition des vecteurs primaires (Bonizzoni et *al.*, 2013). La propagation de ces derniers est influencée par les caractéristiques de leurs sites de reproduction (Lambin et *al.*, 2010).

Le moustique est le vecteur le plus dangereux, qui transmet des maladies parasitaires (Cuervo-parra, 2016) et a des préférences qui d'habitat différentes (Sithiprasasna et *al.*, 2003). En effet, ces insectes hématophages transmettent de nombreux arbovirus (Heu et Gendrin, 2018) qui peuvent être dangereux pour l'espèce humaine, comme ceux de la fièvre jaune, la dengue, le Chikungunya, la fièvre de la vallée du Rift, et bien d'autres (Fontenille, 2017). Les moustiques transmettent aussi des nématodes responsables de filarioses lymphatiques chez l'homme, tel que la filaire de Bancroft, *Wuchereria bancrofti*, la filaire de Malaisie, *Brugia malayi* et la filaire de Timor, *Brugia timor*.

De toutes ces maladies, le paludisme est certainement la plus meurtrière, il provoque plus de 400 000 décès chaque année (OMS, 2020). Il existe d'ailleurs plus de 400 espèces de moustiques différentes appartenant au genre *Anopheles*, dont une trentaine est vectrices importantes du paludisme (Carnevale et Robert, 2009).

L'Algérie a été marquée par une augmentation des cas de paludisme importés, dans les années 80, et plusieurs experts ont souligné le risque de réémergence et ses vecteurs potentiels en raison de l'ouverture de la route transsaharienne et de l'essor du commerce avec les pays voisins du Sud (Hammadi et *al.*, 2009).

Par ailleurs, le virus du Nil occidental est un flavivirus transmis par les moustiques qui pose des problèmes de santé publique dans le monde entier, en raison de l'identification de nouvelles lignées et de sa capacité à envahir et à s'établir dans un nombre croissant de pays. Sa distribution actuelle, sa variabilité génétique, son écologie et son profil épidémiologique sur le continent africain ne sont que partiellement connus (Mencattelli et *al.*, 2022). Des preuves sérologiques du virus du Nil occidental ont été démontrées chez de nombreuses espèces, dans les pays d'Afrique du Nord-Ouest (Benjelloun et *al.*, 2016), dont l'Algérie. Une gamme de formes cliniques et de symptômes de ce virus est rapportée chez les humains, les

chevaux et les oiseaux. Selon Lafri et *al.* (2019), il est nécessaire de renforcer les capacités de surveillance en Algérie, afin de prévenir l'émergence du virus du Nile et d'autres arbovirus.

Les maladies transmises par des moustiques sont les maladies infectieuses les plus sensibles aux facteurs et changements climatiques, ces derniers influenceront sans aucun doute sur la propagation des virus via les moustiques endémiques dans l'avenir, en raison de l'augmentation du nombre et des types d'espèces endémiques, y compris celles qui sont associées aux arbovirus et à l'apparition de nouvelles espèces.

L'Organisation Mondiale de la Santé a noté l'importance de l'identification des vecteurs, le lieu et le moment de leur apparition, ainsi que leurs caractéristiques comportementales dans le cadre de la planification des interventions de lutte anti-vectorielle.

Il est donc important de comprendre le cycle de vie des moustiques pour lutter efficacement (Jackman et Olson, 2002). Ces vecteurs ont besoin d'habitats aquatiques pour leur développement (Becker et *al.*, 2010). L'efficacité d'une lutte dépend de la solidité de ses bases écologiques, en particulier, de la connaissance des variations spatio-temporelles, du développement et de l'activité de ces insectes (Lounaci, 2003).

En effet, les moustiques adultes, larves et nymphes ont des morphologies très différentes adaptées à leur mode de vie: aquatiques pour les stades pré-imaginaux et aériennes pour les adultes (Carnevale et Robert, 2009). La ponte et le développement des stades pré-imaginaux sont conditionnés par la nature et l'adéquation du site de reproduction (Liu et *al.* 2019).

La durée de vie d'un moustique est par ailleurs, déterminée par son espèce, mais aussi par son activité, les facteurs climatiques, son alimentation, l'incidence des parasites et des prédateurs.

En effet, comme tous les êtres vivants, les Culicidés sont rattachés à leur biotope par différents liens. Les interactions en écologie sont nombreuses et complexes et le choix des paramètres physico-chimiques ne prétend pas définir toutes les relations d'influence. Toutefois, c'est l'un des facteurs principal influant sur la sélection des sites de ponte des moustiques (Berchi et *al.*, 2012; Gopalakrishnan et *al.*, 2013; Waewwab et *al.*, 2019).

Au cours des vingt dernières années, la faune culicidienne d'Algérie a fait l'objet d'un grand nombre de travaux qui s'intéressent plus particulièrement à la systématique, biochimie

et la morphométrie. Dans le Nord d'Algérie par exemple, les travaux de Berchi (2000) se sont penchés sur l'inventaire et l'étude de la bio-écologie de *Culex pipiens*, une espèce abondante à répartition géographique importante. Au centre, on note les travaux de Lounaci (2003) et à l'Ouest ceux de Hassaine (2002). Quelques inventaires sud algériens sont également réalisés, comme les travaux effectués à Biskra (Benhissen, 2014). Cependant, les données concernant les caractéristiques physico-chimiques des habitats larvaires des moustiques en Algérie sont limitées. Dans la région de Tizi-Ouzou, peu de travaux sont réalisés sur la typologie des gîtes larvaires et la caractérisation des milieux de ponte.

D'après Merabti et *al.* (2021), il existerait cinquante trois espèces appartenant à sept genres en Algérie, répertoriées en deux sous-familles *Culicinae* et *Anophelinae*, incluant quinze espèces du genre *Aedes*, quinze espèces du genre *Anopheles*, quatorze espèces appartenant au genre *Culex*, cinq espèces du genre *Culiseta*, deux espèces pour *Coquillettidia* et une espèce chacune pour *Uranotaenia* et *Orthopodomyia*.

*Culex pipiens* (Linnaeus,1758) est l'une des espèces de moustiques les plus importantes en termes de sa distribution géographique et sa capacité à transmettre des agents pathogènes (Vinogradova, 2000). Elle est d'ailleurs reconnue comme un potentiel vecteur du virus du Nil occidental sur le pourtour méditerranéen et du virus de la fièvre de la vallée du Rift en Algérie (Amraoui et *al.*, 2012).

Des campagnes de démoustication régulières sont menées contre ces insectes pour la réduction des nuisances au niveau des centres urbains et ruraux. Cependant, l'utilisation massive de ces insecticides n'allait pas tarder à connaître plusieurs difficultés, tel que le phénomène de résistance, le déséquilibre des écosystèmes, le manque de spécificité et l'effet rémanent chez les insecticides non biodégradables (Karch, 1987).

Dans les zones humides, l'utilisation de contrôle chimique et microbien est limitée en raison de leur impact potentiel sur la biodiversité (Saha et *al.*, 2014). D'autre part, le contrôle biologique est un moyen de lutte respectueux pour l'environnement, qui est promu afin d'éviter les dommages causés par les insecticides (Liu, 2015). Il est considéré comme un moyen durable qui pourrait être inclus dans un programme de gestion intégrée des vecteurs. Les agents de contrôle biologique, en particulier les insectes prédateurs aquatiques, inhibent les sites de reproduction des moustiques et pourraient réduire la population de moustiques.

En fait, de nombreux insectes aquatiques de l'ordre Coleoptera, Hemiptera et Odonata sont connus pour être des prédateurs de moustiques (Blaustein, 1998). L'abondance des larves de moustiques est associée et affectée par le prédateur (Sunahara et *al.*, 2002; Zuharah et Lester 2010, 2010). Même si plusieurs recherches dans la région ont étudié la composition en espèces des moustiques (Iounaci, 2003; Bouabida et *al.*, 2012; Hamaidia et Berchi, 2018; Merabti et *al.*, 2021), peu sont celles réalisées sur la relation entre les moustiques et les prédateurs. Promouvoir les implications de la lutte biologique contre les moustiques dans la région, en particulier pour identifier les agents de contrôle potentiels parmi les espèces du groupe Hemiptera, Coleoptera et Odonata (HCO) serait bénéfique.

D'autre part, des alternatives naturelles telles que les extraits de plantes sont employées, pour remplir le même rôle que les insecticides synthétiques (Isman, 2020), les extraits aqueux, les poudres et les huiles essentielles de plantes ont des propriétés larvicides (Pavela et *al.*, 2019). En fait, ces bio-insecticides ont des effets toxiques contre différentes espèces de moustiques (Arivoli et *al.*, 2012; Nisar et *al.*, 2021). Leur utilisation comme insecticides est connue depuis longtemps (Wagner et *al.*, 2012). Le pyrèthre, la nicotine et la roténone sont déjà reconnus comme des agents de lutte contre les insectes (Crosby, 1966).

L'utilisation des extraits de plantes comme moyen de lutte contre les insectes vecteurs en Algérie a commencé à se développer, à travers une multitude de travaux récents (Benhissen et *al.*, 2019; Draouet et *al.*, 2020; Djeddar et *al.*, 2021). Toutefois, ces travaux sont limités ou quasiment absents dans la région de Tizi-Ouzou, pourtant la grande Kabylie est connue pour sa diversité floristique, plusieurs plantes médicinales non exploitées pourraient avoir un rôle toxique sur les Culicidae.

Nos travaux de recherches sont entrepris d'une part, dans le but d'enrichir et de compléter la liste d'inventaire des Culicidae de la région, de caractériser la typologie et les facteurs abiotiques favorable au développement des espèces culicidiennes recensées. Evaluer ensuite la faune culicidienne ainsi que les insectes prédateurs existant au niveau du barrage de Taksebt. D'une autre part, de tester et déterminer l'effet larvicide impliquant certaines substances naturelles.

Le présent travail est organisé en trois chapitres, le premier chapitre est une synthèse bibliographique sur les culicidae. Le deuxième inclus une présentation de la région d'étude ainsi que le matériel utilisé et aux méthodes employées. Il renferme la description des stations d'étude ainsi que les techniques utilisées sur le terrain et au laboratoire pour l'exploitation des

résultats par divers indices écologiques et par des analyses statistiques. Les résultats et leur discussion sont exposés dans le troisième chapitre sous forme de quatre parties. La première est consacrée aux résultats de l'inventaire systématique des espèces de moustiques recensées dans la région de Tizi-Ouzou durant une année ainsi qu'à la typologie du milieu. La variation et le suivi larvaire au cours du temps. La deuxième partie est une étude des paramètres physico-chimiques influant sur la répartition des espèces culicidiennes dans les sites suivis durant une année. Les mesures de température et d'humidité relative, conductivité, salinité, acidité et oxygène dissous ont été prises en considération pour mieux décrire les gîtes larvaires, et relier l'effet de ces paramètres sur la pullulation et densité larvaire des moustiques de la région de Tizi-Ouzou.

La troisième partie est un aperçu des insectes prédateurs de larves de moustiques, tel que les larves d'odonates, les hémiptères et les coléoptères, présent au sein du barrage de Taksebt, bien utile dans le cadre d'élaboration d'une stratégie de conservation et contrôle biologique dans une zone humide.

La quatrième partie est un second volet qui vise à mettre en évidence l'efficacité larvicide des extraits aqueux de plantes, présentes dans la région de Kabylie contre l'espèce dominante « *Culex pipiens* ». Enfin, le travail se termine par une conclusion générale et des perspectives.

# Chapitre I.

*Synthèse bibliographique sur les  
Culicidae*

### 1. Position systématique

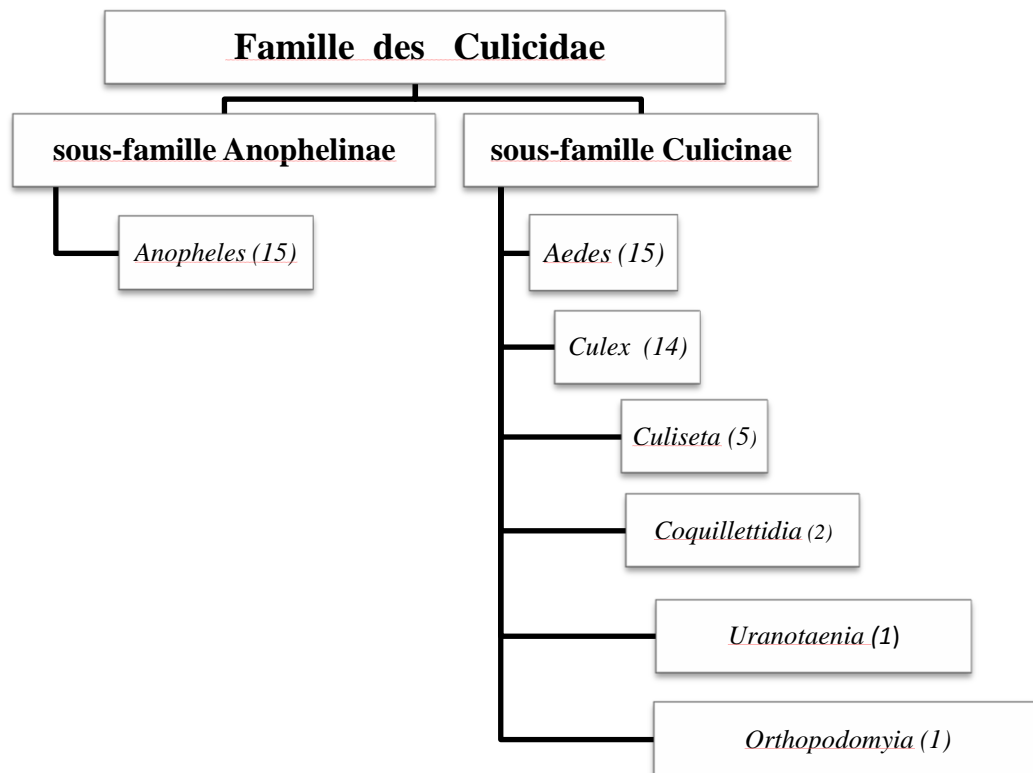
Les moustiques sont des insectes de l'ordre des diptères, au sous-ordre des Nématocères et à la famille des Culicidae (table.1). cette dernière est répartie en trois sous-familles: Anophelinae, Culicinae et Toxorhynchitinae (Knight, 1977). Un total de 3 588 espèces de moustiques est dénombré à travers le Monde (Harbach, 2021).

**Tableau 1.** Positions systématique des moustiques au sein de la classification des êtres vivants et description (Tetreau, 2012).

Classification	Dénomination	Signification
<b>Règne</b>	Animalia	Être vivant hétérotrophe (se nourrissant de matière organique)
<b>Sous-règne</b>	Metazoa	Organisme eucaryote pluricellulaire
<b>Embranchement</b>	Arthropoda	Corps segmenté pourvu d'un squelette externe (cuticule).
<b>Sous-embranchement</b>	Hexapoda	Possèdent trois paires de pattes articulées.
<b>Classe</b>	Insecta	Corps composé de trois parties (tête, thorax, abdomen) et d'une paire d'antennes.
<b>Sous-classe</b>	Pterygota	Adulte possédant deux paires d'ailes.
<b>Infra-classe</b>	Neoptera	Ailes pourvues d'un champ jugal et repliées en arrière au repos.
<b>Super-ordre</b>	Holometabola	Larves et adultes diffèrent radicalement. La larve est aptère et grandit sans changer de forme.
<b>Ordre</b>	Diptera	Une seule paire d'aile assure la fonction de vol, la deuxième assure la stabilité de l'insecte lors du vol (balanciers).
<b>Sous-ordre</b>	Nematocera	nombre d'articles antennaires supérieur à trois
<b>Famille (Meigen, 1818)</b>	Culicidae	Nom vernaculaire : Moustique

### 2. Les Culicidae d'Algérie

En Algérie, seules les deux sous-familles Culicinae et Anophelinae sont représentées (Berchi, 2000). D'après une synthèse des travaux effectués (Merabti et *al.*, 2021), cinquante trois espèces appartenant à sept genres de moustiques sont répertoriées, incluant quinze espèces du genre *Aedes*, quinze espèces du genre *Anopheles*, quatorze espèces appartenant au genre *Culex*, cinq espèces du genre *Culiseta*, deux espèces pour *Coquillettidia* et une espèce chacune pour *Uranotaenia* et *Orthopodomyia* (Fig.1).



**Figure 01.** Systématiques des Culicidae en Algérie: Genre (nombre d'espèces) (Merabti et *al.*, 2021).

### 3. Cycle de développement

Le cycle biologique des moustiques se caractérise par la succession de deux phases: la première est aquatique et recouvre la vie pré-imaginale, c'est-à-dire l'œuf, les stades larvaires et la nymphe. La seconde est aérienne et concerne l'adulte ou l'imago. Après l'éclosion des œufs, quatre stades larvaires aquatiques séparés par trois mues successives ont lieu. A l'issue de ces quatre stades larvaires une nymphe est formée (Fig. 2), lorsqu'elle arrive à maturité, son tégument se fend à une extrémité, livrant passage à un moustique adulte complètement développé. Le jeune imago émerge et reste immobile au cours des premières heures, afin que le durcissement de la cuticule et le déploiement des ailes s'opèrent (Gillies et Meillon, 1968). L'accouplement des moustiques n'a lieu qu'une seule fois au cours de la vie des femelles (Charlwood et *al.*, 2002). Par contre, la séquence repas sanguin, maturation ovarienne et ponte est répétée plusieurs fois au cours de la vie de la femelle. En effet, La femelle est généralement fécondée par un seul mâle mais des fécondations multiples ont été démontrées par analyses génétiques des spermatozoïdes stockés dans la spermathèque (Carnevale et Robert, 2009).

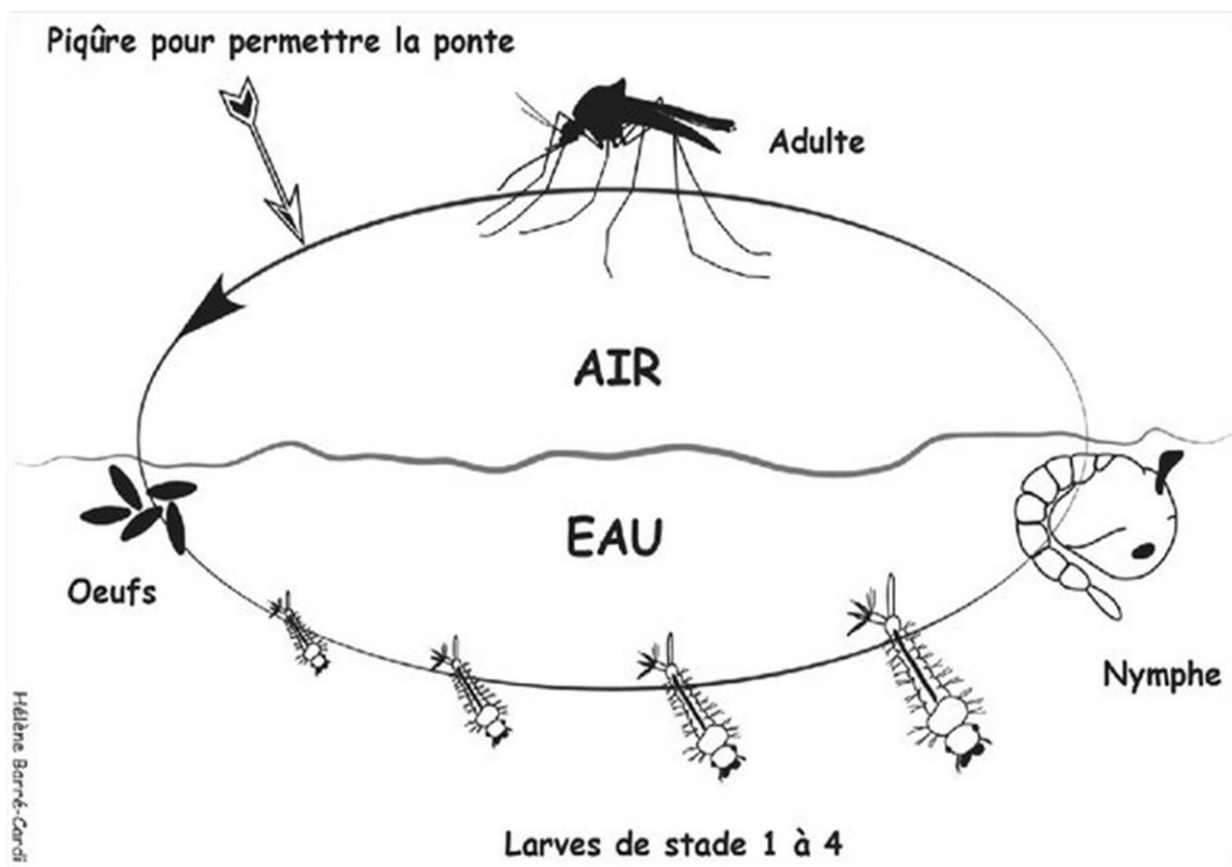
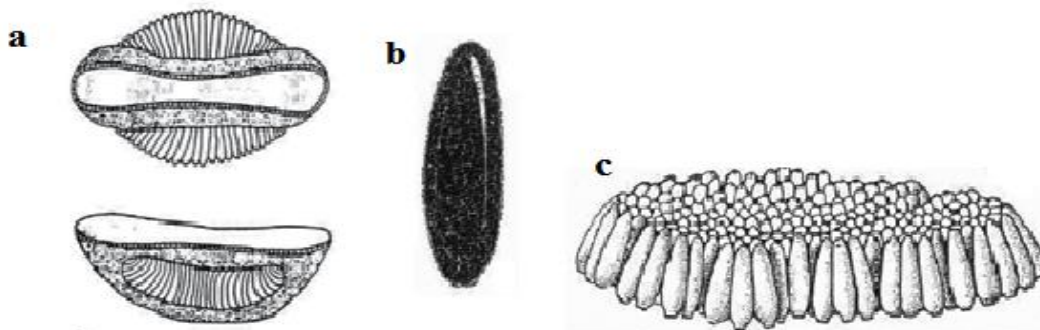


Figure 02. Cycle biologique des moustiques (Barré-Cardi, 2014)

### 4. Morphologie des Culicidae

#### 4.1. Œuf

L'œuf des moustiques est généralement fusiforme et mesure environ 0,5 mm (Rodhain et Perez, 1985). Au moment de la ponte, il est blanchâtre et prend rapidement, par oxydation de certains composants chimiques de la thèque, une couleur marron ou noire (Berchi, 2000). La couche externe de l'œuf porte des expansions latérales ou apicales caractéristiques des genres et espèces de forme plus ou moins ovoïde, et pourvus latéralement de flotteurs leur permettant de conserver une position horizontale (Fig. 3a). Les œufs d'*Aedes* sont allongés, rétrécis et montrent un réseau de fines dépressions. Ils flottent horizontalement à la surface de l'eau (Fig. 3b), planant au-dessus de l'eau ou s'y reposant, ils peuvent être pondus en radeaux à la surface de l'eau comme chez *Culex*, *Culiseta* (Fig. 3c). Le pôle antérieur de chaque œuf possède une corolle en forme de coupe avec une surface interne hydrophile, qui repose sur la surface de l'eau, tandis que la surface externe est hydrophobe (Van der Linde, 1988).

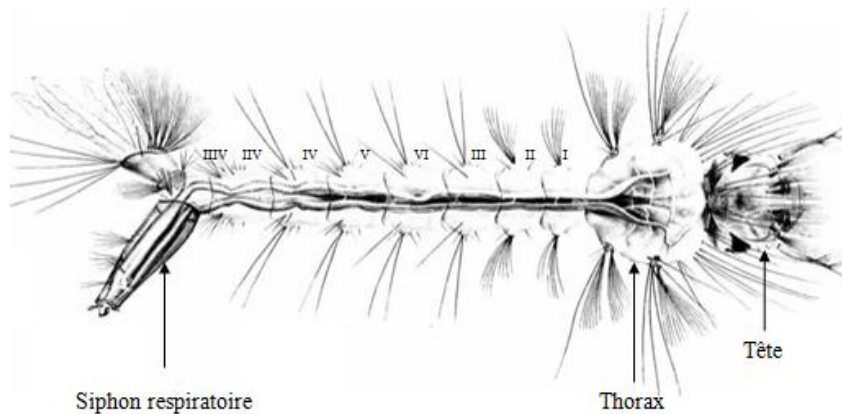


**Figure 03.** Œuf de moustiques: œuf d'*Anopheles* (a), *Aedes* (b), *Culex* (c) .

#### 4.2. Larve

D'aspect vermiforme, le corps de la larve est apode et se divise en trois segments : tête, thorax trapus et abdomen (Fig. 4). Bien dégagée du thorax, la tête est capable d'effectuer une rotation de 180° autour de son axe (Carnevale et Robert, 2009), formée de 3 plaques chitineuses unies par des sutures, elle porte dorsalement une paire d'antennes, deux paires d'yeux et ventralement deux palpes maxillaires ainsi que les pièces buccales (Clements, 1992). Le thorax est grossièrement quadrangulaire, il est formé de 3 segments soudés: le prothorax, le mésothorax, le métathorax. Tandis que l'abdomen est allongé sub-cylindrique,

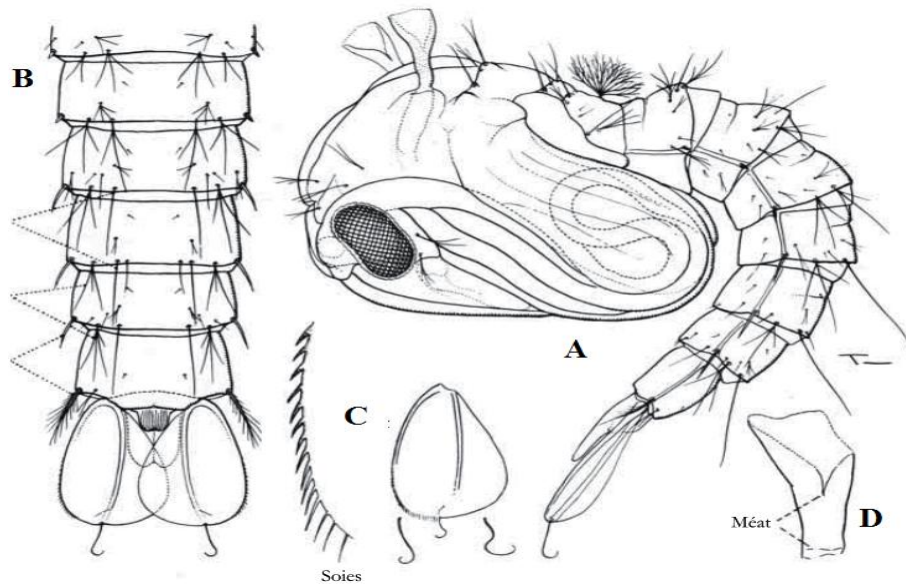
il est composé des neuf segments individualisés, ses segments postérieurs portent quatre papilles anales qui régulent les niveaux d'électrolytes. Au niveau du segment abdominal VIII, s'insère un siphon chez les culicines, ou seulement des lobes spiraculaires chez les anophèles. Une glande adjacente aux spiracles des larves, sécrète des substances hydrophobes pour éviter l'influx de l'eau dans le système respiratoire (Becker et al., 2010). Chaque mue est coordonnée par les concentrations relatives et interactions de l'hormone juvénile et l'ecdysone.



**Figure 04.** Larve de moustique

### 4.3. Nymphe

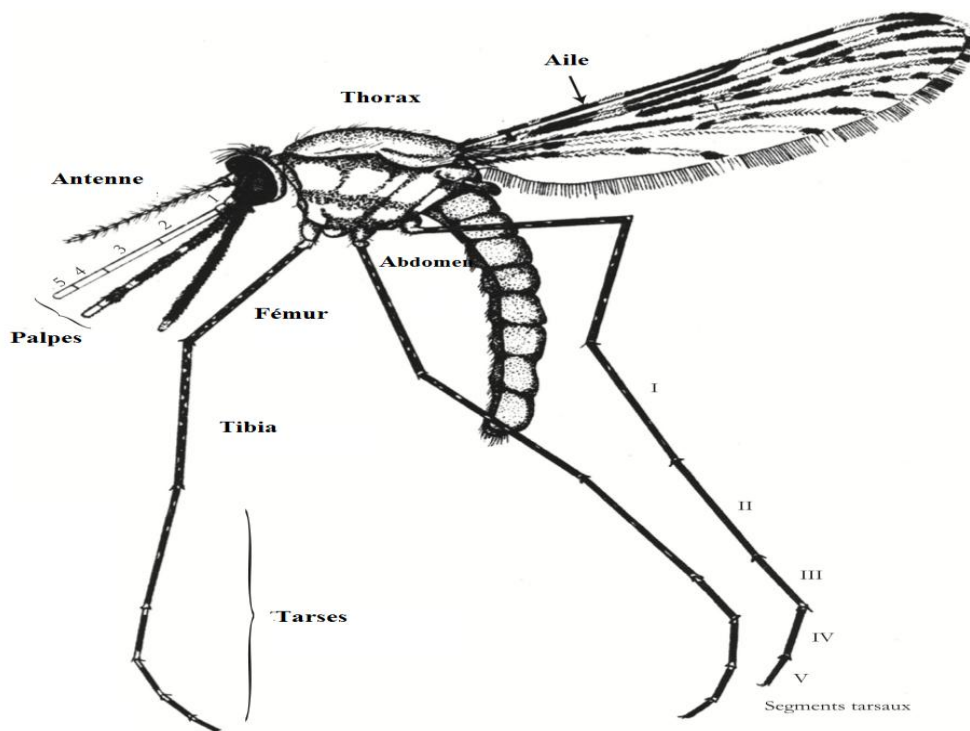
La nymphe est une pupe mobile en forme de virgule, son corps comprend deux parties: le céphalothorax et l'abdomen (Fig.5). La tête et le thorax sont regroupés en céphalothorax globuleux, surmonté de deux trompettes respiratoires, leurs rebords hydrophobes dépassant la surface de l'eau, sont connectés aux spiracles mésothoraciques des adultes en développement pour fournir de l'oxygène, sans dit que son abdomen, segmenté, se termine par deux palettes natatoires (Becker et al., 2010). Chez les *Anopheles*, elles sont plus courtes et plus évasées que chez les *Culex* où elles sont longues et régulières (Carnevale et Robert, 2009). Chez *Mansonia et Coquillettidia*, les trompettes sont modifiées pour pénétrer les tissus végétaux afin de s'alimenter en oxygène (Boix et al., 2016).



**Figure 05.** Nympe d'*Anopheles* (A), Abdomen (B), Palette natatoire (C), Trompette respiratoire (D) (Gillies et Meillon, 1968).

#### 4.4. Adulte

Comme tous les autres diptères, la tête, le thorax et l'abdomen du moustique sont couverts de soies de différentes longueurs, formes et colorations, qui peuvent avoir une importance taxonomique significative (Fig. 6) (Brunhes et *al.*, 2000).



**Figure 06.** Morphologie d'une femelle de moustique (*Anopheles*) (Holstein, 1949).

### 4.4.1. Tête

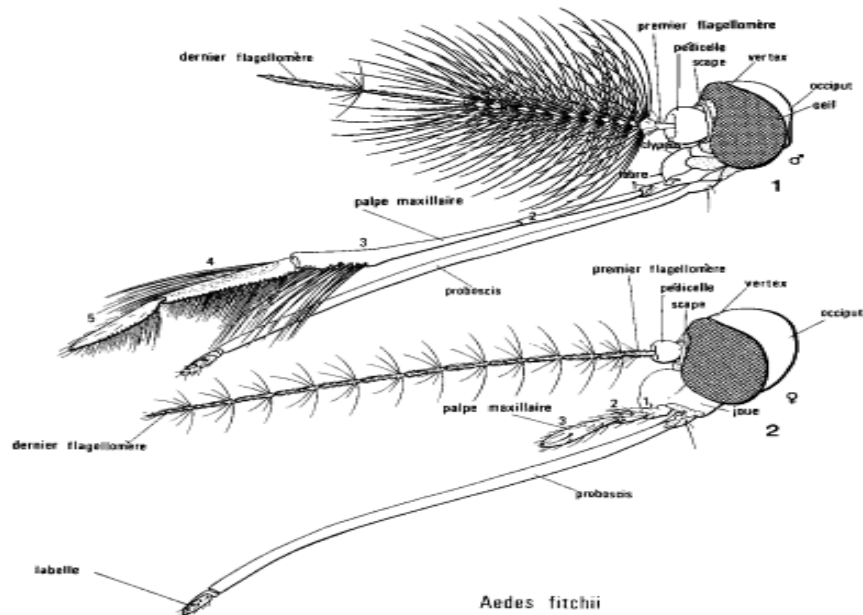
La tête porte deux gros yeux composés, deux antennes (de 15 articles) avec un fort dimorphisme sexuel, un appareil buccal de type suceur pour les mâles et de type vulnérant pour les femelles ainsi que deux palpes maxillaires (formés de 5 articles) situés de part et d'autre du proboscis (Carnevale et Robert, 2009).

### 4.4.2. Système olfactif

Les moustiques détectent les odeurs grâce à un système olfactif extrêmement développé capable de détecter nombre d'informations sensorielles grâce aux antennes et aux palpes maxillaires (Paluch et al., 2010). Typiques du dimorphisme sexuel du moustique, les antennes sont plus filiformes chez les femelles que chez les mâles. Elles sont annulées et leur segment basal (scape) a la forme d'un col, caché derrière un second segment sphérique, le pédicelle. Ce dernier est spécialement élargi pour accueillir un récepteur mécanique et sonore très développé appelé « l'organe de Johnston ». Les 13 autres divisions de l'antenne constituent ensemble le flagellum et sont entièrement dépourvues de muscles intrinsèques.

### 4.4.3. Appareil buccal

Les moustiques sont caractérisés par leur long rostre écaillé plus long que le thorax, composé de six stylets minces: le labrum et une paroi interne, l'épipharynx, les mandibules, l'hypopharynx et les maxillaires (Fig. 7). Ceux-ci sont logés dans le sillon du labium allongé, qui se termine par une paire de labelles articulés distalement (Wheelwright *et al.*, 2021). Le sang est prélevé via un canal constitué principalement par le labro-épipharynx. La salive contient des enzymes anti-hémostatiques, comme l'apyrase, qui produisent des hématomes dans la peau et facilitent la localisation et l'absorption du sang (Calvo *et al.*, 2007). La salive contient également des anticoagulants qui empêchent le sang de coaguler et d'obstruer les pièces buccales lorsqu'il est aspiré dans l'espace formé par l'apposition du labrum et des autres pièces buccales perforantes. Une substance anesthésique aide à réduire la douleur infligée par la pique du moustique réduisant ainsi la réaction de défense (Manguin, 2013). Enfin, la gustation est un comportement de qualité chez le moustique, ce dernier possède des récepteurs gustatifs (**GRs**), présents sur le labellum du proboscis, mais également sur les palpes maxillaires et les tarse (Sparks *et al.*, 2013).



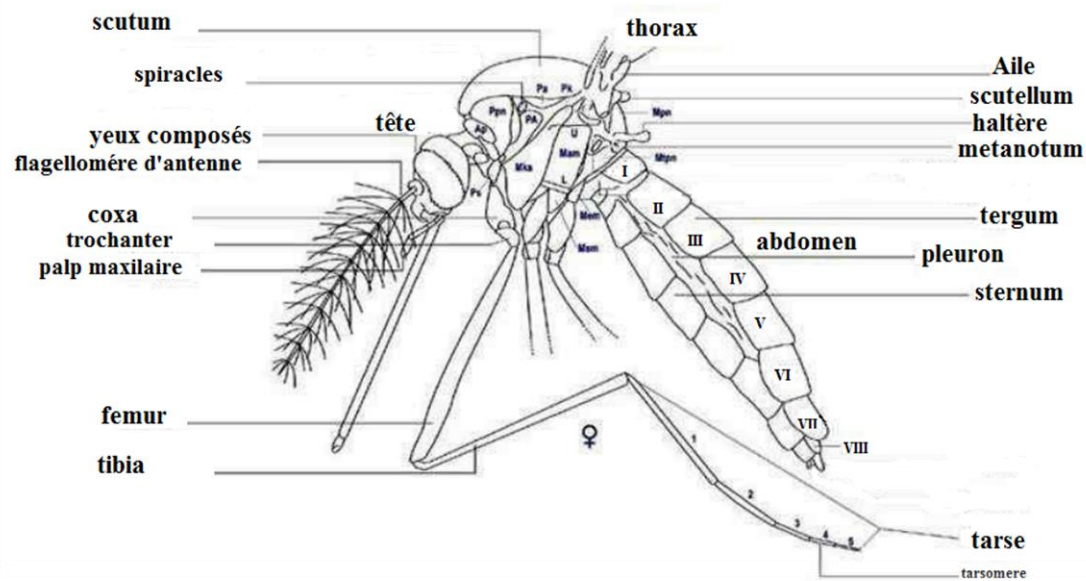
**Figure 07.** Tête d'un moustique adulte du genre *Aedes*: mâle (1), femelle (2) (Wood, 2010).

#### 4.4.4. Thorax

Les trois segments thoraciques sont appelés prothorax, mésothorax et métathorax, le mésothorax est le segment le mieux développé (Fig. 8). Le prothorax et le métathorax sont réduits. Chaque segment est divisé en quatre régions principales, le tergum dorsal, le sternum ventral et les deux plèvres latérales (Brunhes, 1970). Ces régions sont différenciées en sclérites distincts, appelés respectivement tergites, sternites et pleurites. Les moustiques adultes possèdent trois paires de pattes (pattes antérieures, médianes et postérieures), une paire sur chacun des segments thoraciques, chaque patte se compose de six segments, la coxa, le trochanter, le fémur, le tibia, le tarse et le pré-tarse. Le moustique adulte possède, une paire d'ailes antérieures qui assure le vol. Les ailes postérieures (métathoraciques) sont transformées en haltères, afin de contrôler l'équilibre durant le vol.

#### 4.4.5. Abdomen

L'abdomen se compose de onze segments et d'un telson non segmentaire. Un segment abdominal se compose d'un tergum et d'un sternum sclérotisés, reliés par des régions pleurales membraneuses. Le premier segment de l'abdomen est quelque peu réduit. Chez les mâles, le segment IX est fortement modifié en un appareil copulatoire bien développé. Chez les deux sexes, les segments X et XI sont généralement représentés par un lobe dorsal et deux lièvres (Brunhes *et al.*, 2000).



**Figure 08.** Moustique adulte du genre *Aedes*.

### 5. Bio-écologie

#### 5.1. Type du gîte larvaire

Des expériences sur des femelles gravides ont montré que différentes espèces utilisent différents facteurs pour choisir les sites de ponte (Bidlingmayer, 1974). L'oviposition implique une sélection de l'environnement, qu'il soit ombragé ou ouvert, un ruisseau, une rizière, un étang, un trou d'arbre ou un récipient artificiel, et l'examen de l'eau, qu'elle soit en mouvement ou non, polluée, salée ou fraîche, chaque facteur étant finement discerné (Clements et Kerkut, 1963). Les types de gîtes sont extrêmement variés et chaque espèce montre une préférence plus ou moins stricte pour un certain type de gîte (Carroll, 1979).

#### 5.2. Facteurs abiotiques

Les facteurs abiotiques représentent l'ensemble des facteurs climatiques tels que la température, l'humidité, le rayonnement solaire (Gillott, 2005; Korsloot et *al.*, 2004) et physico-chimiques comme le pH, salinité, teneur en oxygène dissous, conductivité et teneur en ions et concentration en métaux qui influencent grandement sur le choix de ponte et le développement des stades immatures (Hery et *al.*, 2021). Par exemple, une eau fortement concentrée en azote, phosphore et potassium stimule la ponte chez l'espèce *Aedes aegypti*

(Darriet et Corbel, 2008), celle-ci évalue la salinité rien qu'en touchant la surface de l'eau avec ses pattes et sa trompe (Matthews et *al.*, 2019).

### 5.3. Facteurs biotiques

Ils représentent les variations de l'abondance de nourriture/proies, de prédateurs ou de parasites et tout paramètre lié directement aux interactions avec une ou plusieurs autres entités biologiques (Gillott, 2005; Korsloot et *al.*, 2004). En effet, les femelles préfèrent pondre leurs œufs à proximité d'une source de nourriture larvaire plutôt que sur celle-ci, car la nourriture peut héberger des micro-organismes pathogènes et attirer des prédateurs et des concurrents larvaires (Cury et *al.*, 2019). Ulloa García (1996) affirme que des bactéries telles qu'*Aeromonas hydrophila/caviae*, *Klebsiella oxytoca*, *Pseudomonas sp.* et *Enterobacter cloacae*, sont de potentielles sources de nourriture favorisant le développement des larves d'*Aedes aegypti* au sein des gîtes artificiels.

## 6. Choix de l'hôte

Suite à l'accouplement, les femelles recherchent activement un hôte afin d'y prélever le sang nécessaire au développement des œufs. En effet, les protéines de l'hémoglobine sont une source d'acides aminés essentiels au processus de vitellogenèse et d'oogenèse des femelles (Clements, 2000). Les femelles repèrent leur proie par les odeurs corporelles (acide lactique) et le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), l'octénol, l'acétone, la butanone et les composés phénoliques émis (Kline et *al.*, 1990). Le moustique utilise aussi la perception des mouvements, des formes, des couleurs, et de la chaleur pour atterrir sur la peau et effectuer son repas de sang (Goisard, 2012). Il utilise également l'ouïe pour repérer sa cible puisqu'il serait plus attiré par les personnes parlant fort (Maurille, 2005). En effet, des extensions cuticulaires appelées sensilles portent de nombreux pores, par lesquels vont entrer les composés organiques volatils. Ces derniers seront détectés par des neurones spécialisés, les récepteurs olfactifs neuronals (ORNs) qui expriment à leur surface des récepteurs olfactifs, les récepteurs odorants (ORs) ainsi que des récepteurs ionotropiques (IRs) (Pitts et *al.*, 2017).

## 7. Importance médico-vétérinaire

Les Culicidae constituent un vrai fléau de la santé publique en raison de leur rôle dans la transmission de maladies: arboviroses, paludismes, filarioses. Les agents infectieux pour lesquels les moustiques sont des vecteurs biologiques sont: les virus de cinq familles;

certaines espèces d'Hepatozoon (classe: Coccidea); certaines espèces de *Plasmodium* (classe : Hematozoa); et des espèces de plusieurs genres d'Onchocercidae appartenant à la superfamille des Filarioidea (Clements, 1992).

De toutes les maladies parasitaires transmises par les moustiques, le paludisme est certainement la plus meurtrière; il existe plus de 400 différentes espèces de moustique appartenant au genre *Anopheles*, dont une trentaine sont vectrices très importantes du paludisme. Cinq espèces de plasmodies sont transmises à l'homme par les anophèles: *Plasmodium falciparum*, *Plasmodium vivax*, *Plasmodium ovale*, *Plasmodium malariae* et *Plasmodium knowlesi* (Carnevale et Robert, 2009).

L'intensité de la transmission dépend de facteurs liés au parasite, au vecteur, à l'hôte humain et à l'environnement. La transmission est plus intense aux endroits où les espèces de moustiques ont une durée de vie relativement longue (ce qui permet au parasite d'achever son cycle de développement à l'intérieur du moustique) et piquent plutôt les êtres humains que les animaux (Aholoukpe et al., 2017).

Les moustiques peuvent transmettre aussi de nombreux arbovirus qui appartiennent généralement aux genres *Alphavirus*, *Flavivirus*, *Phlebovirus* et *Orthobunyavirus* (Heu et Gendrin, 2018). La plupart de ces arbovirus sont des agents de zoonoses et certains figurent parmi les plus dangereux pour l'espèce humaine, comme ceux de la fièvre jaune, de la dengue ou de l'encéphalite japonaise, mais aussi le virus Chikungunya, les virus des encéphalites équine américaines, les virus des encéphalites de la vallée de la Murray, de Saint-Louis, de Californie, les virus West Nile, Rocio, Ross River, celui de la fièvre de la vallée du Rift, et bien d'autres (Fontenille, 2017).

Enfin, trois espèces de Nématodes responsables de filarioses lymphatiques chez l'homme, sont transmises par des moustiques. Il s'agit de la filaire de Bancroft, *Wuchereria bancrofti*, de la filaire de Malaisie, *Brugia malayi*, enfin de la filaire de Timor, *Brugia timor* (OMS, 2014). Nombreuses sont, en outre, les filaires transmises chez les animaux, comme les *Brugia*, les *Dirofilaria*, les *Setaria*, les *Wuchereria*, et bien d'autres (Mouchet et al., 1965).

### 8. Programme de lutte

#### 8.1. Lutte chimique

La lutte chimique consiste à l'utilisation de produits chimiques de synthèse pour lutter contre les larves et les imagos de moustique. La première génération d'insecticides: sont des insecticides de synthèse qui datent d'avant 1940 (ex: dinitro-o-cresylate de potassium, dinitroorthocresol) et côtoyait des insecticides inorganiques (aceto-arsenate de cuivre), fluores (fluore de sodium), soufres (sulfure de carbone). La deuxième génération correspond aux insecticides organiques de synthèse divisée en organochlorés (DDT, lindane, endosulfan), organophosphorés (dichlorvos, chlorpyrifos, temephos) et carbamates (carbaryl, aldicarbe, propoxur). La troisième génération, apparue plus tard, comprend les pyrethrinoides de synthèse, les phenylpyrazoles (fipronil), les neonicotinoides (imidaclopride) et aussi les régulateurs de croissance d'insectes (RCI : fenoxycarbe, lufenuron) (Regnault-Roger et *al.*, 2005). Les organochlorés (6%), organophosphorés (43%), carbamates (32%) et pyréthrinoides (6%) représentent la majorité des insecticides organiques utilisés actuellement (CPP, MEDD, 2002). Ceci dit, l'utilisation massive des insecticides, favorise la sélection de gènes de résistance chez plusieurs moustiques d'intérêt médical (Cui et *al.*, 2006). De plus, l'utilisation de doses croissantes de pesticides se traduit par une pollution de l'environnement qui affecte les eaux de surface et les nappes phréatiques (Darriet, 2007). Par ailleurs, l'accumulation de produits toxiques dans ces dernières contamine l'eau des puits consommée par les hommes et les animaux domestiques (Becker et *al.*, 2010).

#### 8.2. Lutte biologique

La méthode biologique, a fait l'objet d'une nouvelle lutte, plus sûre, plus sélective et moins toxique. Elle est représentée par l'utilisation de micro-organismes, champignons (Tyagi et Dhanasekaran, 2018), poissons (Chandra et *al.*, 2008) et même des extraits végétaux (Pavela et *al.*, 2019).

Parmi ces micro-organismes entomopathogènes, les plus utilisés sont des biolarvicides bactériens ou fongiques. *Lagenidium*, *Coelomomyces*, *Entomophthora*, *Culicinomyces*, *Beauveria* et *Metarhizium* sont des genres de champignons entomopathogènes utilisés contre les moustiques (Scholte et *al.*, 2004). *Bacillus thuringiensis israelensis* (Dhang et *al.*, 2009) et *Bacillus sphaericus* (Baumann et *al.*, 1991) sont les bactéries spécifique aux moustiques et aux mouches.

L'utilisation de prédateurs naturels est plutôt récurrente pour limiter les populations de larves de moustiques. Les poissons larvivores font partie des premiers prédateurs introduits (OMS, 1974). L'espèce la plus représentative est *Gambusia affinis*, très efficace contre les moustiques du genre *Culex* (Rajasekharan et Chowdaiah, 1972). Certains arthropodes sont aussi des prédateurs de larves de moustiques, c'est le cas des copépodes qui sont de petits crustacés parasites. Ces derniers sont utilisés au Vietnam, dans les grands réservoirs d'eau pour éliminer les larves d'*Aedes* et *Anopheles* (Kay et Nam, 2005). Une variété d'insectes aquatiques dans les ordres Coleoptera, Hemiptera, Odonata, et Diptera est connue pour sa capacité à attaquer et consommer les larves de moustiques.

Enfin, certaines larves de moustiques comme *Toxorhynchites sp.*, sont larvivores et mangent les larves des autres espèces, notamment d'*Aedes aegypti* (Bonizzoni et al., 2013).

# Chapitre II.

## *Matériel et méthodes*

## 1. Région d'étude

### 1.1. Situation géographique

La wilaya de Tizi-Ouzou est une partie du nord d'Algérie, située sur le littoral centre et s'étend sur une superficie de 2.958 Km<sup>2</sup>. elle est limitée par la Wilaya de Bouira au Sud; Boumerdes à l'Ouest et Bejaia à l'Est et s'ouvre au Nord sur la Mer méditerranée par 85 Km de côtes (Fig.09).

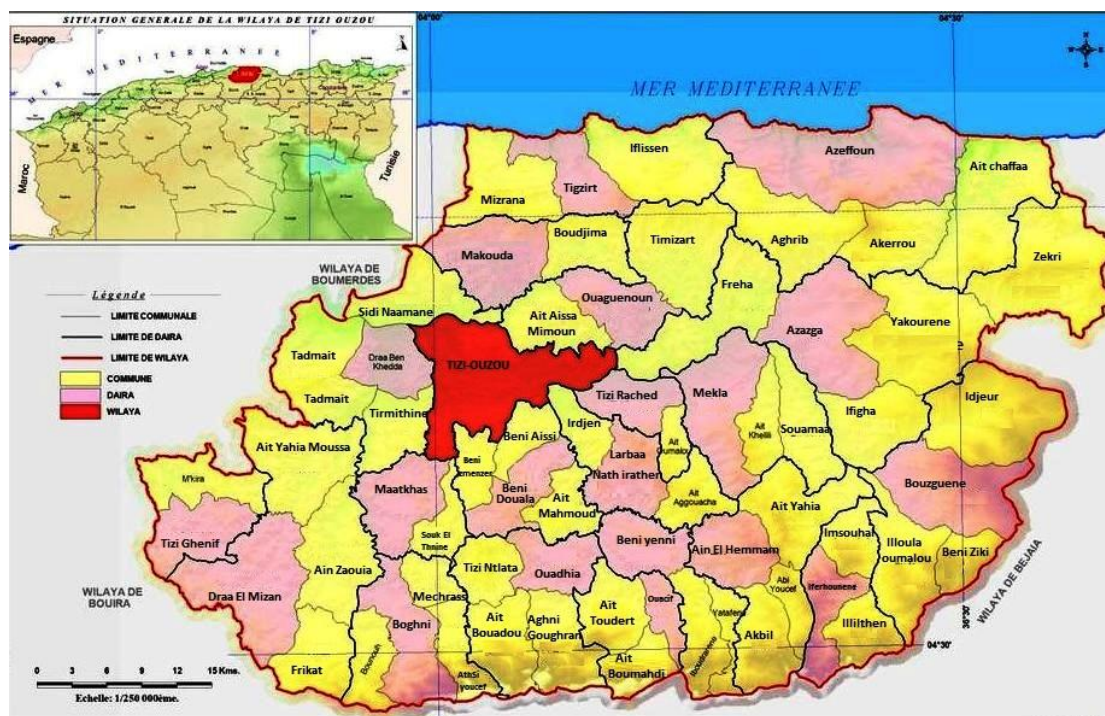


Figure 09. Situation géographique de la région d'étude.

### 1.2. Relief et hydrologie

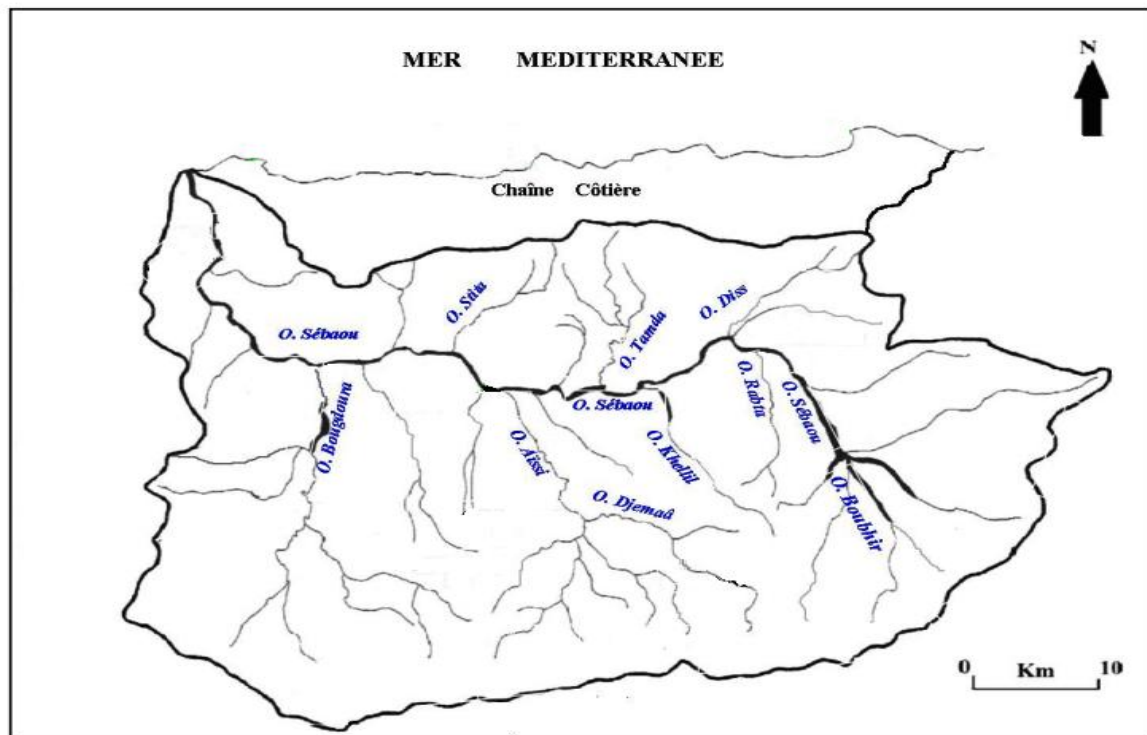
Le relief escarpé de la région de Tizi-Ouzou est fortement disséqué par un réseau hydrographique important qui donne ainsi lieu à une alternance de paysages et de géosystèmes: plaines littorales, massifs côtiers, vallées et dépressions intérieures, basses, moyennes et hautes montagnes (Meddour, 2010)

Au nord, une chaîne côtière de moyennes montagnes (alt.900 m) s'étale de Delly à Azzefoun. Les flysch crétacés dominent sur son côté Est. Au sud, la chaîne du Djurdjura compte les plus hauts sommets de Kabylie (alt.>2000 m). A l'est, le massif de l'Akfadou est situé entre la chaîne côtière et le Djurdjura (alt. 1500 m).

Le calcaire est l'un des principaux faciès qu'on retrouve dans le Djurdjura (Flandrin, 1952). La vallée du Sébaou est constituée par des dépôts détritiques où sont incorporés des horizons argileux discontinus. Cette formation détritique représente l'aquifère de la vallée

constituant le remplissage d'un synclinal à cœur miocène, on retrouve dans cette dernière un matériau hétérogène, formé de sable galet, graviers et limons (Yakoub, 1996).

Ce réseau est dominé par l'Oued Sébaou qui recueille à travers ses affluents l'essentiel des eaux en provenance du Djurdjura (Fig.10). Le massif central, le Djurdjura et même la chaîne côtière sont littéralement entaillés par de nombreux oueds principalement: Assif n'Boubehir, Assif Djemaa, Assif Bougdoura, Assif-Ousserdhoun, Assif-El Hammam (DPSB, 2013).



**Figure 10.** Réseau Hydrologique de la région de Tizi-Ouzou.

### 1.3. Climat

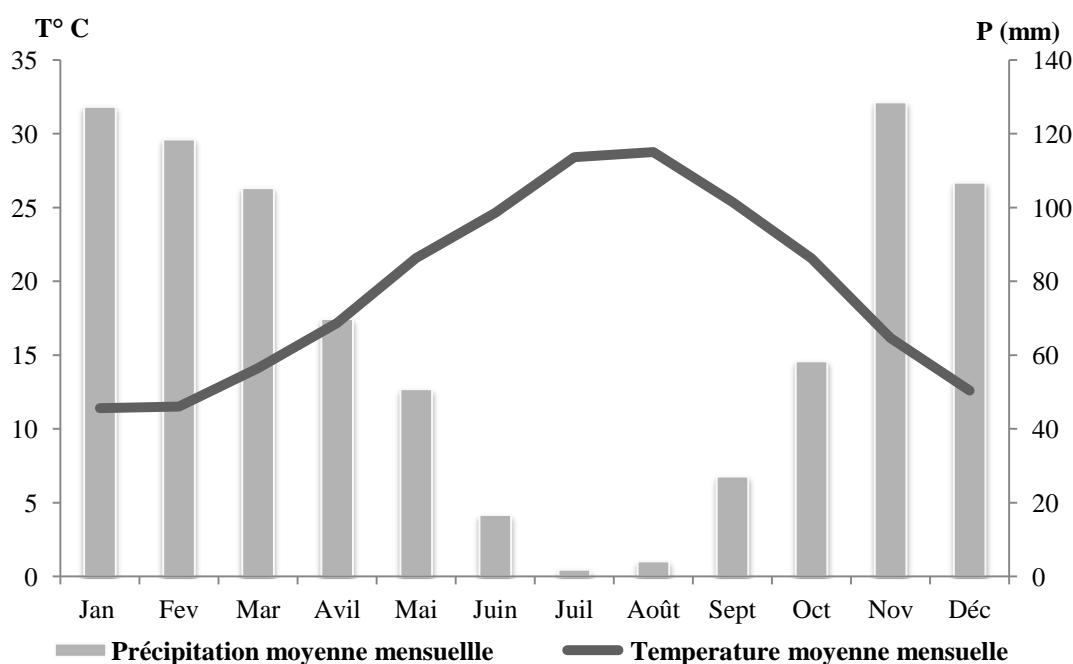
La région de Tizi-ouzou est caractérisée par un étage bioclimatique subhumide à hiver doux dont la saison sèche (Mai-Septembre) précède la grande saison des pluies (Octobre-avril).

#### 1.3.1. Températures

La température représente un facteur de première importance, contrôlant l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait, la répartition de la totalité des espèces et des communautés des êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2003). Durant la période allant de 2011 à 2020, Les températures les plus basses surviennent aux mois de Février, avec une moyenne de 11.36°C, tandis que les températures moyennes les plus élevées sont notées aux mois de Juillet et Août avec une moyenne respective de 28.4°C et 28.7°C (ANRH, 2021)

### 1.3.2. Précipitations

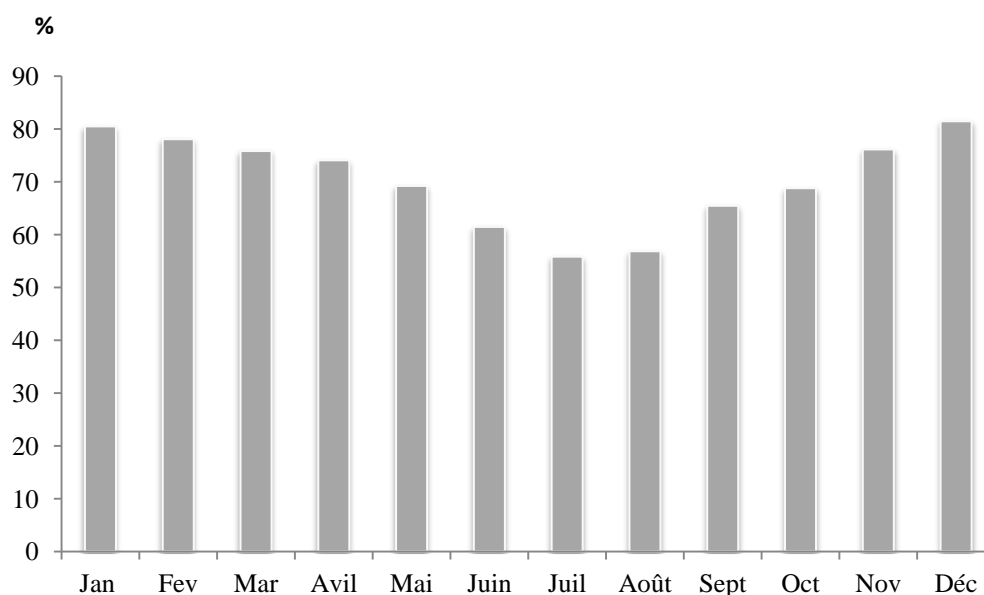
D'après Mutin (1977), les précipitations influent en premier lieu sur la flore et agissent sur le comportement alimentaire, sur la reproduction et la biologie des espèces animales. Les pluies en Algérie sont d'origine orographique et torrentielle. Elles varient avec l'altitude et sont inégalement réparties durant l'année et variables d'une année à une autre. La région de Tizi-Ouzou a connu un cumul de précipitation de 861.66 mm. Les précipitations moyennes les plus élevées enregistrée dans la région de Tizi-Ouzou, ont été observées d'octobre à avril, avec une moyenne maximum de 129.77mm en Février, tandis qu'un déficit pluviométrique est enregistré durant les mois de Juillet et Août (Fig.11).



**Figure 11.** Variation de la température et des précipitations durant la période allant de 2010 à 2020 dans la région de Tizi-Ouzou.

### 1.3.3. Humidité

D'après Dajoz (1975), l'humidité a une influence sur la longévité et la vitesse du développement, sur la fécondité et le comportement des espèces. La saison humide débute de l'automne à l'hiver et se prolonge jusqu'au printemps et l'humidité relative de l'air varie d'une saison à l'autre, elle peut même varier au cours d'une journée du matin à l'aube, l'humidité peut être supérieure à 80%, elle diminue notamment, dès que le soleil se lève et descend, quelque fois au-dessous de 30%. La valeur maximale de l'humidité relative de l'air enregistrée dans la région de Tizi-Ouzou concerne le mois de Décembre avec 81.5 %. Tandis que la valeur la plus faible est celle de Juillet avec 55.8 % (fig.12).



**Figure 12.** Variation de l'humidité dans la région de Tizi-Ouzou (2010-2020).

#### 1.4. Couvert végétal

Le couvert végétale de la zone d'étude est assez dense et varie en fonction de l'altitude, il présente un étagement visible de type méditerranéen. En altitude supérieure à 1100 m, il y a présence des pelouses écorchées à xérophytes épineux et rampants: ronces (*Rubus sp.*) et genêts *Genista sp.*) et quelques pieds de cèdre épars (*Cedrus atlantica*). Aux altitudes inférieures à 1100 m, la végétation est constituée essentiellement de chêne vert (*Quercus rotundifolia*), de frêne (*Fraxinus sp.*) et de quelques pieds d'érables (*Acer sp.*). À moyenne altitude, une strate arborée composée essentiellement d'oliviers *Olea europea* y domine. En plaine, les formations végétales sont principalement des vergers (orangers, pommiers, poiriers, figuiers...). Le long des cours d'eau, sur les berges on rencontre essentiellement l'aulne (*Alnus glutinosa*), le merisier (*Cerasus avium*), le figuier (*Ficus carica*) le pistachier (*Pistacia lentiscus*), le mucocolier (*Celtis australis*), le dyss (*Ampelodesma mauritanica*) et de nombreuses lianes. A moins de 500 m d'altitude, la végétation est plutôt constituée de peuplier blanc (*Populus alba*), le peuplier noir (*Populus nigra*), le laurier rose (*Nerium oleander*), l'aulne (*Alnus glutinosa*), le tamaris (*Tamarix sp*), le roseau (*Arundo donax*), l'eucalyptus et par endroits, des épineux (genêts, ronces...). Quant à la végétation aquatique, elle est représentée principalement par les mousses dans les parties supérieures des cours

d'eaux, tandis que les algues (*Oedogoniae*, *Spirogyra*, *Zygnema* et *Ulothrix*) et les *macrophytes* se rencontrent dans les cours d'eaux de basse altitude.

### 1.5. Faune de la région

La faune de la région est assez diversifiée mais encore peu connue. Selon des études effectuées au sein du Parc Djurdjura (UICN, 2015), un total de 145 espèces animales sont recensées, dont 10 espèces de mammifères considérées comme menacées et 18 espèces de reptiles; principalement des lézards, des couleuvres et des tortues. Les mammifères caractéristiques de la région sont: la mangouste (*Herpestes ichneumon*), le chacal (*Canis anthus*), le lynx (*Caracal caracal*), la genette (*Genetta Genetta*), le porc-épic (*Hystrix cristata*), l'hyène rayée (*Hyaena hyaena*) et le singe magot (*Macaca sylvanus*) qui est une espèce endémique à l'Afrique du Nord. Les principales espèces d'oiseaux observées sont les rapaces diurnes, tels que le vautour percnoptère (*Neophron percnopterus*), le milan noir (*Milvus migrans*) et autres aigles, botté (*Aquila pennata*), buse féroce (*Buteo rufinus*) et épervier d'Europe (*Accipiter nisus*), ainsi que quelques passereaux au niveau des forêts denses du Parc de Djurdjura. Les amphibiens sont représentés par sept espèces dont la salamandre algire (*Salamandra algira*) ou nord-africaine et la rainette méridionale (*Hyla meridionalis*), adaptées aux conditions extrêmes d'altitude (Bara et al., 2017).

## 2. Choix des stations d'études

Le choix des stations a été dicté par la volonté de couvrir un large panel de situations mésologiques. Les stations retenues ont été choisies en tenant compte de la représentativité des larves de Culicidae dans un lot de gîtes productifs, de la diversité des biotopes, l'altitude et dans une certaine mesure, la régularité de la répartition et la pérennité des stations d'étude. Ce choix est resté toutefois conditionné par l'accessibilité aux stations.

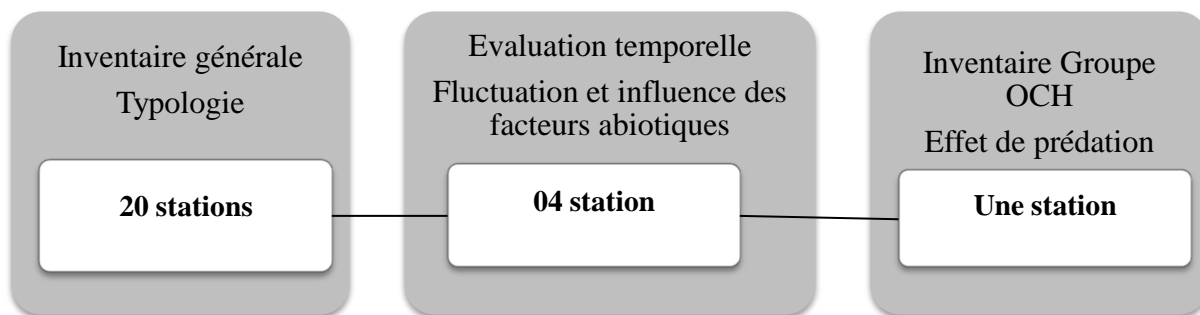


Figure 13. Choix et processus d'échantillonnage

### 2.1. Présentation des sites d'études

Afin d'avoir une représentativité des espèces de moustiques potentiellement présentes dans la région d'étude (Fig.14), la prospection des gîtes potentiels de Culicides concerne 51 sites réparties dans vingt communes: Tizi-Ouzou, Ouadhias, Freha, Tizi-Rached, Iboudraren, Ath Yenni, Ath Zmenzer, Ath Aissi... Les échantillons ont été prélevés durant deux ans. Les gîtes recherchés sont soit naturels ou artificiels (mare, fosse, bords d'oued, citerne, réservoir), permanent ou temporaires, urbains ou ruraux.

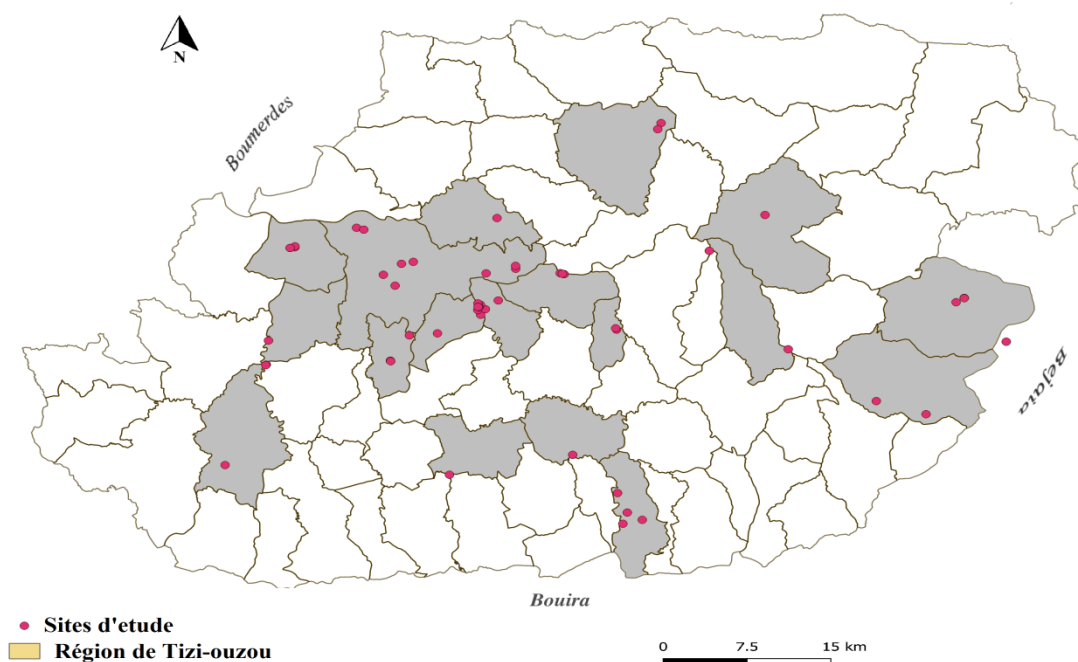


Figure 14. Localisation des stations d'échantillonnage dans la région de Tizi-Ouzou

Le tableau suivant indique les Caractéristiques des sites d'études ainsi que la durée d'échantillonnage.

**Tableau 02.** Caractéristiques des sites d'études

Commune	Latitude	Longitude	Altitude	Durée d'échantillonnage	CODE
Ain zaouia	36.6326733	3.92943666	41-476	moins de trois mois	S26
	36.5524046	3.89289011	41-476	trois mois	S47
Akfadou	36.7269	3.9519	910-1345	moins de trois mois	S20
Ath aissa mimoun	36.7494444	4.1336111	41-476	moins de trois mois	S38
Ath aissi	36.671603	4.118077	41-476	trois mois	S10
	36.6830000	4.1337194	41-476	trois mois	S11
	36.6797222	4.1180555	41-476	trois mois	S12
	36.675425	4.116028	41-476	moins de trois mois	S28
Ath yenni	36.5580000	4.1970000	41-476	une année	S2
Azazga	36.7494444	4.36861111	476-910	trois mois	S49
Ath zmenzer	36.65562	4.05548	476-910	moins de trois mois	S23
	36.635387	4.038583	476-910	trois mois	S35
	36.634907	4.038848	476-910	moins de trois mois	S36
Bouzuene	36.5872222	4.5066666	910-1345	trois mois	S13
	36.5983333	4.4633333	476-910	trois mois	S44
Draa Ben Khedda	36.7275	3.9561111	41-476	moins de trois mois	S22
	36.7269	3.9519	41-476	moins de trois mois	S24
	36.7282324	3.9561573055	41-476	moins de trois mois	S50
Freha	36.703926	4.191079	41-476	moins de trois mois	S29
Iboudraren	36.5020000	4.2400000	476-910	une année	S3
	36.5110000	4.2440000	910-1345	une année	S4
	36.5050000	4.2570000	910-1345	une année	S5
	36.526785	4.235763	476-910	moins de trois mois	S42
Idjeur	36.6804894	4.5419444	476-910	trois mois	S16
	36.6771133	4.534722	41-476	trois mois	S17
	36.6802778	4.541944	910-1345	trois mois	S31
Irdjen	36.6570000	4.0801000	41-476	une année	S6
	36.678000	4.116000	41-476	une année	S7
	36.657	4.0801	41-476	une année	S8
	36.6808659	4.11593116	41-476	trois mois	S9
Larbaa Nath Irathen	36.6596	4.2362	41-476	trois mois	S39
	36.6585	4.237	41-476	trois mois	S46
Ouadhias	36.5430000	4.0890000	476-910	une année	S1
Souama	36.641000	4.387000	41-476	trois mois	S14
	36.721100	4.319300	41-476	moins de trois mois	S51
Timizart	36.819622	4.275695	476-910	moins de trois mois	S34
	36.82450123	4.2787070	476-910	moins de trois mois	S48
Tirmitine	36.63306	3.929831	41-476	trois mois	S19
	36.6524586	3.9320489	41-476	trois mois	S25
Tizi rached	36.70363	4.19177	41-476	moins de trois mois	S15
	36.704458	4.188297	41-476	trois mois	S18
	36.70398	4.19024	41-476	moins de trois mois	S21
	36.71078	4.14932	41-476	moins de trois mois	S27
	36.71334	4.04934	41-476	trois mois	S32
Tizi-Ouzou	36.71481	4.05971	41-476	moins de trois mois	S30
	36.708400	4.149400	41-476	trois mois	S33
	36.695763	4.043501	41-476	moins de trois mois	S37
	36.74273	4.01033	41-476	trois mois	S40
	36.704992	4.123401	41-476	moins de trois mois	S41
	36.7411467	4.016666	476-910	trois mois	S43
	36.7046327	4.033333	41-476	moins de trois mois	S45

S : Site d'échantillonnage

## 2.2. Description des stations d'études permanentes

Sept sites larvaires permanents, appartenant à quatre régions (Fig.15), ont été sélectionnés parmi les 51 sites précédents, pour une étude de la variation saisonnière et l'influence des paramètres physico-chimiques sur la diversité culicidienne. Ces gîtes sont sélectionnés surtout pour leur positivité, pérennité et différences mésologiques. Les prospections ont été réalisées une fois par quinze jours durant une année, allant du mois d'Avril 2018 au mois de Mai 2019.



**Figure 15.** Localisation des stations d'études permanent (1: Irdjen, 2: Ouadhias, 3: Beni yenni, 4: Iboudraren)

### 2.2.1. Station d'Ouadhias

**Gîte 01 (470, 36.543, 4.089) :** est un fossé à ciel ouvert, alimenté par les eaux de source et les eaux pluviales. Il est situé à côté d'une décharge dans la commune d'Ouadhias, ensoleillé et riche en végétation (fig.16), l'eau de ce gîte est plutôt claire et profonde.



**Figure 16.** Station d'Ouadhias

### 2.2.2. Station d'Ath Yenni

**Gîte 02 (382, 36.558, 4.197)** est un bassin cimenté, peu profond et sans végétation (Fig.17), situé sur la route vers la région d'Ath Yenni. Ce site est alimenté par l'eau de source ainsi que les eaux pluviales.



**Figure 17.** Station d'Ath Yenni

### 2.2.3. Station d'Iboudraren

**a. Gîte 03 (790, 36.502, 4.240)** est plutôt un canal ombragé peu profond (Fig.18.a), avec végétation aux alentours et une couche de feuilles mortes en surface, l'eau de ce gîte est claire.



**b. Gîte 4 (923, 36.511, 4.244)** représente deux abreuvoirs situés à Tassaft, un village de la commune d'Iboudraren, alimentés en eau de source durant l'été. C'est un site ombragé moyennement profond, à fond sableux (Fig.18.b), sans végétations aux alentours, l'eau du gîte est plutôt claire.



**c. Gîte 5 (1000, 36.505, 4.257)** est une retenue d'eau qui reçoit les eaux pluviales et les eaux d'une source. Situé à l'entrée du village d'Yatafen dans la commune d'Iboudraren, l'eau de ce gîte est trouble, peu profonde et polluée par les rejets domestiques (Fig.18.c).



**Figure 18.** Station d'Iboudraren (a, b, c).

#### 2.2.4. Station Ath Aissi (Taksebt)

Le barrage de Taksebt, est situé au centre nord de l'Algérie, à 10 km au sud-est de la ville de Tizi Ouzou et à 100 km à l'est d'Alger. Cette infrastructure hydraulique est la plus grande et la plus vaste zone humide de la région. Son réservoir est caractérisé par un sol argileux et un taux d'humidité supérieur à 60%. Un total de six gîtes sont étudiés, trois gîtes temporaires, situées sur le côté amont du barrage, à environ 800 m au sud de celui-ci. Ces petites mares se forment et disparaissent en raison de la baisse du niveau d'eau aux alentours du barrage et trois autres gîtes de nature permanente (a, b, c), alimentés par le trop-plein et situés en aval du barrage de Taksebt, ils sont décrits comme suit.

- a. **Gîte 6 (85, 36.657, 4.0801)** est un marécage relativement étendu de faible profondeur situé dans la région d'Irdjen, l'eau de ce gîte est plutôt claire avec un couvert végétal important caractérisé par la lentille d'eau, le roseau, les algues filamenteuses (Fig.19.a).
- b. **Gîte 7 (95, 36.678, 4.116)** est un canal d'eau peu profond et ensoleillé. L'eau de ce site est claire tapissée d'algues filamenteuses (Fig.19.b).
- c. **Gîte 8 (84, 36.657, 4.0801)** un grand site naturel situé à quelques mètres du site 06. C'est un gîte relativement étendu, avec un couvert végétal important et une végétation aquatique diversifiée, riche en lentille et plantain d'eau ainsi que le roseau. (Fig.19.c)



**Figure 19.** Gîtes permanents du barrage de Taksebt (a, b, c)

### 3. Echantillonnage

#### 3.1. Récolte des larves de Culicidae

La technique adaptée pour la récolte des stades larvaires est le dipping (Papierok *et al.*, 1973), un nombre de dix prélèvements ont été faits pour constituer un seul échantillon homogène. Le contenu de la louche est versé à chaque fois dans des bouteilles transportées au laboratoire d'entomologie pour un premier tri. Une fois identifiées, Les larves sont maintenues dans des bacs en plastique contenant de l'eau, recouverts d'un morceau de tulle pour éviter des pontes éventuelles d'autres espèces (Koua, 1994), l'eau du récipient renouvelée tous les deux à trois jours. La nourriture des larves est composée d'un biscuit pour poissons décoratifs réduits finement en farine. Les nymphes sont placées dans d'autres récipients et disposées dans une cage de forme cubique recouverte de tulle blanc, où elles se transformeront en adulte.

#### 3.2. Echantillonnage des prédateurs du groupe (OCH)

Les insectes prédateurs de ces larves appartenant aux ordres: Odonata, Coleoptera et Hemiptera présents dans la station de Taksebt sont récoltés, triés par site et conservés dans de l'éthanol à 96% en vue d'une identification.

### 4. Identification

#### 4.1. Identification des Culicidae

Pour permettre une meilleure observation du spécimen sous microscope optique, le protocole de montage et préparation des échantillons proposé par Matile (1993) est adoptée. Les larves sont portées à ébullition dans une solution de potasse (KOH) à 10% et y demeurent jusqu'à un niveau d'éclaircissement suffisant. Elles subissent par la suite deux bains de 3 minutes dans l'eau distillée afin de les débarrasser des traces de potasse, et enfin elles sont trempées dans l'alcool 70% durant trois minutes. Les larves sont placées entre lame et lamelle dans une goutte de baume de Canada. Les larves et les adultes des Culicidae capturés ont été identifiés à l'aide des clés dichotomiques de Himmi *et al.* (1995); Sinigre *et al.* (1979) et Becker *et al.* (2010). La détermination des spécimens a été également facilitée par l'utilisation d'un logiciel d'identification des moustiques de l'Afrique méditerranéenne de Brhunes *et al.*, (1999).

#### 4.2. Identification des insectes du groupe OCH

Les insectes prédateurs du groupe OCH (Odonata, Coléoptera et Hémiptera) faisant partie de la faune associée des larves de moustique dans le barrage de Taksebt ont été retenus pour une identification allant jusqu'au genre et l'espèce en se basant sur la morphologie des larves et des adultes et en utilisant les clés appropriées: pour chaque ordre, l'ordre des odonates (Doucet 2011; Heidemann *et al.* 2002); pour les coléoptères (Guignot 1947; Guignot 1959) et les hémiptères (Poisson 1957).

#### 5. Relevés des paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques sélectionnés pour l'étude des gîtes larvaires des moustiques sont: pH, conductivité, oxygène dissous, salinité et température. Ces derniers ont été relevés directement in situ à l'aide d'un multi-paramètre de type PCE-PHD-1-KIT1 (Fig.20). Les prélèvements sont réalisés dans les quatre stations allant du gîte 01 au gîte 07 durant une année.



**Figure 20.** Analyseur multi paramètres (PCE-PHD-1-KIT1).

## 6. Analyse des résultats

### 6.1. Analyse par indices écologiques

L'étude de la structure est réalisée à partir de la composition biotique stationnelle: richesse taxonomique (ou nombre de taxons par groupe), abondance relative des différents taxons et des groupes auxquels ils appartiennent.

#### 6.1.1. Richesse spécifique (S)

La richesse spécifique est l'ensemble des espèces que comporte un peuplement considéré dans un écosystème donné (Ramade, 1984), donc S est le nombre des espèces obtenu à partir du nombre total des relevées.

#### 6.1.2. Abondance relative

L'abondance relative est le rapport du nombre d'individus d'une espèce au nombre total d'individus de toutes les espèces confondues (Dajoz 1975).

$$\text{A.R. \%} = N_i \times 100 / N$$

*N<sub>i</sub>* : est le nombre d'individus de l'espèce *i*

*N* : est le nombre total d'individus de toutes les espèces présentes.

#### 6.1.3. Fréquence d'occurrence ou Constance:

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:

$$F = P_i \times 100 / N$$

*P<sub>i</sub>* : représente nombre de relevés contenant l'espèce étudiée (*i*)

*N* : représente le nombre total des relevés.

Selon la règle de Sturge, le nombre calculé des classes de constances (C) est de cinq, avec un intervalle de 20%. L'espèce est:

- Omniprésente ( $80\% \leq C < 100\%$ ),
- Constante ( $60\% \leq C < 80\%$ ),
- Régulière ( $40\% \leq C < 60\%$ ),
- Infréquente ( $20\% \leq C < 40\%$ )
- Accidentelle ( $C < 20\%$ ).

#### 6.1.4. L'indice de diversité de Shannon

L'indice de Shannon est calculé par la formule suivante (Shannon, 1948)

$$H' = - \sum P_i \log_2 q_i$$

**H'** : indice de diversité exprimé en unités bits.

**q<sub>i</sub>** : fréquence relative de l'espèce *i* par rapport aux individus de l'ensemble du peuplement, qui peut s'écrire **q<sub>i</sub>=n<sub>i</sub>/N**, où **n<sub>i</sub>** est l'effectif de chaque espèce dans les échantillons et **N** la somme des **n<sub>i</sub>** toutes espèces confondues.

**Log<sub>2</sub>** : logarithme à base 2

#### 6.1.5. L'indice de Simpson

L'indice de Simpson mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce, il est calculé par la formule suivante (Simpson, 1949):

$$D = \frac{\sum N_i(N_i-1)}{N(N-1)}$$

*N<sub>i</sub>* : nombre d'individus de l'espèce donnée.

*N* : nombre total d'individus

Plus cet indice est proche de 1, plus le peuplement est homogène.

### 6.2. Analyse statistique

#### 6.2.1. Analyse factorielle des correspondances (AFC).

Pour étudier la dynamique de population d'une espèce, il est important de considérer à la fois la composante temporelle et la composante spatiale. Les habitats larvaires et la répartition spatiale des larves de moustiques sont étudiés dans la première partie. Les différences dans la diversité et la répartition des espèces de Culicidae dans les stations d'étude sont mises en évidence par une analyse factorielle des correspondances (AFC).

#### 6.2.2. Corrélation de Spearman Rho

La matrice de corrélation de Spearman a été calculée pour déterminer l'association des espèces par paires. C'est une technique non paramétrique permettant d'évaluer le degré d'association ou de corrélation linéaire entre des variables indépendantes. Elle fournit des

informations sur l'association des espèces mais également sur la covariance des espèces (Liu et *al.*, 2019). Cette analyse a été exécutée par le logiciel IBM SPSS version 23 (IBM Corporation), les résultats ont été considérés significatifs lorsque  $P < 0.01$ .

### 6.2.3. Corrélation de Pearson

L'influence des paramètres physico-chimiques sur la population culicidienne est expliquée par une matrice de corrélation. La relation entre la densité larvaire de la plupart des espèces et les paramètres physico-chimiques des sites étudiés est représentée à l'aide des coefficients de corrélation de Pearson (logiciel R). Le coefficient de corrélation de Pearson indique le degré de relation linéaire et peut prendre les valeurs (-1) à (1). Une valeur de (+1) montre que les variables sont liées par une relation croissante; une valeur de (-1) montre que les variables sont liées par une relation décroissante. Elle est dite forte si le coefficient de corrélation est supérieur à (0.8 ou/ et -0.8) et une faible si le coefficient de corrélation est inférieur à 0.5 ou -0.5.

### 6.2.4. Test ANOVA (un facteur)

Une comparaison entre l'abondance des prédateurs et moustiques du barrage de Taksebt est faite à l'aide d'une analyse ANOVA à un facteur suivie par un test Tuckey. Ce test est aussi effectué pour comparer entre les abondances des moustiques et prédateurs dans les sites temporaires et permanents.

### 6.2.5. Analyse GLM

La relation de prédation entre les espèces culicidiennes et les insectes prédateurs du groupe (OCH) dans le barrage de Taksebt, est analysée à l'aide d'un modèle linéaire généralisé à distribution binomiale négative (Glm) en appliquant le `glm.nb` package, disponible sur le logiciel R (version 3.0.2).

## 7. Essaie de lutte

La mise en évidence de l'activité larvicide des extraits aqueux des plantes sur les formes larvaires de *Culex pipiens* (Linnée, 1758) nécessite une production de larves par un élevage, la maîtrise des techniques d'extraction à partir de plantes et celle des bio-essais.

### 7.1. Matériel biologique

Trois plantes différentes à savoir le genêt à balais, le faux acacia et le néroli, ont été collectées aux alentours de la région de Draa Ben Khedda (Tirmitine), Tizi-Ouzou.

#### 7.1.1. Le genêt à balais (*Cytisus scoparius*)

Le genêt à balais (*Cytisus scoparius*) est un arbrisseau buissonnant de 1 à 3 mètres de hauteur, qui doit son nom au fait que ses rameaux souples et résistants étaient autrefois utilisés pour fabriquer des balais. Le tronc de cette espèce jouit d'une écorce striée. Ses rameaux anguleux contiennent de la chlorophylle, d'où leur couleur curieusement verte et portent à leur sommet de petites feuilles simples et plus bas, des feuilles caduques à 3 folioles.

Au printemps, le genêt à balais offre des belles fleurs papilionacées de 2,5 centimètres et d'un jaune très vif. agréablement parfumée, présente étamines soudées entre elles à leur base, tandis que leur long style s'enroule en trompe de chasse. Ce sont des bourdons qui assurent la pollinisation de ces fleurs. En fin d'été, ses gousses d'environ 3 centimètres de longueur, deviennent brunes et éclatent avec un bruit sec, répandant alors des graines sur le sol.

Règne :	Plantae
Sous règne :	Tracheobionta
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Sous classe :	Rosidae
Ordre :	Fabales
Famille :	Fabaceae
Genre :	<i>Cytisus</i>
Espèce :	<b><i>Cytisus scoparius</i> Link, 1822.</b>

### 7.1.2. Le néroli (*Citrus aurantium*)

*Citrus aurantium* (orange amère) appartient à la famille des Rutaceae, aussi appelé oranger de Séville ou bigaradier, il pousse sous un climat subtropical (Deterre, 2012). Originaire des régions tropicales d'Asie, cet arbre est cultivé dans toutes les zones tropicales et subtropicales. L'oranger amère est un grand arbre atteignant 5 à 8 m de haut, avec des feuilles persistantes de couleur vertes et brillantes, les fleurs parfumées actinomorphes d'un blanc très pur, possèdent 5 à 8 pétales (Ghédira et Goetz, 2015). Le fruit fait environ 7cm de diamètre avec une écorce dure et une pulpe très acide. Il est très résistant au froid, à l'excès d'eau et à quelques maladies (Deterre, 2012).

Règne :	Plantae
Sous-règne :	Viridaeplantae
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Sous-classe :	Magnoliideae
Ordre :	Sapindales
Famille :	Rutaceae
Sous-famille :	Aurantioideae
Genre :	<i>Citrus</i>
Espèce :	<i>Citrus aurantium L., 1753.</i>

### 7.1.3. Faux acacia (*Robinea pseudoacacia*)

Le *Robinia pseudoacacia*, est le nom scientifique de Robinier, ou faux Acacia, c'est un arbre ornemental épineux de la famille des Fabacées (anciennement légumineuses). La plante origine provient de la région des Appalaches, à l'est de l'Amérique du Nord. Où il occupe une aire disjointe dans l'est des États-Unis (Little, 1971) Introduit en Europe, il s'y est très vite comporté comme une espèce invasive. Le faux acacia est un arbre pionnier, tronc brun gris présente une écorce épaisse, crevassée verticalement pouvant atteindre 30 mètres de haut, à feuillage caduc, assez dense, de couleur vertes vifs longues, les fruits sont des gousses vertes puis brunes, groupées, qui restent sur l'arbre même après la chute des feuilles (Bouaziz, 2017).

Règne :	Plantae
Sous-règne :	Tracheobionta
Division :	Magnoliophyta
Classe :	Magnoliopsida
Sous-classe :	Rosidae
Ordre :	Fabales
Famille :	Fabaceae
Sous-famille :	Fabaceae
Genre :	<i>Robinia</i>
Espèce :	<i>Robinia pseudoacacia L.1753.</i>

## 7.2. Insecte et élevage

La première génération de larves a été collectée d'une mare temporaire non traitée avec des insecticides située dans la région de Tamda (Tizi-Ouzou). Les stades larvaires ont été collectés à l'aide d'une louche et transportés au laboratoire d'entomologie. L'espèce *Culex pipiens* a été identifiée (Brunhes et al., 2000), chaque stade larvaire a été conservé séparément dans un bocal de stockage contenant 250 ml d'eau, selon les conditions du laboratoire (t = 26,4°C ± 3,8; H = 48%). La nourriture est un mélange de biscuit 75% et de levure 25% (Rehimi et al., 1999), et l'eau a été renouvelée tous les deux jours. Lorsque les larves atteignent le stade nymphal, les récipients sont placés dans une cage jusqu'à l'émergence. Un rat de laboratoire est introduit dans la cage pendant les nuits pour assurer un repas sanguin aux femelles moustiques.

## 7.3. Préparation des extraits aqueux

Les feuilles de chaque plante testée sont récoltées placées dans un sac en papier et transportées au laboratoire. Elles sont lavées et séchées dans une étuve pendant 3 jours à 40°C. À l'aide d'un broyeur à café, une poudre des trois plantes testées a été obtenue et conservée à l'obscurité dans des boîtes en verre. Une quantité de 100 g de poudre est ensuite diluée dans un litre d'eau distillée, puis chauffée sous agitation jusqu'à ébullition, une fois refroidie, le mélange a été filtré à l'aide de papier filtre (3MM). Le filtrat récupéré représente une solution stock initiale à 100 g/l. La concentration de matières végétales solubles dans les

extraits aqueux est déterminée par évaporation de l'eau des extraits aqueux en utilisant une étuve portée à 40°C pendant 48 h, jusqu'à l'obtention d'un résidu sec dont la quantité est exprimée en g. Les concentrations létales des résidus secs solubles dans l'eau sont ainsi exprimées en g/l.

#### 7.4. Réalisation des tests biologique

La méthodologie des bio-essais et la formule utilisée pour calculer le pourcentage de mortalité sont inspirées des techniques normales de test de sensibilité (OMS, 1963). Les larves du quatrième stade sont sélectionnées pour ce test. Dans chaque béccher, dix larves sont introduites dans 500 ml de solution. Avec un total de quatre répétitions pour chaque plante et un témoin pour chaque test. Le taux de mortalité est déterminé après 4h, 24h, 48h et 72h.

#### 7.5. Analyses

Les résultats obtenus sont modalisés à l'aide d'analyses statistiques, Les mortalités sont exprimées en pourcentage par la formule suivante:

$$\text{Taux de mortalité observé} = \frac{\text{Nombre des larves morte}}{\text{Nombre des larves introduites}} * 100$$

Le taux de mortalité observé est corrigé par la formule d'Abott (Abbott, 1987). Les analyses statistiques des données ont été réalisées par une analyse probit calculant la CL50 et la CL90 sur le progiciel SPSS version 23. Afin d'évaluer l'effet significatif de la plante, du traitement et du temps, les données ont été soumises à une analyse ANOVA à un facteur en utilisant Mintab, 2019. Les moyennes ont été séparées en utilisant le test HSD de Tukey. Le niveau d'acceptation de la signification statistique était p .05.

# **Chapitre III.**

## **Résultat et discussion**

### **Partie 1.**

#### **Typologie et évaluation spatio-temporelle**

La durée de vie d'un moustique est déterminée par son espèce, son activité, les facteurs climatiques ainsi que son alimentation et l'incidence de parasites et des prédateurs (Jetten et Takken, 1994). La distribution écologique, spatiale et temporelle de nombreuses espèces de moustiques est limitée par la préférence de l'habitat (Day, 2016). D'ailleurs, différentes espèces utilisent différents facteurs pour le choix des gîtes de ponte (Bidlingmayer, 1974). Cette partie est une étude de la distribution, typologie et évolution des espèces culicidiennes de la région de Tizi-Ouzou.

### 1.1. Structure de la faune culicidienne

L'inventaire des culicidés dans la région de Tizi-Ouzou est réalisé sur une période de deux ans, dans différents gîtes d'études.

**Tableau 03.** Inventaire global des espèces de Culicidae recensées dans la région de Tizi-Ouzou.

Sous famille	Genre	Espèce	Individus	
Culicinae	<i>Culex</i>	<i>Culex pipiens</i> Linné 1758	7579	
		<i>Culex hortensis</i> Ficalbi 1889	1798	
		<i>Culex impudicus</i> Ficalbi 1890	156	
		<i>Culex mimeticus</i> Noé 1899	35	
		<i>Culex theileri</i> Theobald 1903	57	
		<i>Culex perexiguus</i> Theobald 1903	460	
		<i>Culex laticinctus</i> Edwards 1913	4	
	<i>Culiseta</i>	<i>Culiseta annulata</i> Schrank 1776	6	
		<i>Culiseta longiareolata</i> Macquart 1838	3754	
	Anophelinae	<i>Aedes</i>	<i>Aedes caspius</i> Pallas 1771	2
			<i>Aedes vexans</i> Meigen 1830	3
		<i>Anopheles</i>	<i>Uranotaenia unguiculata</i> Edwards 1913	1
			<i>Anopheles claviger</i> Meigen 1804	245
		<i>Anopheles labranchiae</i> Falleroni 1926	691	
		<i>Anopheles algeriensis</i> Theobald 1903	5	
<b>2</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	<b>14816</b>	

L'échantillonnage des larves des Culicidae dans la région de Tizi-Ouzou a permis la capture d'un total de 14816 individus. Ces derniers sont répartis en cinq genres, dont le plus fourni en espèces est le genre *Culex* avec un total de sept espèces suivi par les genres *Anopheles* et *Culiseta* avec trois espèces chacun. Parmi les 16 espèces inventoriées, *Culex pipiens* est l'espèce la plus abondante avec un total de 7579 individus, suivis par *Culiseta longiareolata* et *Culex hortensis* avec un effectif de 3754 et 1798 individus respectivement.

## 1.2. Richesse spécifique stationnelle

### 1.2.1. Gîtes permanents

La diversité spécifique maximale dans les gîtes permanents est de neuf espèces (Fig.21). La composition en espèces est comme suit: *Cs. Longiareolata*, *Cx. pipiens*, *Cx. hortensis*, *Cx. impudicus*, *An. labranchiae*, *An. claviger*, *Cs. Annulata*, *Cx. laticinctus*, *An. algeriensis*, *Cx. theileri*, *Cx. perexiguus*, *Ae. caspius* et *Cx. mimeticus*.

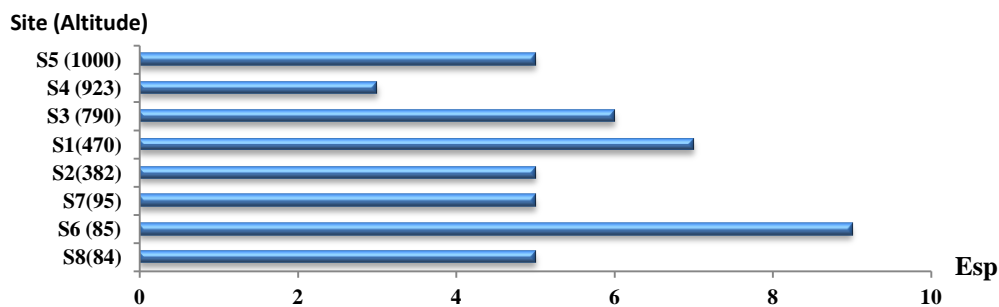


Figure 21. Richesse spécifique des gîtes permanents.

### 1.2.2. Gîtes saisonniers

Un total de 22 gîtes dont l'altitude variant de 54 à 940m, ont été retenus pour un suivi d'une durée de 3 mois. Une richesse stationnelle maximale avoisinant les sept espèces est observée dans deux gîtes S13 et S46 à une altitude avoisinant les 200m (Fig.22). Les espèces recensées dans ces gîtes sont *Cs. Longiareolata*, *Cx. pipiens*, *Cx. hortensis*, *Cx. impudicus*, *An. labranchiae*, *An. claviger*, *Ae vexans*, *Cx. perexiguus*, *Cx mimeticus*, *Cx. theileri*, *An. algeriensis* et *Cs. annulata*.

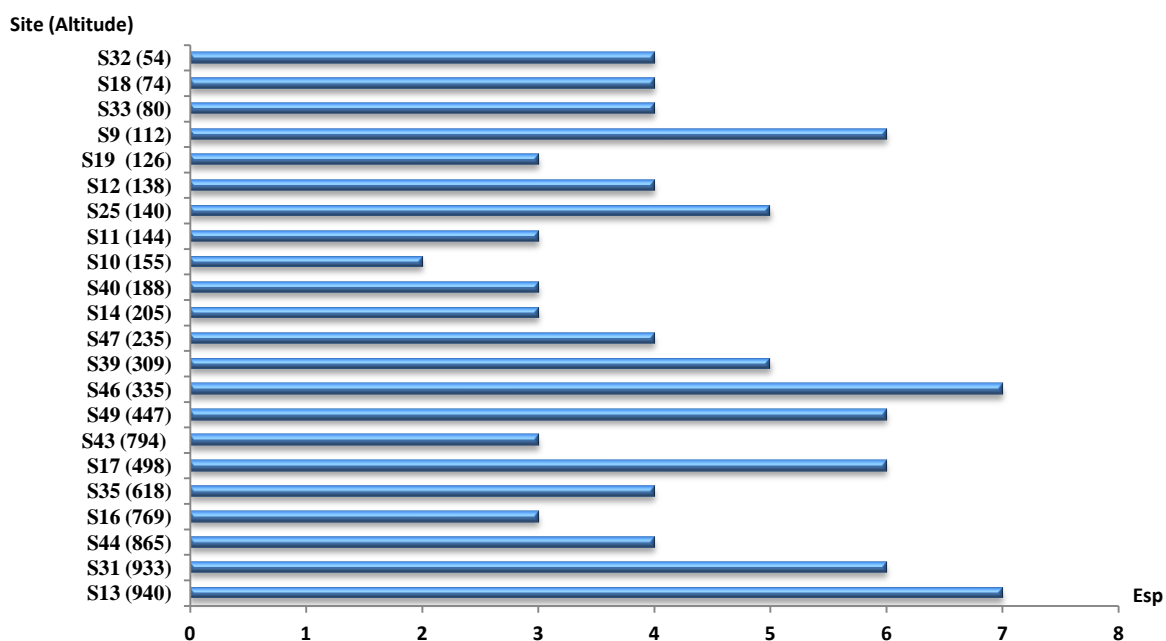


Figure 22. Richesse spécifique dans les gîtes saisonniers.

### 1.2.3. Gîtes temporaires

Un nombre de 21 gîtes dont l'altitude variait de 41 à 1345 m, ont été retenus pour un suivi de moins de 3 mois, une richesse spécifique maximale de cinq espèces est observée dans les gîtes (Fig.23). Les espèces recensées sont: *Cs. Longiareolata*, *Cx. pipiens*, *Cx. hortensis*, *Cx. impudicus*, *An. labranchiae*, *An. claviger*, *Ae. vexans*, *Cx. perexiguus* et *Cs. fummipennis*.

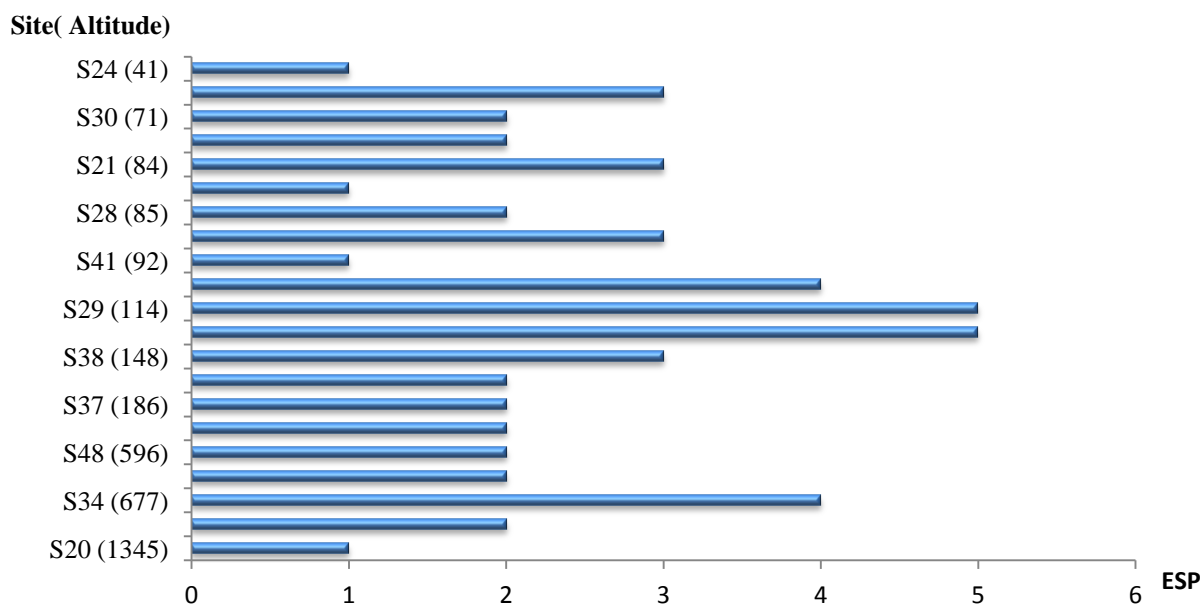
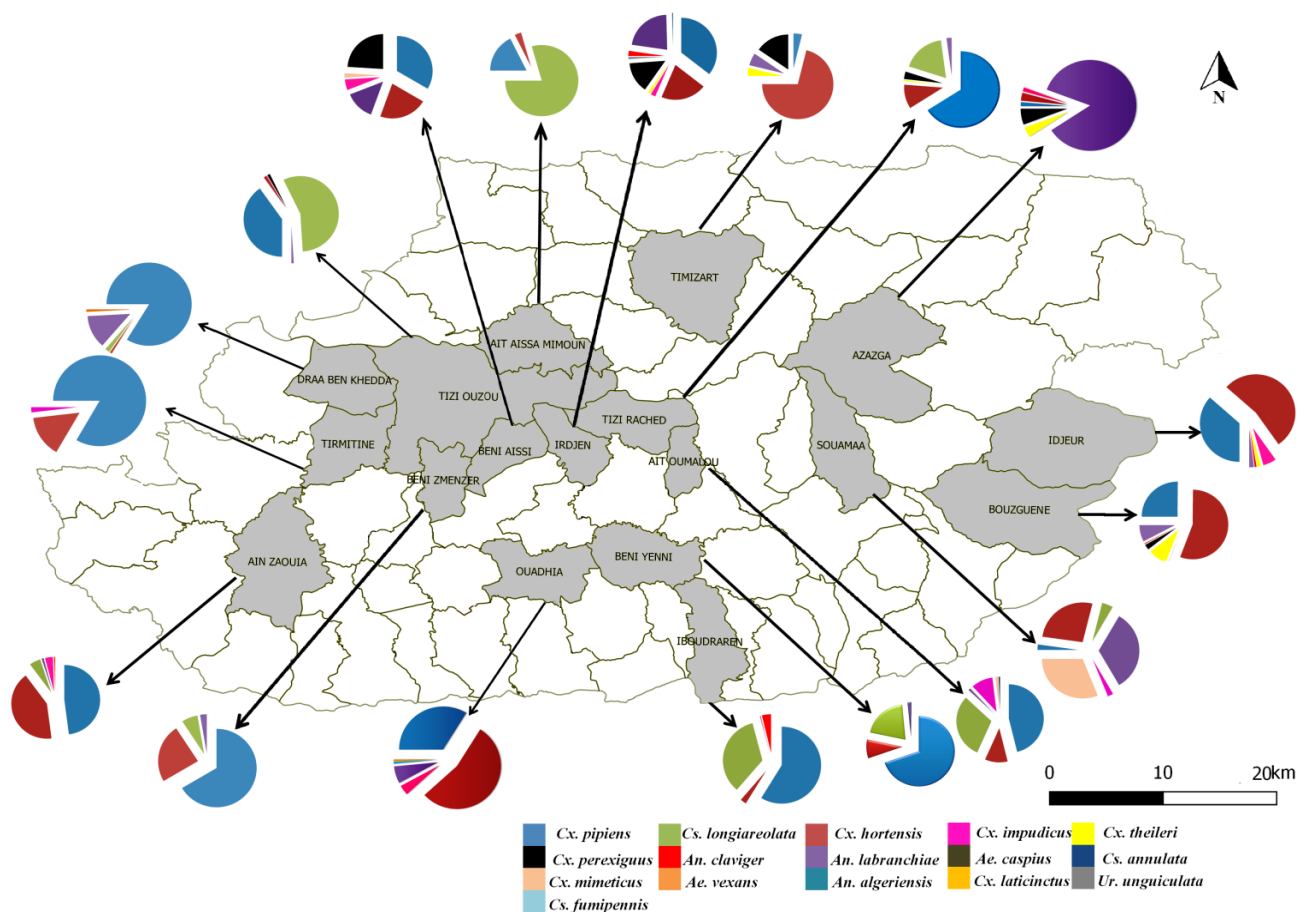


Figure 23. Richesse spécifique dans les gîtes temporaires.

### 1.3. Abondance culicidienne dans les stations

L'abondance des espèces de moustiques recensées dans les vingt stations d'études est représentée dans la figure 24 (annexe 5). Un total de quatre espèces dominant dans une à plusieurs stations. C'est le cas de *Cx. pipiens*, qui est abondante dans les stations suivantes: Tirmatine (83.33%), D.B.K (83.7%), Iboudraren (58.7%), Ath Yenni (69.8%), Ath Zmenzer (66%), Tizi rached (65.9%) et Ain Zaouia (48%). *Cs. longiareolata* est plutôt abondante au centre ville dans les stations Tizi-Ouzou et Ait Aissa Mimoun avec 56.7 % et 79.41% chacune. Dans la région d'Azazga, c'est *An. labranchiae* qui domine avec 85.11%, tandis que *Cx. hortensis* est plus abondante dans les stations de Timizart (71%), Bouzguene (55%) et Ouadhias (52%).



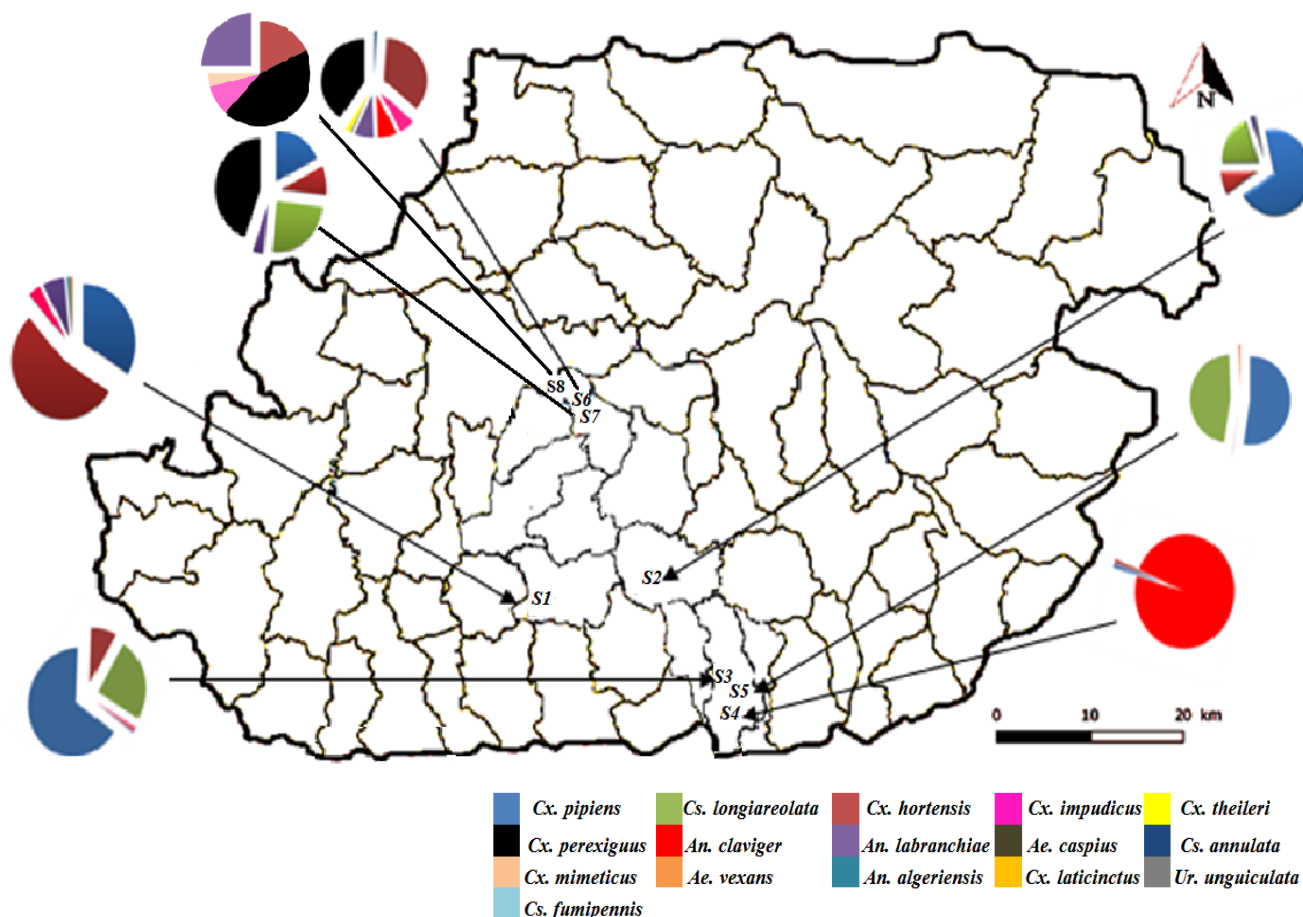
**Figure 24.** Composition et abondance culicidienne dans les stations d'études.

Pour mieux visualiser la distribution et les abondances des espèces au niveau des 51 sites étudiées, la succession d'espèces en partant des plus abondantes aux plus rares, sont classées en fonction de la pérennité des gîtes. Cette distribution illustre les abondances culicidiennes dans les gîtes permanents, saisonniers et temporaires.

### 1.3.1. Abondance culicidienne dans les gîtes permanents

**Dans le gîte 1**, un nombre de 271 individus répartis entre sept espèces est enregistré, l'espèce la plus abondante est *Cx. hortensis* avec 52.77% suivi par *Cx. pipiens* avec 32.84%, *An. labranchiae* avec 6.27%, *Cx. impudicus* avec 3.69 % et *An. claviger* avec 2.95% suivi de loin par *Ae. caspius* et *Cs. annulata* avec 0.74 % chacune.

**Dans le gîte 2**, un total de 599 individus répartis en cinq espèces sont récoltés, *Cx. pipiens* domine avec 69.78% suivis par *Cs. longiareolata* avec un taux de 20.20%, *Cx. hortensis* (8.51%), *An. labranchiae* (1.17%) et *Cx. laticinctus* (0.33%).



**Figure 25.** Composition et abondance culicidienne des gîtes permanents.

**Dans le gîte 3**, un effectif de 1468 individus de Culicidae répartis en 6 espèces est observé. *Cx. pipiens* est l'espèce dominante avec un taux de 65.3%, suivi par *Cs. longiareolata* avec un taux de 25%.

**Dans le gîte 4**, trois espèces uniquement sont recensées, *An. Claviger* est l'espèce dominante avec un taux de 98%, suivi de loin par *Cs. longiareolata* et *Cx. hortensis* avec seulement 1% chacune.

**Dans le gîte 5**, avec un total de 1925 individus est capturé, l'abondance relative des espèces dans ce gîte varie entre 0.1% et 52.6%, *Culex pipiens* (52.6%) et *Cs. longiareolata* (46.8%) sont dominantes, suivi de loin par *Cx. hortensis* (0.1%), *Cx. mimeticus* (0.2%), *An. claviger* (0.3%).

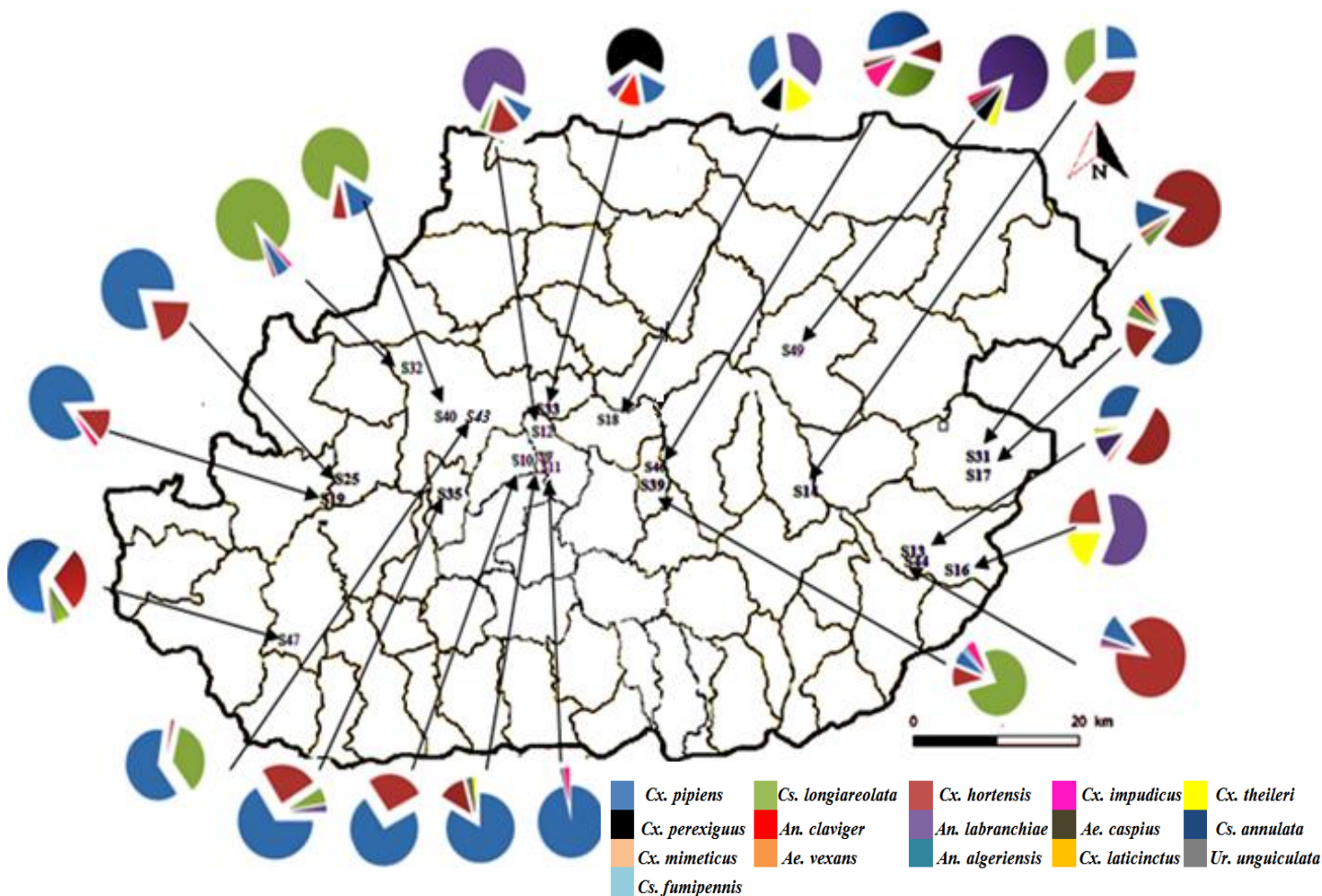
**Dans le gîte 6**, neuf espèces sont inventoriées, l'espèce la plus abondante est *Cx perexiguus* (40.7%), suivi par *Cx. hortensis* (35.5%), *An. labranchiae* (7.5%), *An. claviger* (6.8%), *Cx. impudicus* (6.1%), *Cx. theileri* (1.7%), *Cx. pipiens* (1%), *An. algeriensis* (0.5%) et *Ur. unguiculata* (0.2%).

Dans le **gîte 7**, un total de 201 individus répartis entre cinq espèces sont inventoriées, l'espèce la plus abondante est *Cx perexiguus* (50%), suivi par *Cx. hortensis* (28,5%), *An. labranchiae* (4,4%), *Cx. impudicus* (14,6%), *Ae. caspius* (2,5%).

Dans le **gîte 8**, L'abondance relative des espèces varie entre 44.44% et 9.26%, avec un total de cinq espèces et un effectif globale de 121 individus, l'espèce la plus abondante est *Cx. perexiguus* (44.44%), suivi par *An. labranchiae* (25%), *Cx. hortensis* (17.59%), *Cx. impudicus* (9.26%), *Cx. mimeticus* (3.7%).

### 1.3.2. Abondance culicidienne dans les gîtes saisonniers

Un total de 383 individus répartis en six espèces sont recensés dans le **gîte 09**, l'espèce dominante est *Cx. pipiens* (83.6%). Dans le **gîte 13**, sept espèces sont inventoriées, la plus abondante est *Cx. hortensis* (52.5%), suivi par *Cx. pipiens* (34%) et *An. labranchiae* (11.3%). Dans le **gîte 17**, 114 individus répartis en six espèces sont recensées, l'espèce dominante est *Cx. pipiens* (68%), suivi par *Cx. hortensis* (18%).



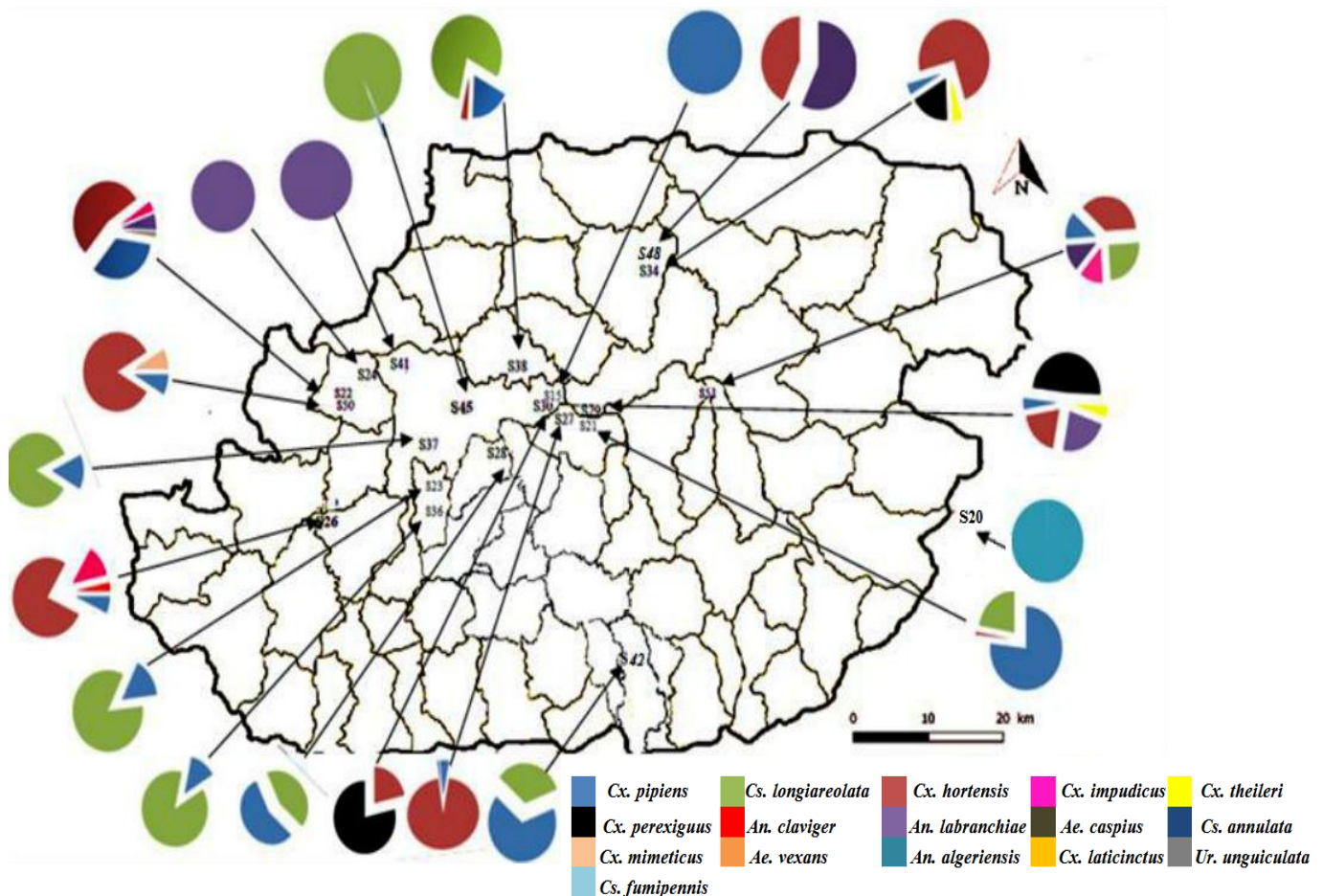
**Figure 26.** Composition et abondance des espèces culicidiennes dans les gîtes saisonniers.

Un nombre de 143 individus répartis en six espèces sont inventoriées dans le **gîte 31**, l'espèce la plus abondante est *Cx. hortensis* (82%), suivi par *Cx. pipiens* (12%). Un effectif de 165 individus appartenant à cinq espèces sont recensées dans le **gîte 39**, *Cs. longiareolata* est l'espèce la plus abondante avec un total de 77%.

Un total de 475 individus réparti en sept espèces sont recensés; dans **gîte 46**, l'espèce abondante est *Culex pipiens* (59.8%), suivi par *Cs. Longiareolata* (14.1%), *Cx. impudicus* (11.8%). Dans le **gîte 49**, l'espèce abondante est *An. labranchiae* (85.11%), suivi par *Cx. perexiguus* (5.67%).

### 1.3.3. Abondance dans les gîtes temporaires

Dans Les milieux temporaires, un maximum de cinq espèces est recensé. *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* sont dans la plupart des gîtes, les espèces les plus ubiquistes. *Culex pipiens* est recensé à des pourcentages importants dans les gîtes S48 (57%), S42 (67%), S21 (77%), S22 (97%), S28 (57%). Tandis que les espèces telles que *Cx. perexiguus* et *Cx. hortensis* sont plus abondante dans les gîtes (26, 29, 30, 34). Hors que des espèces telles qu'*An. labranchiae* et *Cs. fumipennis* sont abondante dans un à deux gîtes uniquement.



**Figure 27.** Composition et abondance culicidienne des gîtes d'études temporaires.

### 1.4. Typologie des gîtes

L'abondance et la distribution des moustiques sont étroitement liées aux gîtes larvaires qui sont favorables à leur reproduction. Le choix du gîte est influencé par des conditions mésologiques diverses. Certains des paramètres tels que le type de milieu, l'altitude, présence d'une végétation bordante, la turbidité et la pérennité de l'eau du gîte sont retenus pour mieux caractériser les milieux étudiés. Le tableau suivant est donc une synthèse des caractéristiques physiques des gîtes favorable à la ponte des Culicinae et Anophelinae.

**Tableau 04.** Nombre et pourcentages des caractéristiques physiques des gîtes de ponte favorable à la présence des culicidae.

Caractéristiques physiques		Positif pour les moustiques % (total)	Positif pour Culicinae % (total)	Positif pour les Anophelinae % (total)
Type	Citerne	12 (6)	100 (6)	17 (1)
	Canal	12 (6)	83 (5)	83 (5)
	Fosse	8 (4)	100 (4)	100 (4)
	Mare	37 (19)	97 (18)	63 (12)
	Bord de rivière	12 (6)	100 (6)	50 (3)
	Réservoir	12 (6)	100 (6)	83 (5)
	Puit	8 (4)	100 (4)	50 (2)
Présence de végétation	Non	41 (21)	95 (20)	48 (10)
	Oui	59 (30)	97 (29)	70 (21)
Saisonnalité	Permanent	14 (7)	100 (7)	100 (7)
	Saisonnier	47(24)	100 (24)	67 (16)
	Temporaire	39 (20)	90 (18)	45 (9)
Exposition au soleil	Ombagé	14 (7)	100 (7)	57 (4)
	Ensoleillé	86 (44)	100 (42)	63 (28)
Nature	Urbain	20 (10)	100 (40)	40 (4)
	Rural	80(41)	22 (9)	46 (19)
Altitude	41-476m	65 (33)	94 (31)	27 (9)
	476-910m	25(13)	100 (13)	31 (4)
	910-1345m	10 (5)	100 (5)	80 (4)
Turbidité	Claire	90 (46)	98 (45)	65 (30)
	Turbide	10 (5)	80 (4)	40 (2)

*Pourcentage des sites positifs (Total des sites positifs)*

Au total, 51 gîtes larvaires ont été identifiés dans les 20 communes prospectées. Ces gîtes ont été regroupés en six catégories. Il s'agit des mares (37%), des canaux (12%), fosses de drainages (8%), bords de rivière (12%), des citerne et bidons usés (12%) et des puits (8%).

Les mares ont été les gîtes les plus fréquents, tandis que les puits étaient les gîtes les moins fréquents. Les sites favorables à la reproduction des Culicinae étaient les plus abondants par rapport aux autres types d'habitats larvaires positifs, ce qui est dû à la grande plasticité de cette sous-famille dans la colonisation d'écosystèmes diversifiés. Tandis que la sous famille des Anophelinae affiche une préférence pour les fosses (100%), les réservoirs et les canaux de drainages (83%), ces espèces préfèrent les gîtes ensoleillés (63%), aux eaux claires (65%), plutôt riches en végétation (70%).

#### 1.4.1. Préférence typologiques des espèces

Les espèces telles que *Cx. pipiens*, *Cx. hortensis*, *Cx. impudicus* et *An. labranchiae* sont recensées dans tous types de gîtes. *Cx. mimeticus* est présente dans trois types de gîtes (mare, canal de drainage et bord de rivière), toutefois, elle est plus abondante aux abords de rivière. *An. algeriensis* est recensée dans les canaux de drainages et les mares, c'est le cas aussi pour *Cx. theileri* et *An. labranchiae* recensées en grand nombre dans les mares. Les larves de *Cx. laticinctus* semblent avoir une spécificité pour les réservoirs et mares, tandis que *Cs. fumipennis* est signalé uniquement dans une mare.

**Tableau 05.** Préférence typologique des espèces de moustiques recensées.

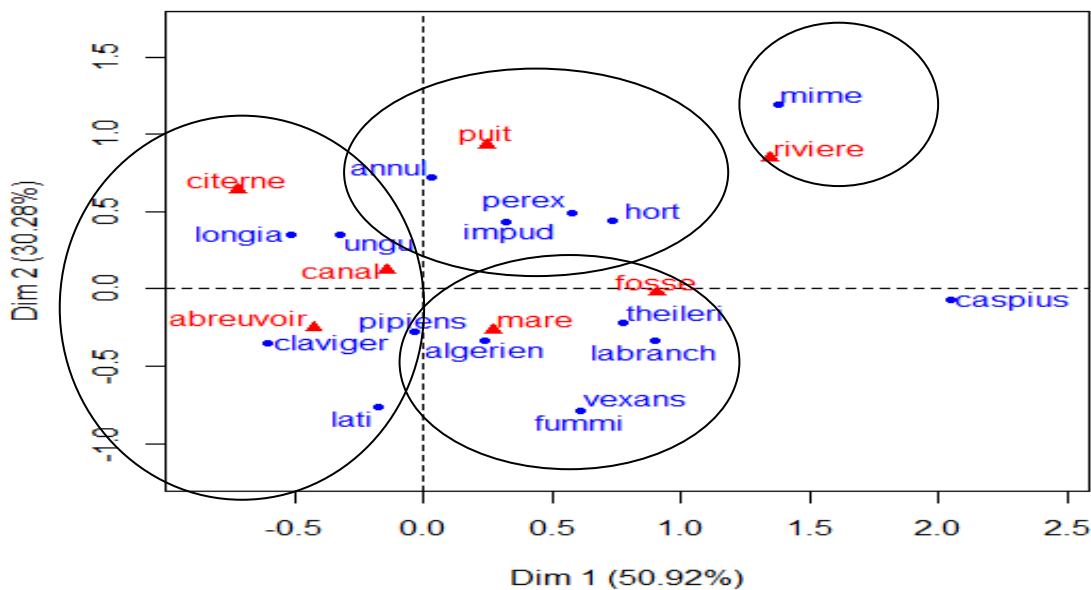
Espèce	Citerne	Canal	fosse	Bord de rivière	Réservoir	Puit	Mare	Total
<i>Culex pipiens</i>	6 (22%)	5 (42.7%)	3 (39.4%)	5(7%)	5 (63.3%)	4 (9%)	15 (60.9%)	43 (84.31%)
<i>Culex hortensis</i>	4 (6.2%)	4 (11.7%)	3 (32.7%)	5 (64.6%)	5 (4.3%)	3 (32.8%)	13 (11.8%)	37 (72.85%)
<i>Culex impudicus</i>	1 (0.8%)	3 (2.7)	2 (1.8%)	1(4.2%)	1 (0.1%)	2 (0.6%)	6 (0.6%)	16 (31.37%)
<i>Culex mimeticus</i>	-	2 (0.4%)	-	-	-	-	2 (0.4%)	4 (7.84%)
<i>Culex theileri</i>	-	1 (0.2%)	1 (0.7%)	1(1.1%)	-	2 (0.6%)	6 (0.9%)	11 (21.57%)
<i>Culex perexiguus</i>	-	1 (5.4%)	1 (1.1%)	2(15.2%)	-	2 (13.1%)	4 (3.5%)	10 (19.61%)
<i>Culex laticinctus</i>	-	-	-	-	1 (0.1)	-	1(0.1%)	2 (3.92%)
<i>Culiseta annulata</i>	1	1 (0.1%)	1 (0.3%)	-	-	-	-	3 (5.58%)
<i>Culiseta longiareolata</i>	6 (70.4%)	3 (34.1%)	1 (3.2%)	1 (0.8%)	4 (27.5%)	2 (40.3%)	7 (11.7%)	24 (47.06%)
<i>Culiseta fumipennis</i>	-	-	-	-	-	-	1 (0.4%)	1 (1.96%)
<i>Aedes caspius</i>	-	-	1 (0.3%)	-	-	-	-	1 (1.96%)
<i>Aedes vexans</i>	-	-	-	-	-	-	2 (0.1%)	2 (3.92%)
<i>Uranotaenia unguiculata</i>	-	1 (0.1%)	-	-	-	-	-	1 (1.96%)
<i>Anopheles claviger</i>	-	2 (1.1%)	1 (1.1%)	1 (1.1%)	2 (4.2%)	1 (2.1%)	2 (0.1%)	9 (17.65%)
<i>Anopheles labranchiae</i>	1 (0.5%)	4 (1.5%)	3 (19.5%)	21(5.9%)	4(0.5%)	2 (1.3%)	12 (9.4%)	28 (54.9%)
<i>Anopheles algeriensis</i>	-	1 (0.1%)	-	-	-	-	1 (0.1%)	2 (3.92%)

### 1.5. Analyse biotypologique (matrice espèce / type de gîte)

Afin de confirmer les préférences typologiques de ces espèces, une analyse factorielle des composantes est exploitée, les données sont sous format d'une matrice (espèce/ type de gîte), le traitement de cette matrice a fourni un plan factoriel F1×F2, dont les axes totalisent un pourcentage d'inertie de l'ordre de 81.2% (F1= 30.28%, F2= 50.92%) ce qui permet de ressortir une information significative sur la distribution typologique des espèces, l'axe F1 séparé donc les données en deux groupes:

**Groupe 1:** comporte les espèces *Cx. hortensis* et *Cx. impudicus*, *An. labranchiae*, *Cx. perexiguus*, *Cx. theileri*, *An. algeriensis*, *Ae. vexans*, *Ae. caspius* *Cs. annulata*, qui affirment une préférence pour les mares, fosse, rivière et puits.

**Groupe 2:** comporte les espèces *Cs. longireolata*, *An. claviger*, *Cx. laticinctus*, *Ur. unguiculata* et *Cx. pipiens* qui préfèrent les abreuvoirs, canaux de drainages et citernes.



**Figure 28.** Distribution des espèces selon la typologie du milieu sur le plan factorielle F1×F2.

On distingue aussi la position extrême de *Cx. mimeticus* par rapport à l'axe F1, indiquant sa préférence pour les bordures de rivières. Le reste des espèces ont une position médiane, celles-ci sont présentes dans différents type de gîtes où elles cohabitent, toutefois, il existe des sous groupes. Les espèces réunis dans quadrant supérieur droit (*Cs. Longireolata*, *Ur. unguiculata* et *Cs. annulata*) constituent un groupement d'espèces inféodées aux plans d'eaux artificiels. Les puits combinent un ensemble d'espèces telles que *Cx. perexiguus*, *Cx. hortensis*, *Cx. impudicus*. Les espèces telles que *Cx. theileri*, *An. labranchiae*, *An. algeriensis*,

*Ae. vexans* et *Cs. fumipennis* cohabitent et préfèrent les mares et les fosses qui sont généralement des gîtes peu ou pas profonds à végétations abondantes.

### 1.6. Type d'association

L'association globale des espèces décrit la relation statique entre toutes les espèces de la communauté et reflète ainsi la stabilité de la structure et de la composition des espèces. À partir de la matrice de corrélations de Spearman rho entre les différentes espèces recensées dans la région d'étude (annexe.7), nous avons observé des associations interspécifiques positives significatives et des associations interspécifiques négatives regroupées dans le tableau 6. Les associations significatives fortes sont celles enregistrées entre *Cx. longiareolata* et *Cx. pipiens*, *Cs. annulata* et *Ae. caspius* avec *An. algeriensis* et *Ur. unguiculata* ainsi qu'entre *Cx. theileri* et *Cx. perexiguus*.

**Tableau 6.** Les associations significatives positives et négatives basées sur les corrélations de Spearman.

Association positive significative	Association négative significative
<i>Cx. longiareolata</i> - <i>Cx. pipiens</i>	<i>Cx. pipiens</i> - <i>Cx. mimeticus</i>
<i>Cx. impudicus</i> - <i>Cx. hortensis</i>	<i>Cx. pipiens</i> - <i>Cs. fumipennis</i>
<i>Ae. caspius</i> - <i>An. claviger</i>	<i>Cs. fumipennis</i> - <i>Cx. hortensis</i>
<i>An. claviger</i> - <i>Ur. unguiculata</i>	<i>Ae. vexans</i> - <i>Cx. hortensis</i>
<i>Cx. theileri</i> - <i>An. labranchiae</i>	<i>Cs. longiareolata</i> - <i>Cx. perexiguus</i>
<i>Cx. perexiguus</i> - <i>An. labranchiae</i>	
<i>Cs. annulata</i> - <i>Ae. caspius</i>	
<i>Cs. annulata</i> - <i>Cx. mimeticus</i>	
<i>An. algeriensis</i> - <i>Cx. laticinctus</i>	
<i>An. algeriensis</i> - <i>Ur. unguiculata</i>	
<i>Ur. unguiculata</i> - <i>Cx. theileri</i>	
<i>Ur. unguiculata</i> - <i>Cx. perexiguus</i>	
<i>Cx. theileri</i> - <i>An. algeriensis</i>	
<i>Cx. theileri</i> - <i>Cx. perexiguus</i>	

### 1.7. Autoécologie des espèces inventoriées

En se basant principalement sur l'analyse biotypologique précédente mettant en évidence certains regroupements d'espèces et de stations, outre l'information de synécologie et cartographie, nous a permis de représenter des espèces inventoriées et ressortir certaines de leurs exigences et préférences en s'appuyant sur des formules bibliographiques.

#### 1.7.1. *Culex pipiens* Linnaeus 1758

*Cx. pipiens* L. est une espèce cosmopolite des plus répandues dans le Bassin méditerranéen (Amraoui et al., 2012; Trari et Dakki, 2017; Robert et al., 2019), particulièrement en Algérie (Lounci, 2003; Boudemagh et al., 2013; Amara Korba et al., 2016a). Dotée d'une grande plasticité écologique, elle s'accommode des gîtes les plus variés. Dans cette étude, elle est recensée dans un total de 43 gîtes dont elle colonise 37%, elle est généralement observée à grand effectif, en association avec *Culiseta longiareolata* dans les eaux artificielles polluées (canaux de drainages, abreuvoir) fortement chargées en matières organiques.

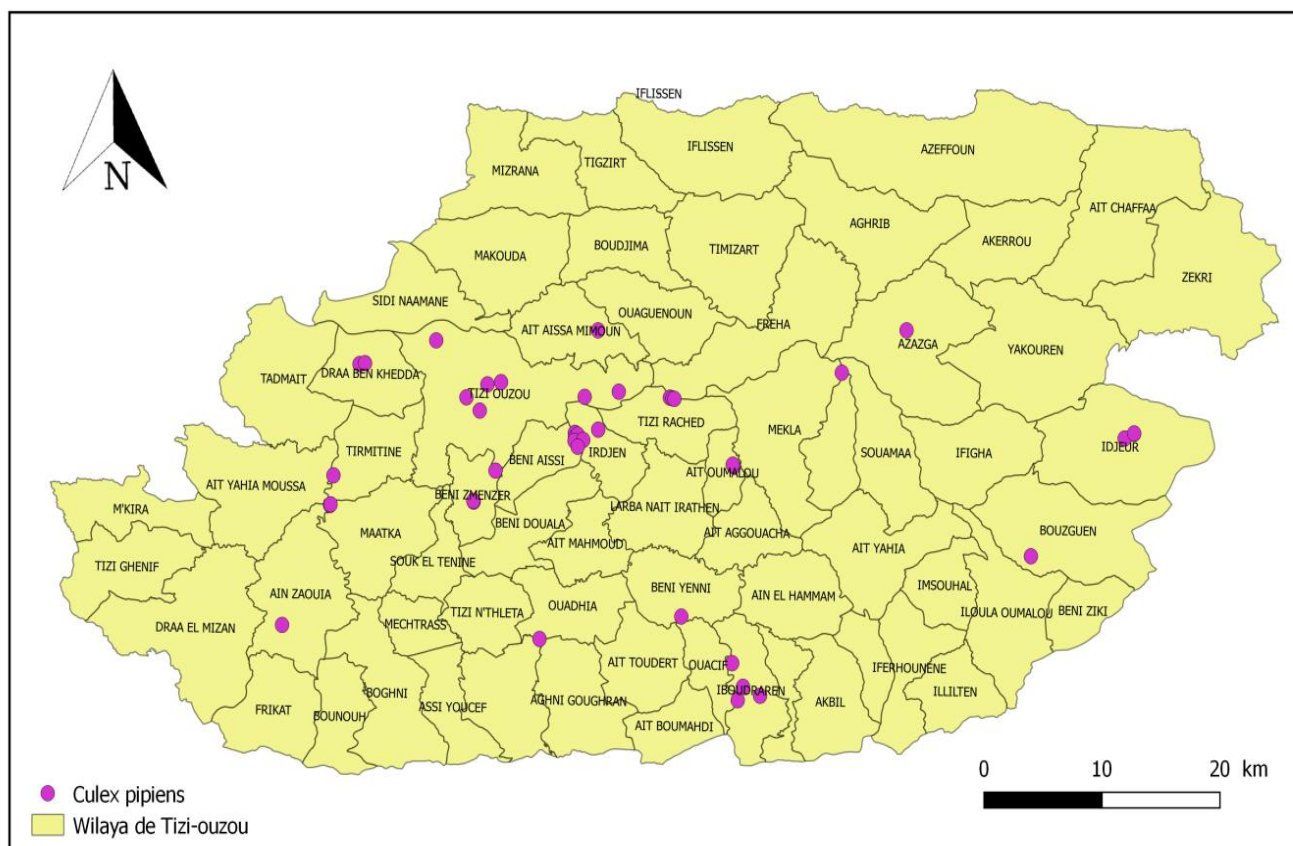


Figure 29. Répartition de l'espèce *Culex pipiens*.

### 1.7.2. *Culex hortensis* Ficalbi 1889

Les larves de *Culex hortensis* sont largement représentées dans tout le pays (Houmani et al., 2017; Hamaidia et Berchi, 2018; Merabti et al., 2021). Récoltés dans 37 gîtes, et abondante dans un total de six gîtes, ces larves auraient une nette préférence pour les mares à végétation abondante. Lounaci et al. (2016) l'ont d'ailleurs recensé aux alentours du barrage de Taksebt. Par contre, Messai et al. (2010) l'avaient recensée dans trois puits et trois bassins à l'Est du pays, tandis que Asloum et al. (2021) ont déclaré sa présence dans des bassins des régions de Msila et Boussaâda.

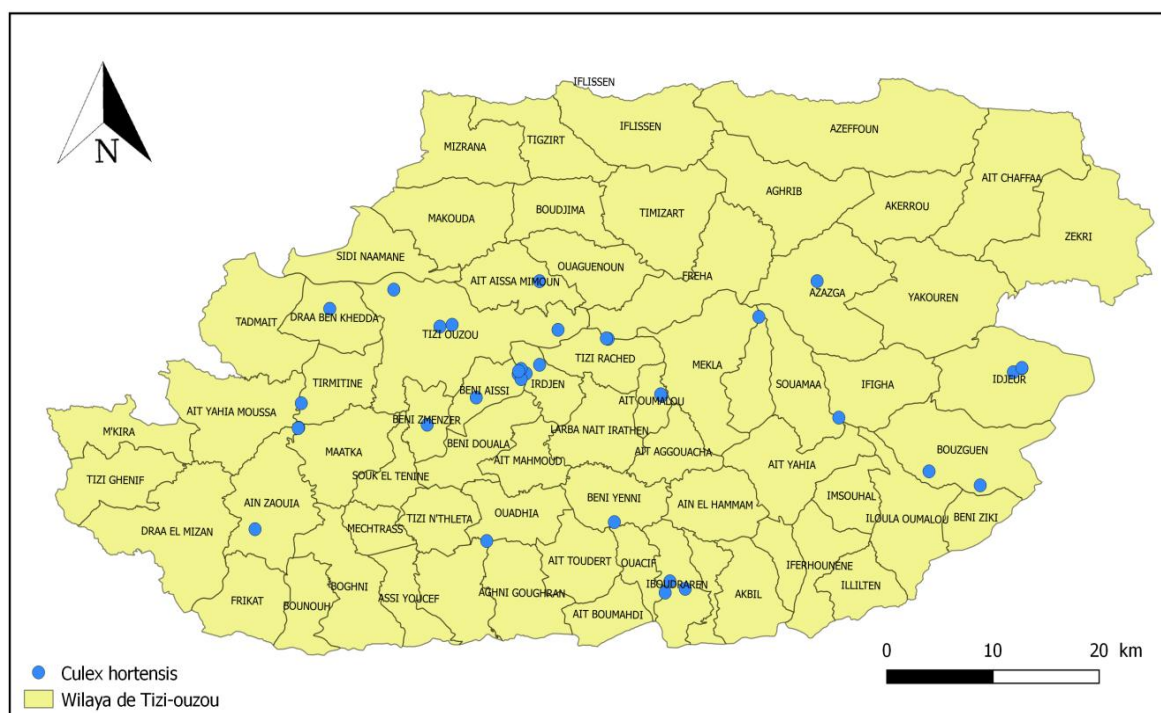


Figure 30. Répartition de l'espèce *Culex hortensis*

### 1.7.3. *Culex perexiguus* Theobald 1903

Les larves sont recensées dans une dizaine de collections d'eau de type stagnante telle que les marécages, les étangs avec une végétation émergente aux alentours du barrage de Taksebt et Oued Sébaou où elle est plutôt abondante. Cette espèce est inventoriée au Oasis du Sahara où elle semble dominer (Benbetka et al., 2018).

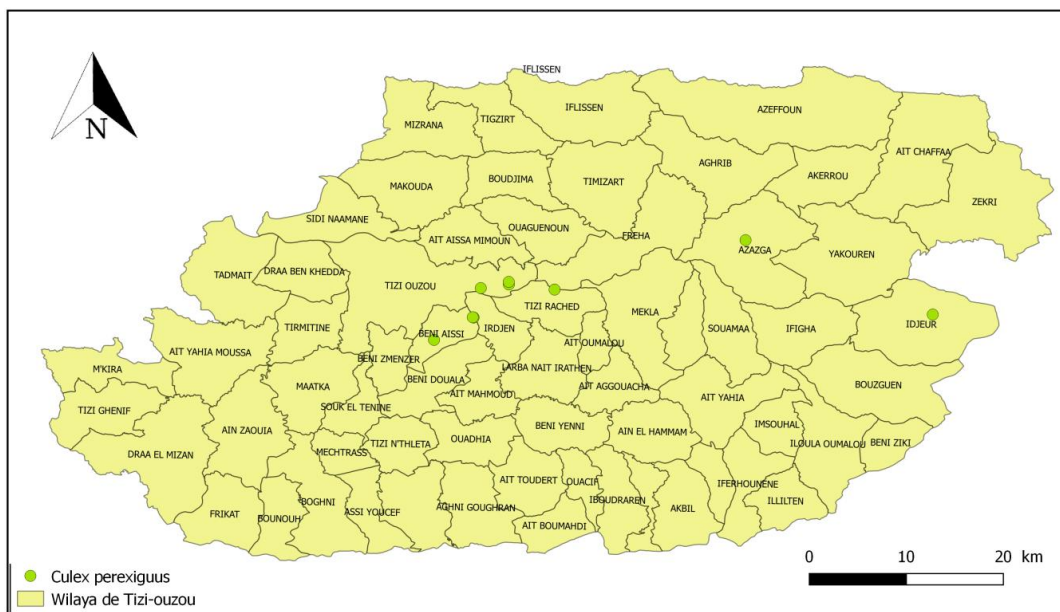


Figure 31. Répartition de l'espèce *Culex perexiguus*

#### 1.7.4. *Culex impudicus* Ficalbi 1890

Les larves de cette espèce sont recensées dans un total de 16 gîtes à eaux douces et stagnantes, généralement avec une végétation importante tel que des mares et dans des endroits bien ombragés mais surtout sur les bords de rivières et canaux. Elle est rencontrée dans plusieurs régions du pays (Lounaci et al, 2018; Robert et al., 2019).

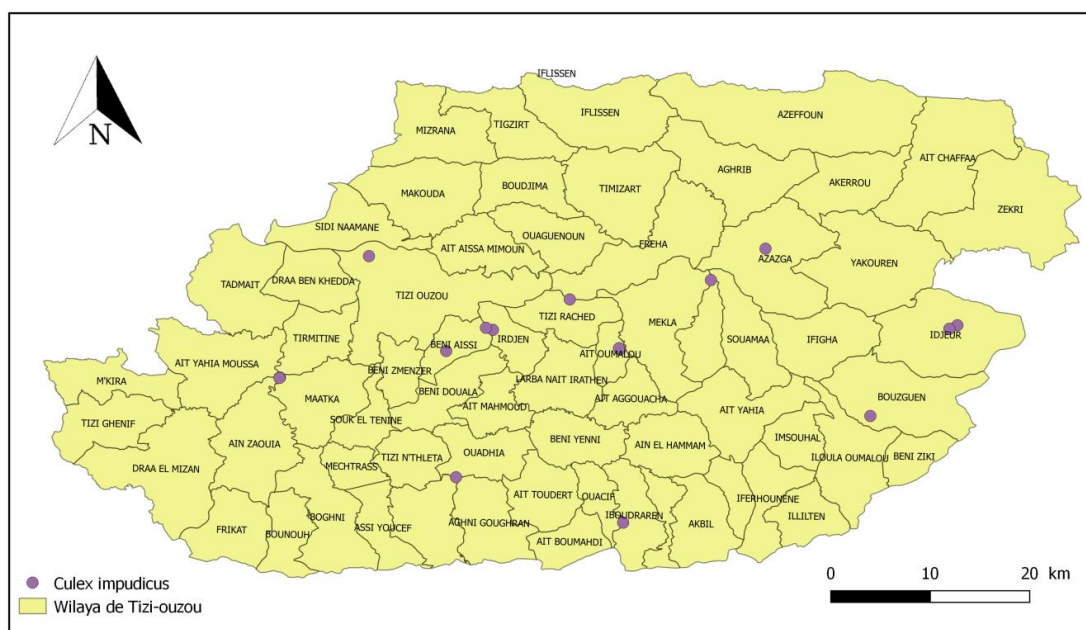


Figure 32. Répartition de l'espèce *Culex impudicus*

### 1.7.5. *Culex theileri* Theobald 1903

*Cx. theileri* marque une nette préférence pour les marécages riches en végétation, mais peut être présente dans des récipients artificiels. Dans cette étude, elle a été recensée dans 11 gîtes d'études. Cette espèce domine dans les Marécage, barrage d'eau, puits, bassin et marais de la région de Souk Ahras (Hamaidia et Berchi, 2018).



**Figure 33.** Répartition de l'espèce *Culex theileri*.

### 1.7.6. *Culex mimeticus* Noé 1899

Les larves sont recensées dans un total de quatre gîtes. Ces derniers sont de petites fosses peu profondes dans les cours d'eau asséchés et les lits de torrent riche en algues filamenteuses (S14, S7). Elle est mieux représentée dans les zones de moyenne à haute altitude.

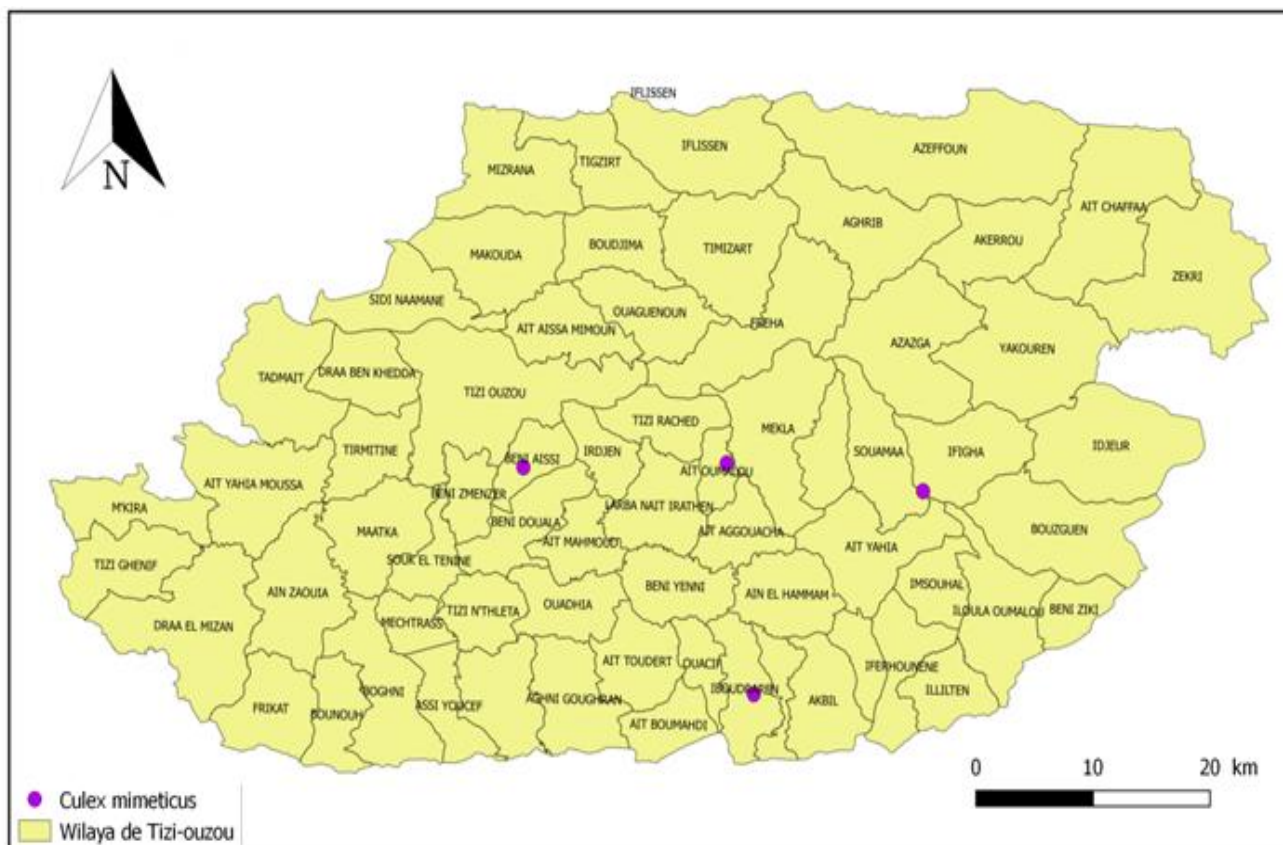


Figure 34. Répartition de l'espèce *Culex mimeticus*

#### 1.7.7. *Culex laticinctus* Edwards 1913

Les larves de cette espèce vivent généralement en eau douce, dans des bassins de cours d'eau, les bassins rocheux, les marécages ou les fossés. Nous avons recensé cette espèce dans deux gîtes uniquement, de nature différente, d'eau temporaire issue des pluies de fin de printemps (Fig. 35) où elle est en forte association avec *Anopheles algeriensis*, ainsi que dans un bassin d'eau durant l'été.



**Figure 35.** Répartition de l'espèce *Culex laticinctus*.

### 1.7.8. *Culiseta longiareolata* Macquart 1838

C'est une espèce commune largement répandue, elle est dotée d'une grande plasticité écologique, en effet, *Cs. longiareolata* fréquente divers gîtes larvaires. Recensée dans 24 gîtes, elle est abondante dans cinq qui sont de nature artificielle telle que les conteneurs, les réservoirs en béton, les barils et puits, elle est rarement observée dans les plans d'eaux naturels tels que les fossés et canaux de drainages.

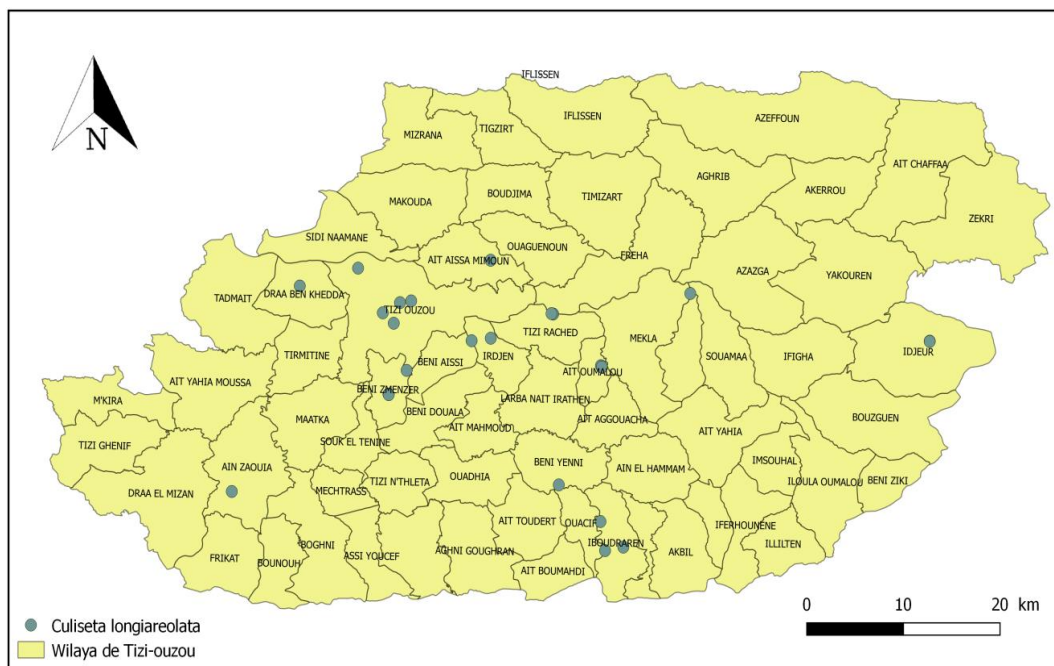


Figure 36. Répartition de l'espèce *Culiseta longiareolata*.

1.7.9. *Culiseta annulata* Schrank 1776

Les larves de cette espèce peuvent être trouvées dans des habitats d'eau douce, comme les fossés, les étangs ou les bassins de jardin ainsi que d'autres récipients artificiels tels que les tonneaux recueillant l'eau de pluie. On les trouve souvent en association avec les larves de *Cx. pipiens*.

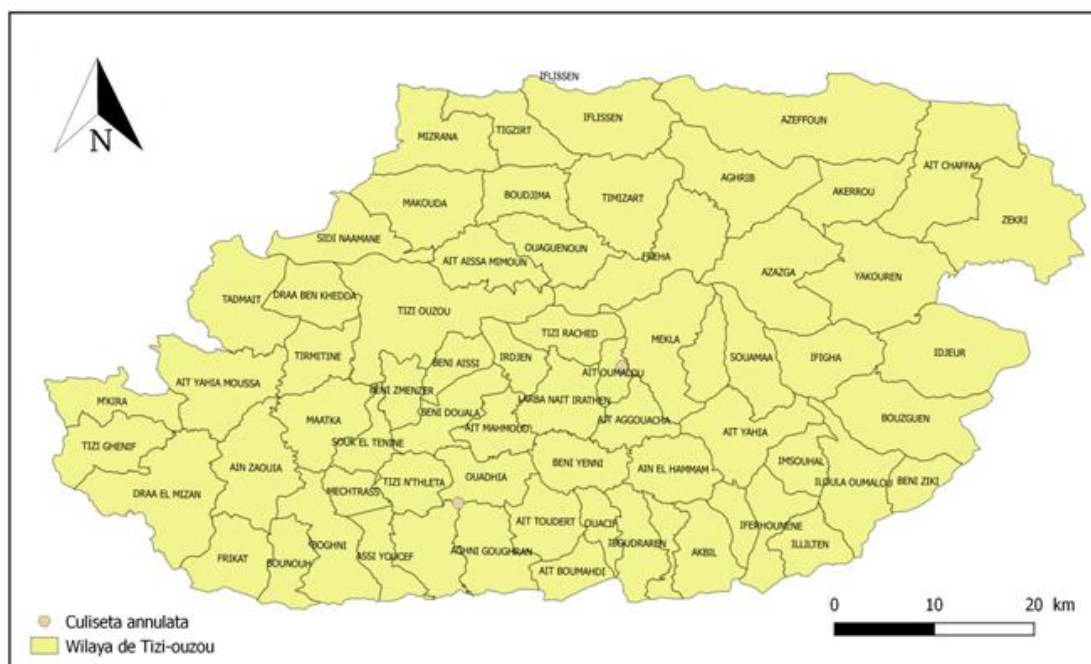
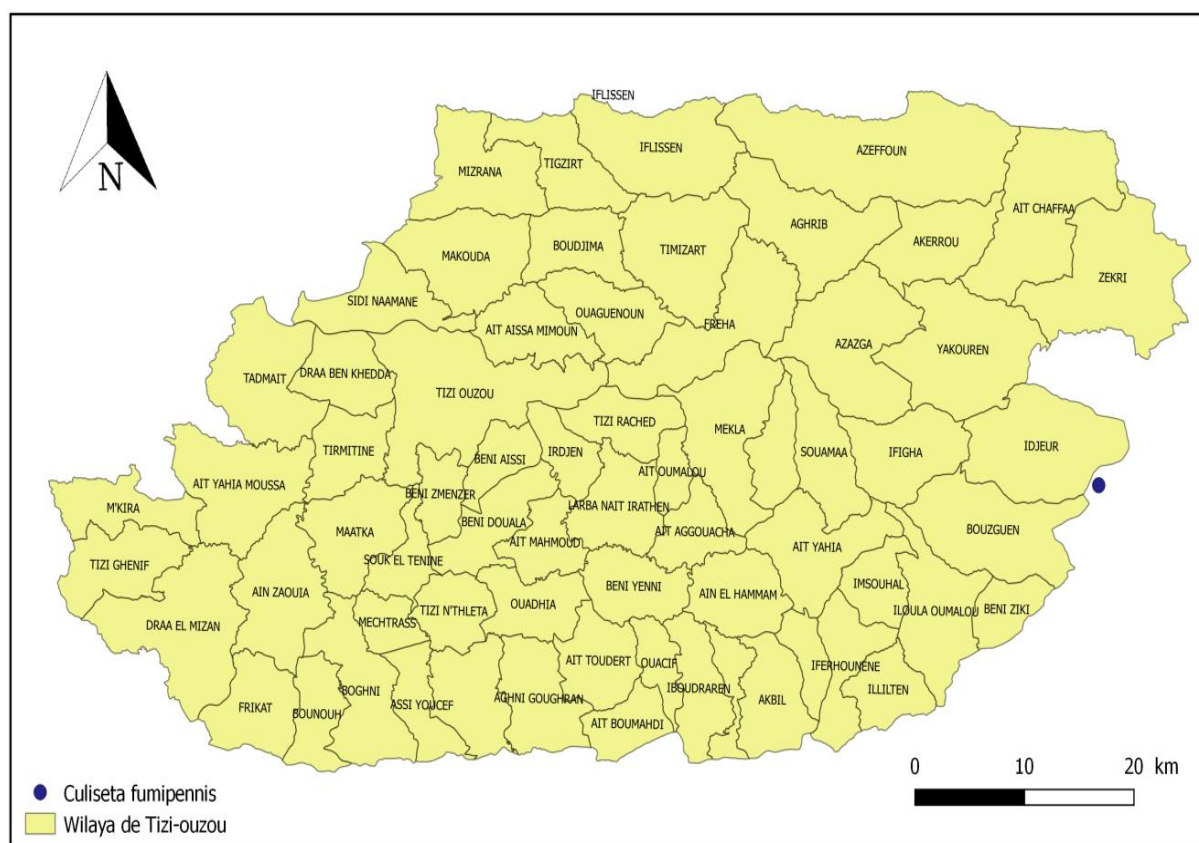


Figure 37. Répartition de l'espèce *Culiseta annulata*.

### 1.7.10. *Culiseta fumipennis* Stephens 1825

Contrairement à *Cs. longiareolata*, les larves de *Cs. fumipennis* sont peu fréquentes, elles ont une préférence pour les gîtes stagnants ensoleillés et couverts de végétation. C'est une espèce holarctique peu fréquentes en Algérie. Elle a été enregistrée pour la première fois dans le centre et l'est de l'Algérie par Senevet (1936, sous le nom de *Theobaldia fumipennis*), mais depuis, elle n'a été enregistré que par Hamaidia et *al.*, (2016) sur la base de collections réalisées dans le nord-est de la région de Souk Ahras. Durant notre étude, elle a été recensée en altitude durant le printemps (avril-Mai) au niveau du lac Urufel, dont le couvert végétale était riche en lentilles d'eau, situé en plaine forêt d'Akfadou, à quelque kilomètre de la wilaya de Tizi-Ouzou.



**Figure 38.** Répartition de l'espèce *Culiseta fumipennis*.

### 1.7.11. *Aedes caspius* Pallas 1771

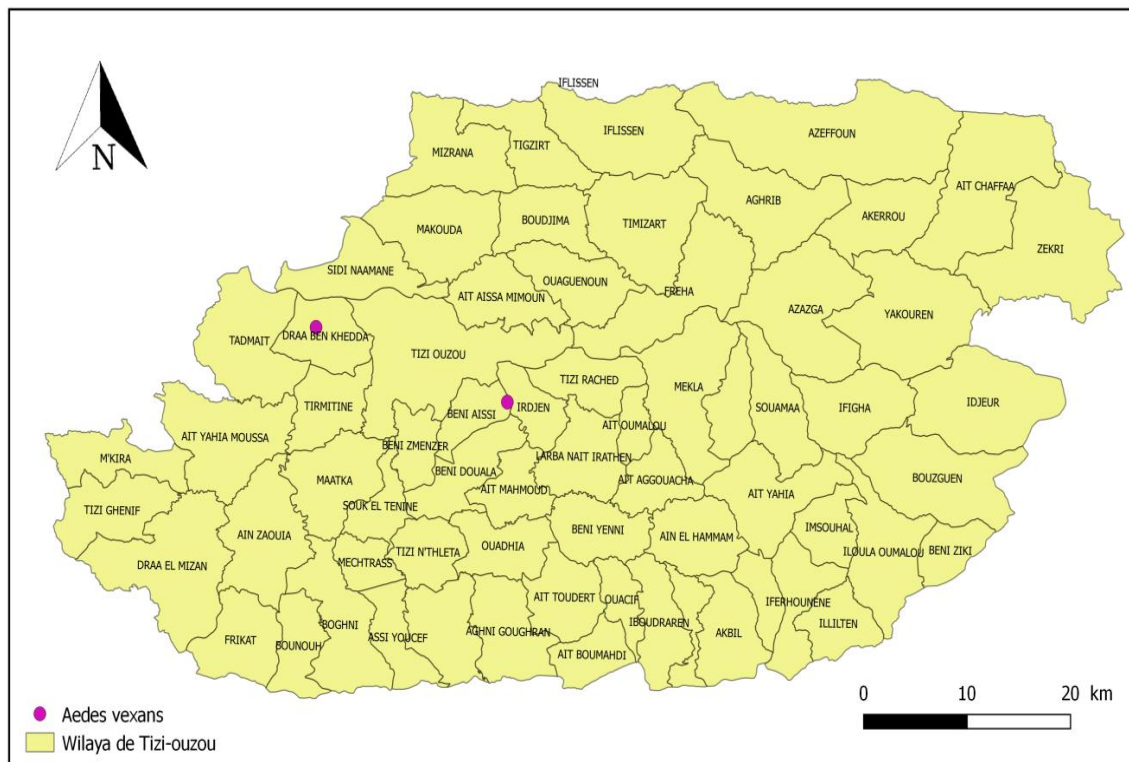
Reconnue pour la première fois à Biskra par Sergent et Sergent (1905), elle est recensée dernièrement dans la région de Sétif (Nabti et Bounechada, 2020). Les larves de cette espèce ont été récoltées d'une fosse à une altitude de 470 m durant le mois de juin.



**Figure 39.** Répartition de l'espèce *Aedes caspius*.

### 1.7.12. *Aedes vexans* Meigen 1830

*Ae. vexans* est une espèce polycyclique qui se reproduit principalement dans les zones inondées. En effet, elle a été prélevée d'un plan d'eau temporaire (S11) en zone riche en roseaux à proximité d'un Oued, et cela, après une inondation, elle a aussi été prélevée dans une rizière qui s'est formée après quelques jours de pluies.



**Figure 40.** Répartition de l'espèce *Aedes vexans*.

### 1.7.13. *Anopheles labranchiae* Falleroni 1926

C'est l'espèce la plus fréquente parmi les anophèles, et le seul membre du complexe *Maculipennis* trouvé en Algérie, son caractère est fortement domestique, elle prédomine dans les régions à densités humaines élevées. Les stades pré-imaginaux ont été recensés dans 25 gîtes différents où elle semble préférer les mares ensoleillées. Dans les sites entourés de végétation, elle présente un développement discontinu qui s'interrompt à l'automne. Alors que Senevet et Andarelli (1956) affirment que cette espèce est active toute l'année, Louah (1995) et Metge (1986) affirment son activité en printemps-été.

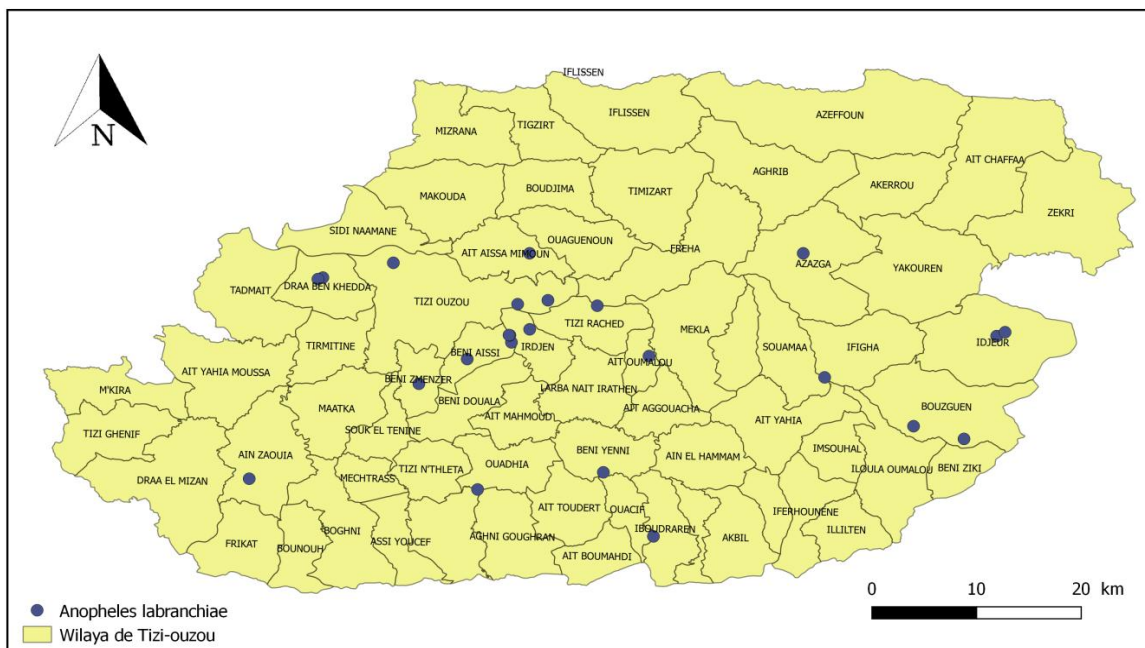


Figure 41. Répartition de l'espèce *Anopheles labranchiae*.

1.7.14. *Anopheles algeriensis* Theobald 1903

D'une manière générale, *An. algeriensis* est une espèce d'eau douce, mais peut parfois se rencontrer dans les gîtes halophiles (Becker et al., 2010). Nous l'avons recensé au début du printemps dans deux marécages à faible courant encombrés de végétation et de fossés herbeux.

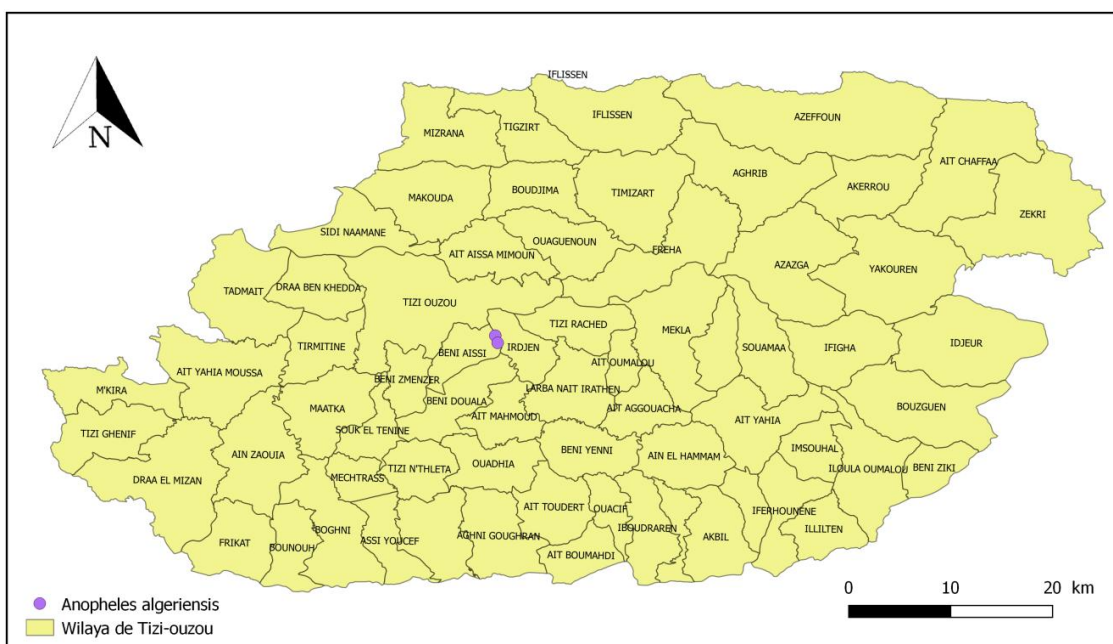
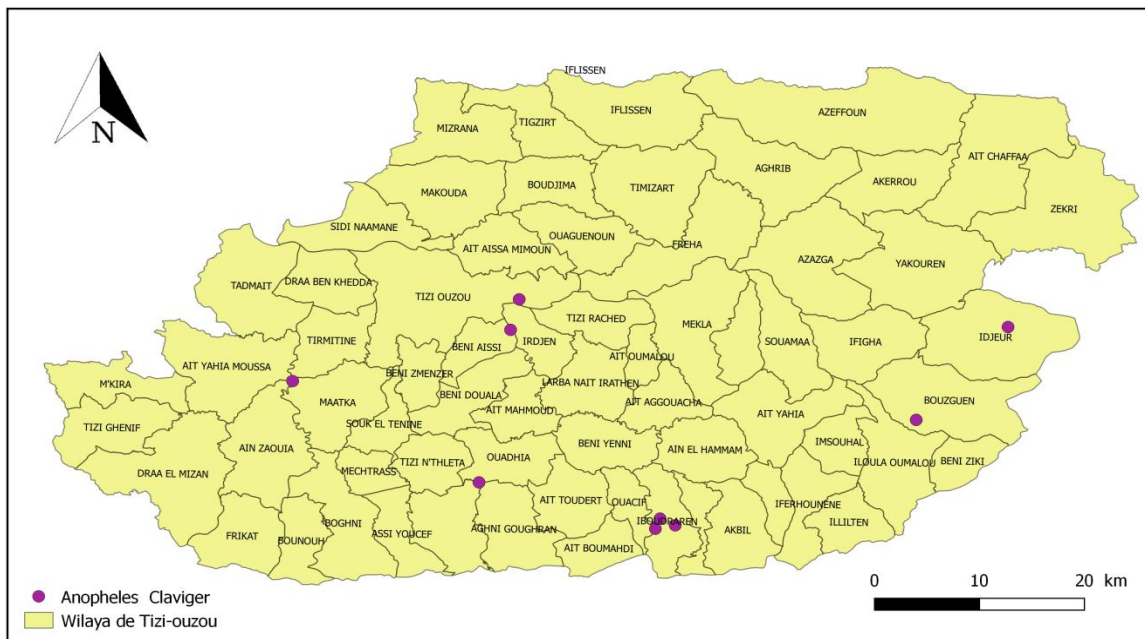


Figure 42. Répartition de l'espèce *Anopheles algeriensis*.

**1.7.15. *Anopheles claviger* Meigen 1804**

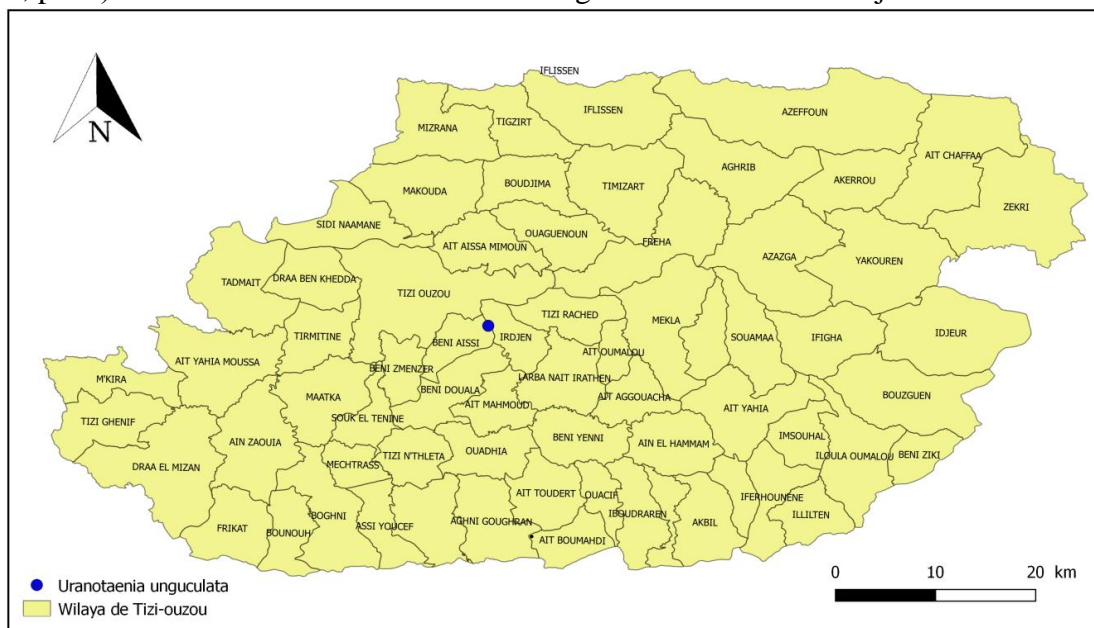
Cette espèce est présente dans neuf gîtes de nature ombragés, à des altitudes moyenne pouvant aller au-delà de 1000 m sur une période allant de novembre à Mars. La végétation ne semble pas être indispensable à son développement. Elle est signalée dans les travaux d'Arroussi et *al.*(2021).



**Figure 43.** Répartition de l'espèce *Anopheles claviger*.

**1.7.16. *Uranotaenia unguiculata* Edwards 1913**

Les larves d'*Ur. unguiculata* se développent dans les collections d'eau douce à saumâtre, peu profondes avec une végétation abondante et dressée (canaux peu entretenus, rizières, puits). Nous l'avons recensé dans un seul gîte à la fin du mois de juillet.



**Figure 37.** Répartition de l'espèce *Uranotaenia unguiculata*.

### 1.8. Répartition spatiotemporelle des espèces dans les sites annuels

Dans cette étude, nous avons suivi la variation spatio-temporelle de 13 espèces culicidiennes dans sept gîtes (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7) pendant une année.

#### 1.8.1. Gîte 1

Ce gîte héberge un total de sept espèces, *Cx. hortensis* qui apparaît dès les premiers prélèvements, évolue et atteint son maximum durant le mois de Septembre puis disparaît en Décembre. *Cx. pipiens* fait son apparition en Avril et disparaît juste après pour réapparaître en Juillet. Elle évolue et atteint son maximum au mois d’Août, les effectifs diminuent progressivement pour disparaître en Octobre. *An. labranchiae* est présente durant la période estivale du mois de Juillet à Août tandis qu’*An. claviger* est plutôt automno-hivernale et présente durant les mois d’Octobre, Décembre et Février. Les larves de *Cx. impudicus* sont présentes durant les mois d’Avril, Juillet et Septembre tandis que *Cs. annulata* est recensée uniquement durant le mois d’Avril et *Ae. caspius* durant le mois de Juin.

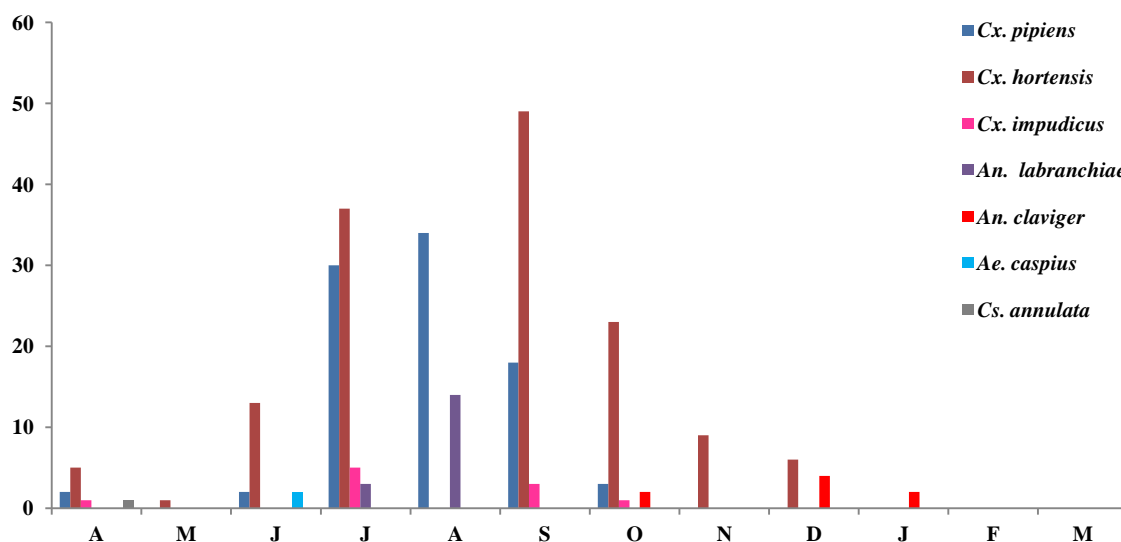


Figure 44. Evolution temporelle des densités larvaires dans le gîte 1.

#### 1.8.2. Gîte 2

Dans ce biotope, cinq espèces de moustiques se sont succédées, dès les premières récoltes du mois d’Avril, les larves de *Cx. pipiens*, *Cx. hortensis* et *Cs. longiareolata* ont été recensées, toutefois le développement est interrompu durant le mois de Mai, ce qui est dû au débordement d’eau du réservoir après les pluies de fin de saison. Une reprise d’activité est enregistrée durant le mois de Juin, pour atteindre le maximum en fin d’Août. *An. labranchiae* apparaît en faible densité, durant les deux mois de Juillet et Août, c’est le cas aussi pour les

larves de *Cx. laticinctus* qui apparaissent durant Octobre et Novembre avec une densité très faible et disparaissent le mois suivant.

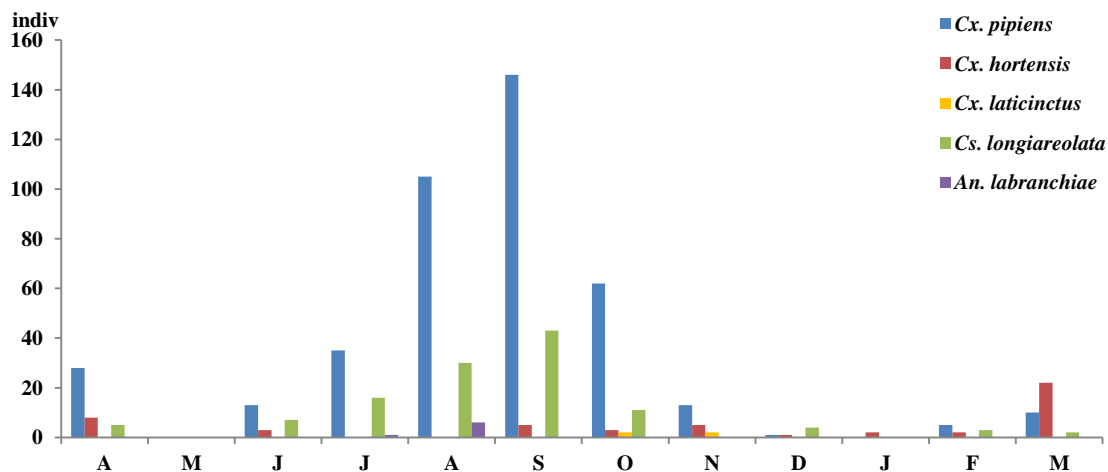


Figure 45. Evolution temporelle des densités larvaires dans le gîte 2.

### 1.8.3. Gîte 3

Six espèces de Culicidae cohabitent dans ce gîte, le début d'activité est enregistré durant le mois de Juin, *Cx. pipiens* et *Cx. hortensis* sont recensées à de faibles quantités, d'autres espèces font leur apparition telles qu'*An. labranchiae*, *An. claviger* et *Cx. impudicus* durant le mois d'août. *Cx. pipiens* évolue dans ce biotope et atteint son maximum durant le mois de septembre en compagnie de *Cs. longiareolata*, on note toutefois leur soudaine disparition le mois suivant, ce qui est probablement dû aux travaux de nettoyage et changement de leur biotope.

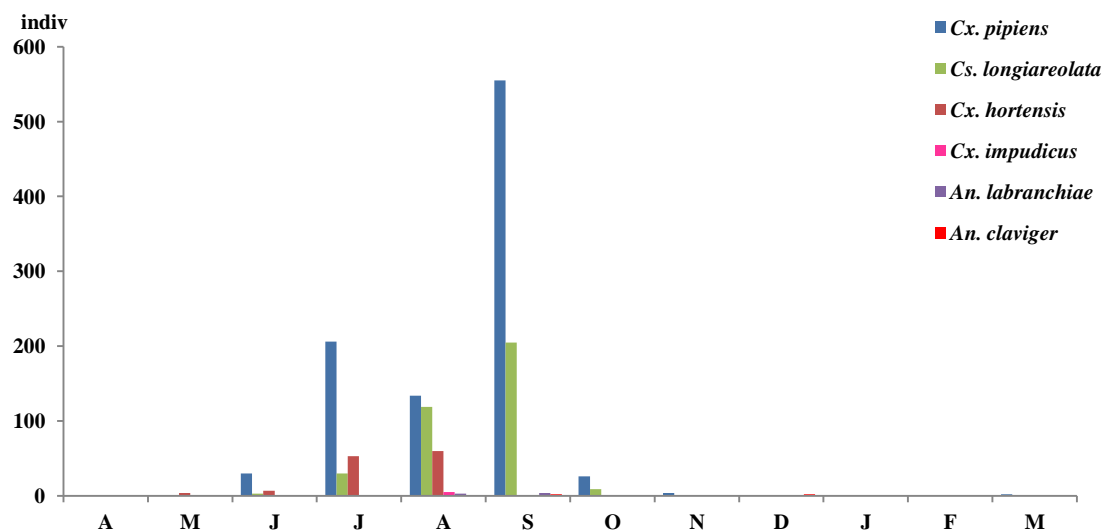


Figure 46. Evolution temporelle des densités larvaires dans le gîte 3.

1.8.4. Gîte 4

Malgré la pérennité en eau, uniquement trois espèces sont recensés dans ce gîte, *An. claviger* évolue dans ce biotope du mois de Juin jusqu'à Décembre, avec une charge maximale enregistrée en Juillet. *Cx. hortensis* et *Cx. hortensis* apparaissent avec de faibles densités durant les mois de Juin et Octobre.

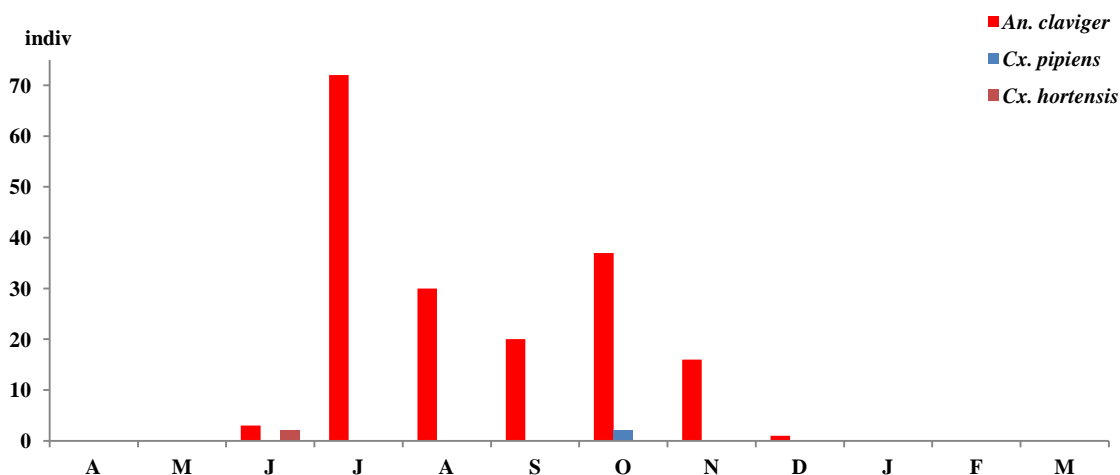


Figure 47. Evolution temporelle des densités larvaires dans le gîte 4.

1.7.5. Gîte 5

Ce gîte est colonisé par cinq espèces, *Cx. pipiens* évolue en parallèle avec *Cs. longiareolata* à partir du mois d'avril pour atteindre une densité maximale durant le mois d'Août les effectifs diminuent par la suite pour disparaître en Décembre. *Culex hortensis* est faiblement recensé dans cette station, durant le mois d'Octobre. *An. claviger* signalé durant la même période (Octobre-Décembre), alors que *Cx. mimeticus* est plutôt printanière, elle est récoltée durant le mois de Mai.

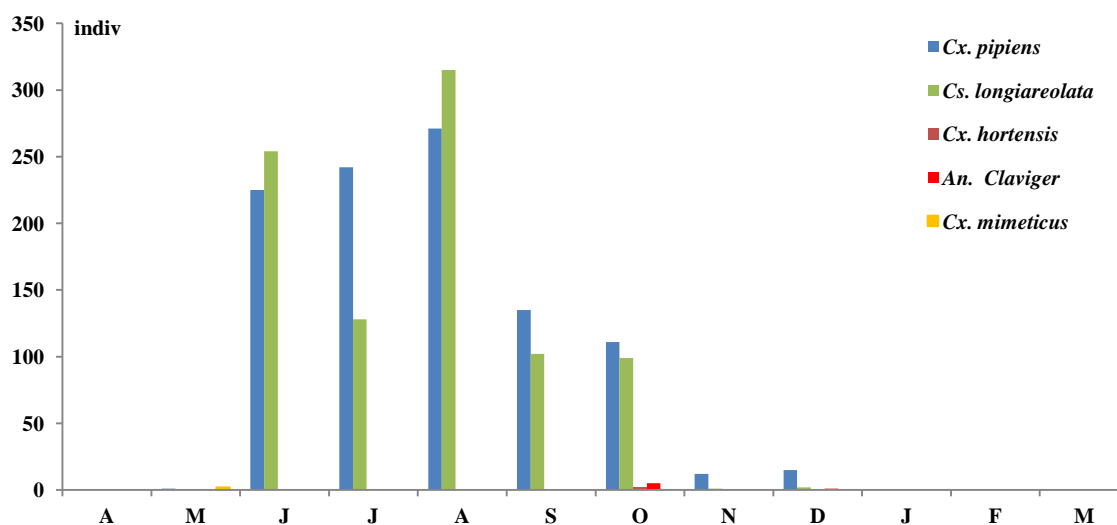


Figure 48. Evolution temporelle des densités larvaires dans le gîte 5.

## 1.7.6. Gîte 6

Neuf espèces sont récoltées de ce gîte, *Cx. hortensis* est signalée dès le mois d'avril, elle évolue pour atteindre son maximum en juillet et disparaît pour reprendre à nouveau son cycle au mois de Mai. *Cx. perexiguus* qui apparaît en juin atteint son maximum durant le mois d'Août, elle disparaît puis réapparaît à nouveau durant le mois de Novembre. *An. labranchiae* est estivale et sa présence est enregistrée de juillet à Août, tandis qu'*An. claviger* est plutôt automnale-hivernale et apparaît dès le mois de Novembre et se maintiendra jusqu'au mois de Février. Les larves de *Cx. theileri* sont récoltées durant les mois d'Août et Décembre et celles de *Cx. impudicus* sont présents durant les mois d'Avril, Mai et Octobre quant à qu'*Ur. unguiculata*, elle fait sa présence uniquement en Juillet.

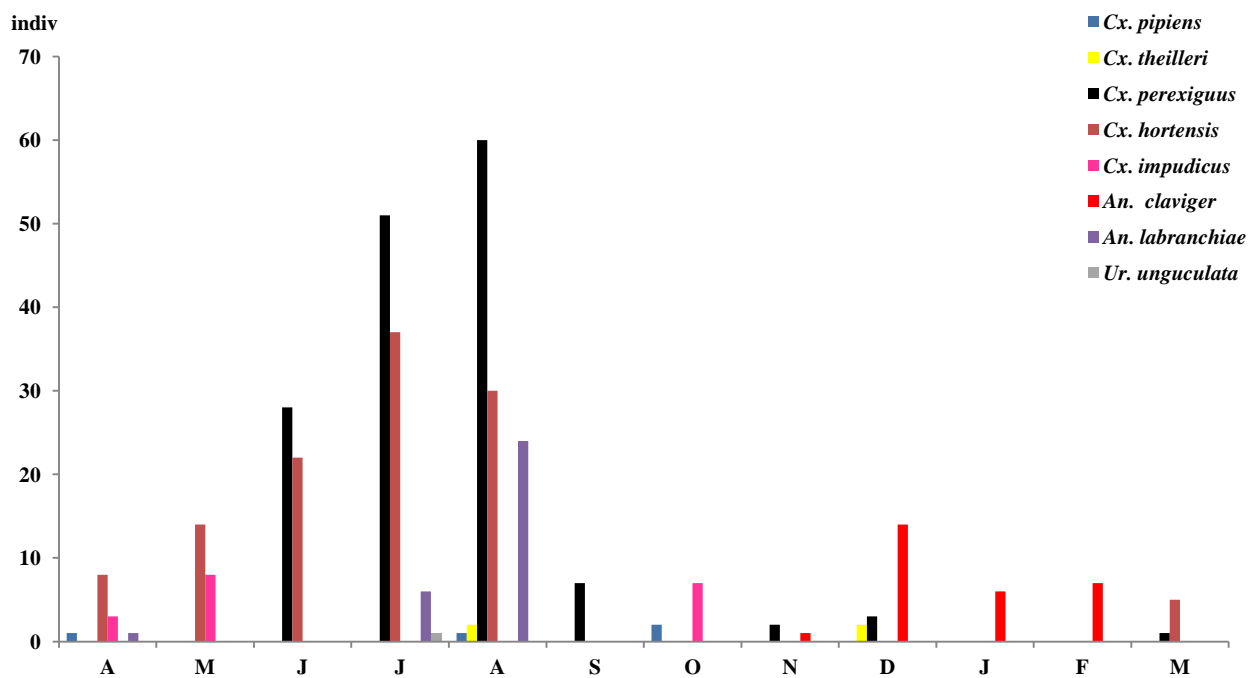


Figure 49. Evolution temporelle des densités larvaires dans le gîte 6.

## 1.7.7. Gîte 7

Cinq espèces sont présentes dans ce gîte, on note l'apparitions de *An. labranchiae* et *Cx. hortensis* durant le mois d'Avril, *An. labranchiae* disparaît juste après pour réapparaître à nouveau durant le mois de Juin, elle évolue jusqu'au mois d'Août puis disparaît encore une fois pour reprendre à nouveau son cycle en Janvier. *Cx. hortensis* qui disparaît au début juin réapparaît en automne et disparaît fin décembre, *Cx. perexiguus* apparaît en forte densité durant le mois de juillet et évolue jusqu'à fin Novembre. Les larves de *Cx. mimeticus* sont recensées en fin Juillet et Août tandis que les larves de *Cx. impudicus*, elles sont recensées durant les mois de Mai, Août, Octobre et Décembre.

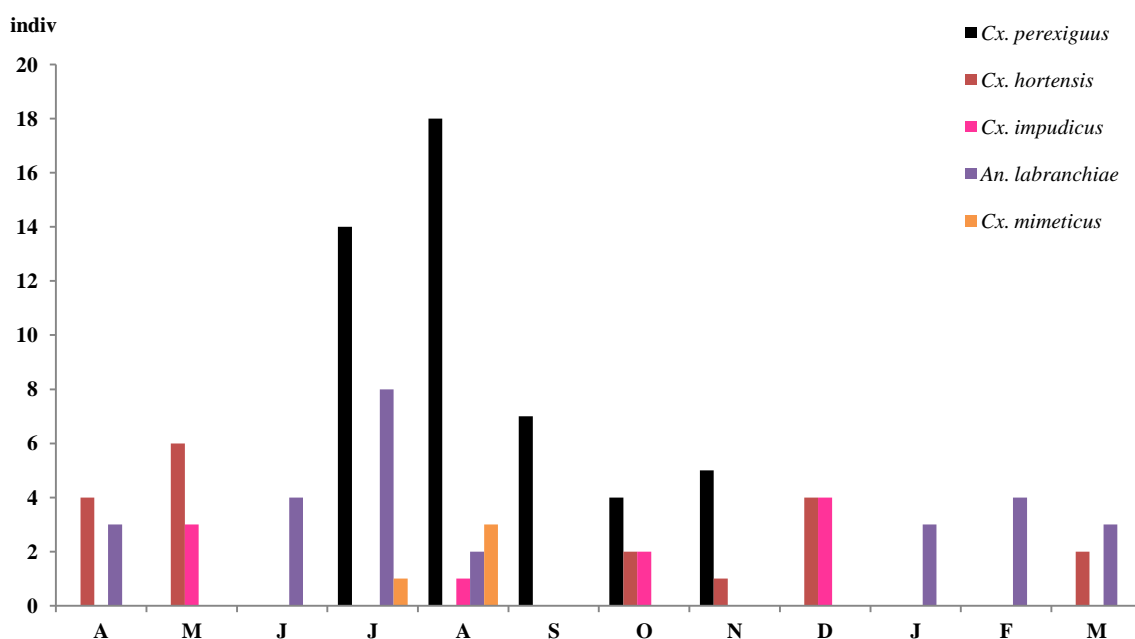


Figure 50. Evolution temporelle des densités larvaires dans le gîte 7.

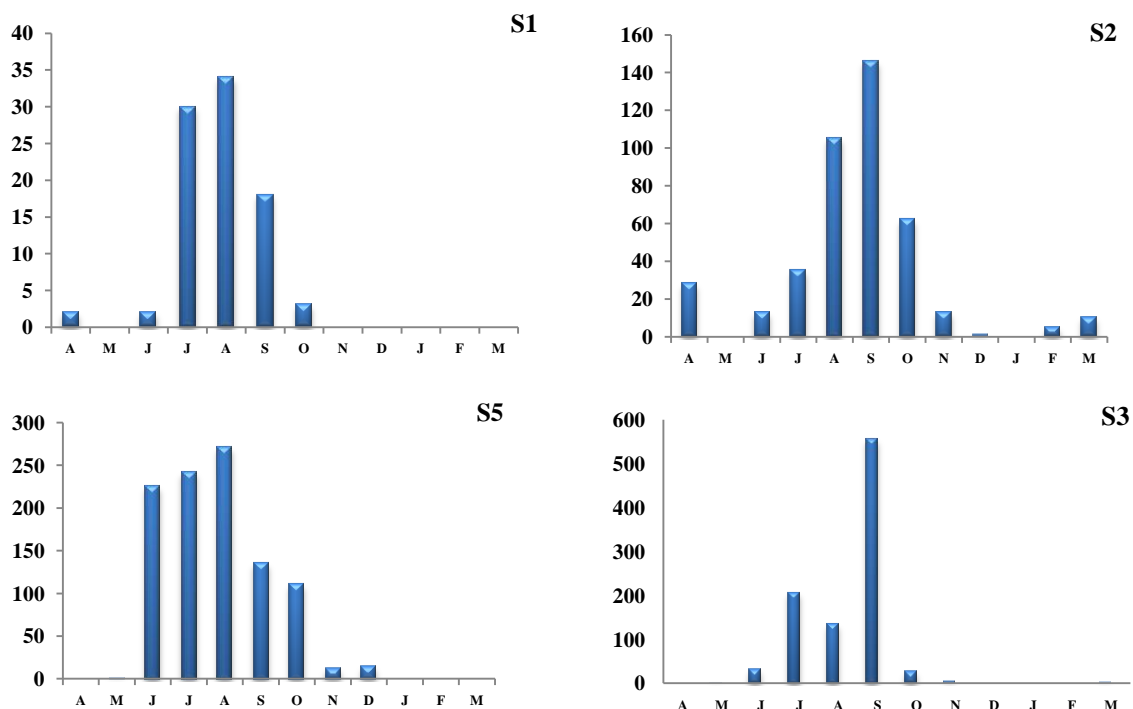
**1.8. Evolution des espèces dans les sites annuels**

Le but de cette étude est de connaître les périodes propices du développement culicidien, le suivi de l'évolution saisonnière et l'optimum de densité larvaire annuelle et cela pour chaque espèce.

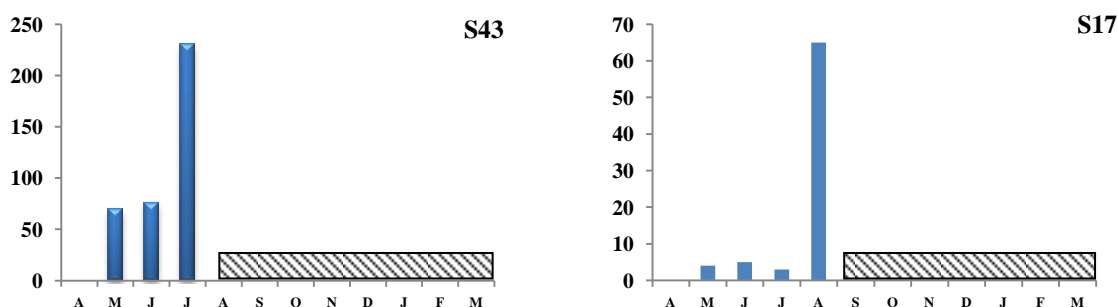
**1.8.1. Evolution de *Cx. pipiens***

*Culex pipiens* domine aussi bien spatialement que temporellement, elle est présente toute l'année, son optimum est atteint durant les mois d'Août et septembre dans les sites annuels (Fig.51a) et saisonniers (Fig.51b).

**a) Gîtes permanents**



**b) Gîtes temporaires**



**Figure 51.** Evolution de *Cx. pipiens* dans les gîtes d'études.

1.8.2. Evolution de l'espèce *Cx. hortensis*

Cette espèce fluctue de façon interrompue en hiver dans le gîte S1, elle est printano-estivale dans le gîte S6, printanière et automnale dans le gîte 7, elle atteint son maximum en période estivale. Tandis que dans les gîtes saisonniers, elle est typiquement estivale.

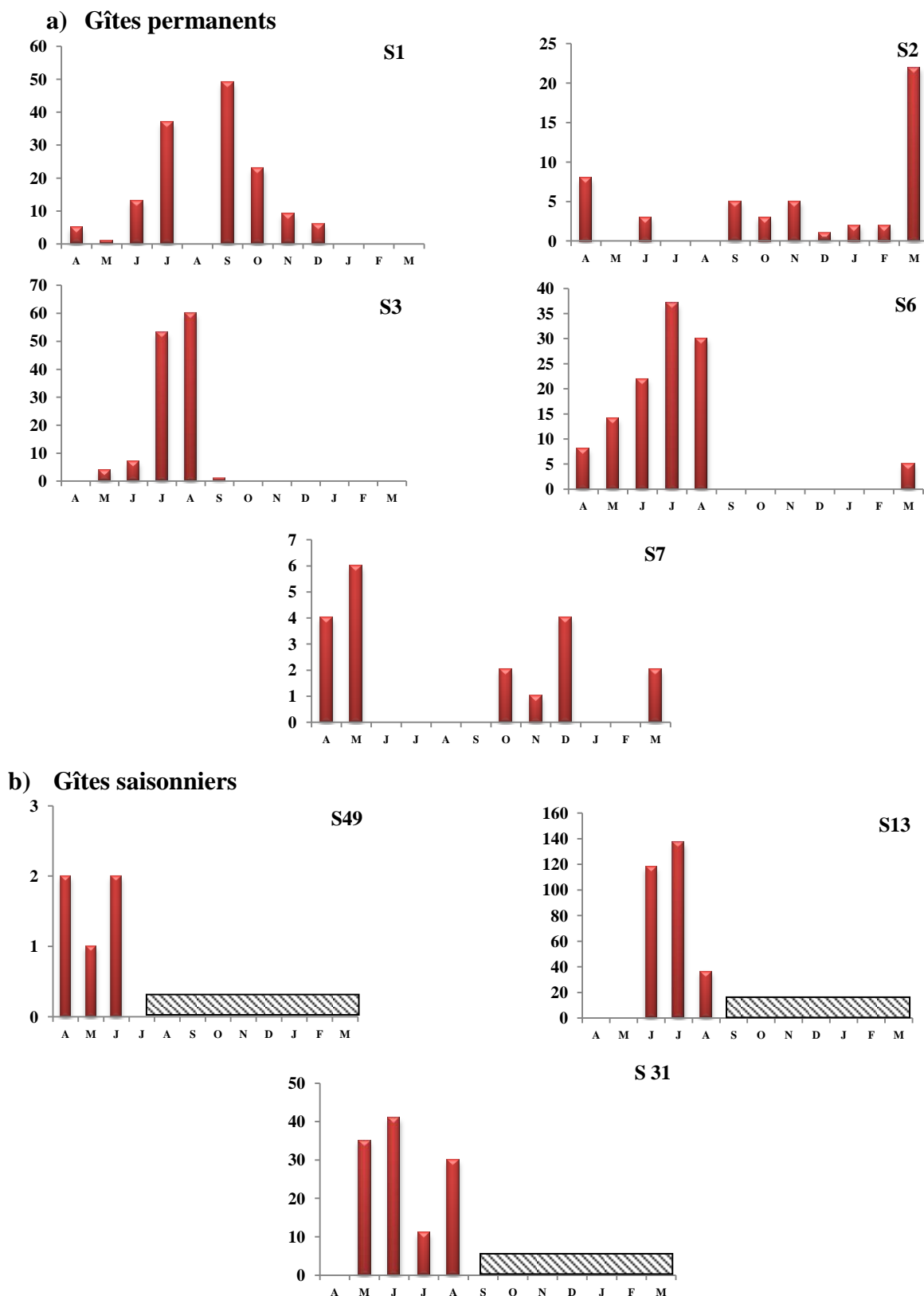
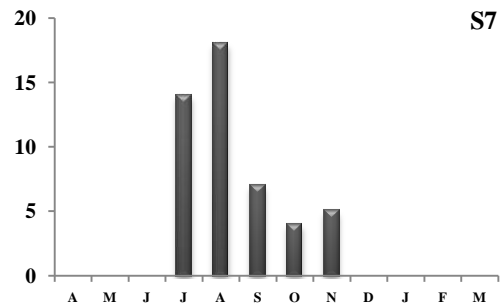
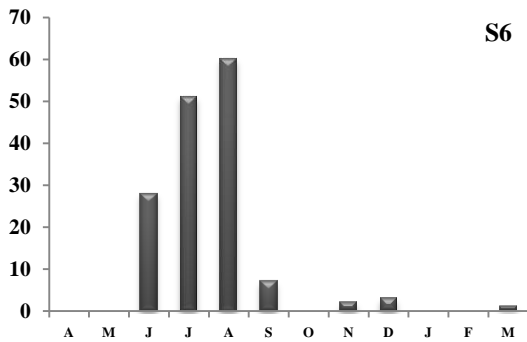


Figure 46. Evolution de *Cx. hortensis* dans les gîtes d'études.

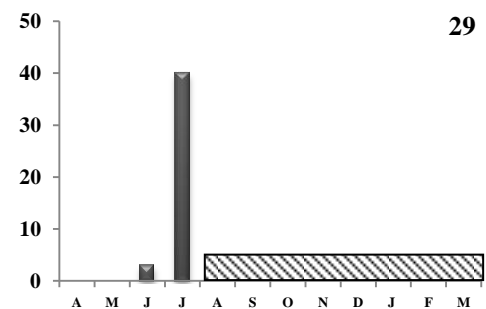
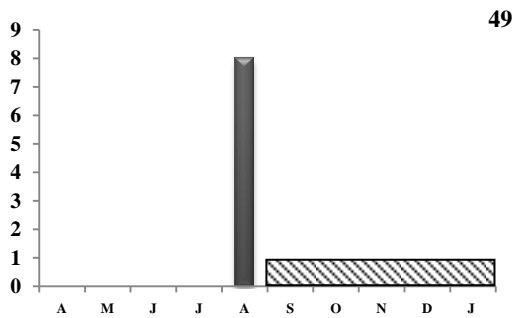
**1.8.3. Evolution de l'espèce *Cx. perexiguus***

Cette espèce est récoltée durant la période estivale et automnale dans le gîte S6 et S7, elle a été tardive (juin-juillet), elle est recensés uniquement pendant les périodes estivale dans les gîtes temporaires à des fluctuations.

**a) Gîtes permanents**



**b) Gîtes temporaires**

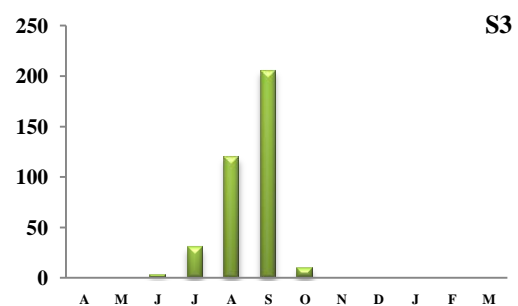
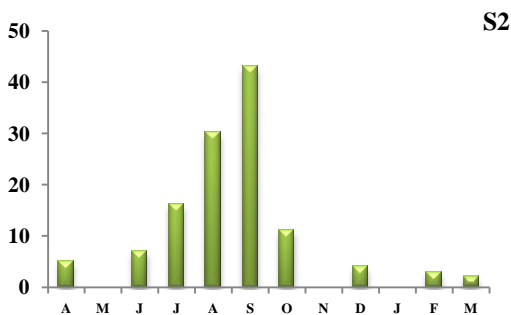


**Figure 52.** Evolution de *Cx. perexiguus* dans les gîtes d'études.

**1.8.2. Evolution de *Cs. longiareolata***

*Cs. longiareolata* est présente durant toute l'année, elle suit un développement annuel avec une densité maximale durant le mois de Septembre dans les gîtes permanent et une densité maximale durant le mois de Mai dans les gîtes saisonniers.

**a) Gîtes permanents**



b) Gîtes saisonniers

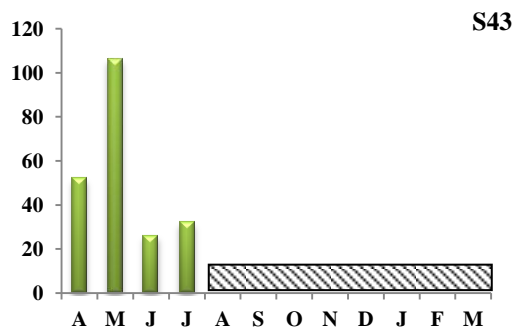
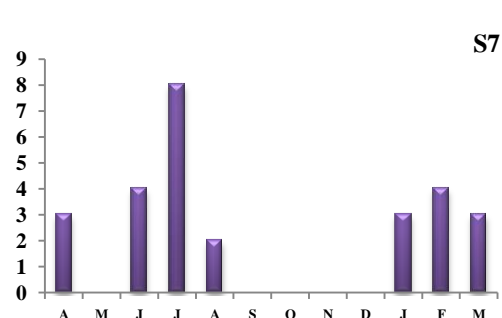
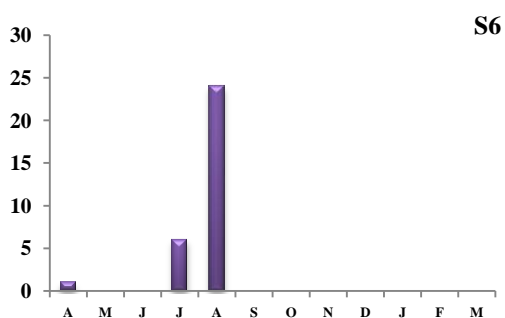


Figure 53. Evolution de *Cs. longiareolata* dans les gîtes d'études.

1.8.4. Evolution de l'espèce *An. labranchiae*

L'espèce a été récoltée sur une période interrompue en automne (S7), avec des abondances maximales entre juillet et Août, ou uniquement sur une période printano-estivale (S49).

a) Gîtes permanents



b) Gîtes saisonniers

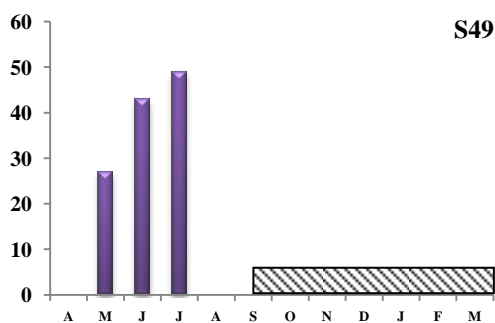
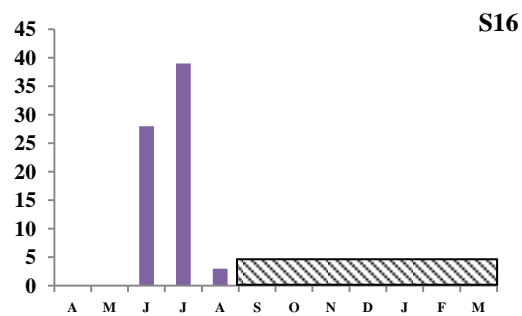
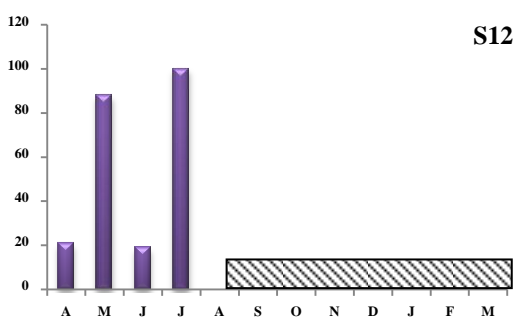
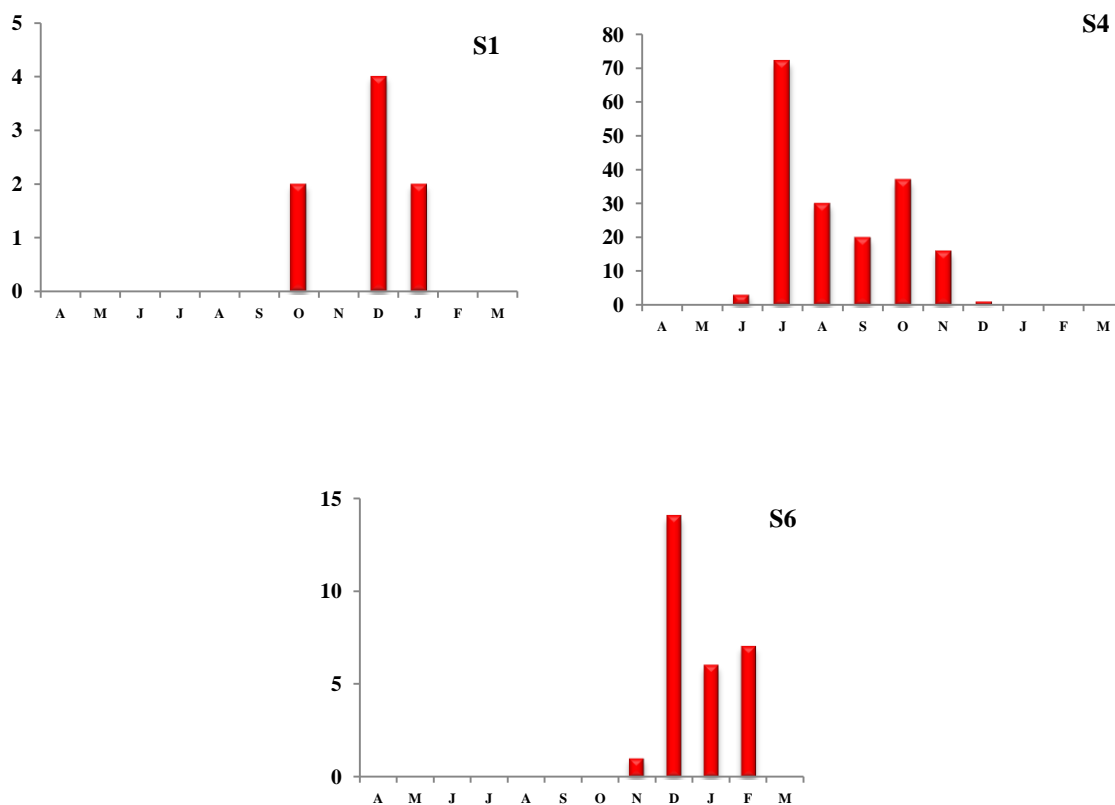


Figure 54. Evolution d'*An. labranchiae* dans les gîtes d'études.

**1.8.5. Evolution d'*An. claviger***

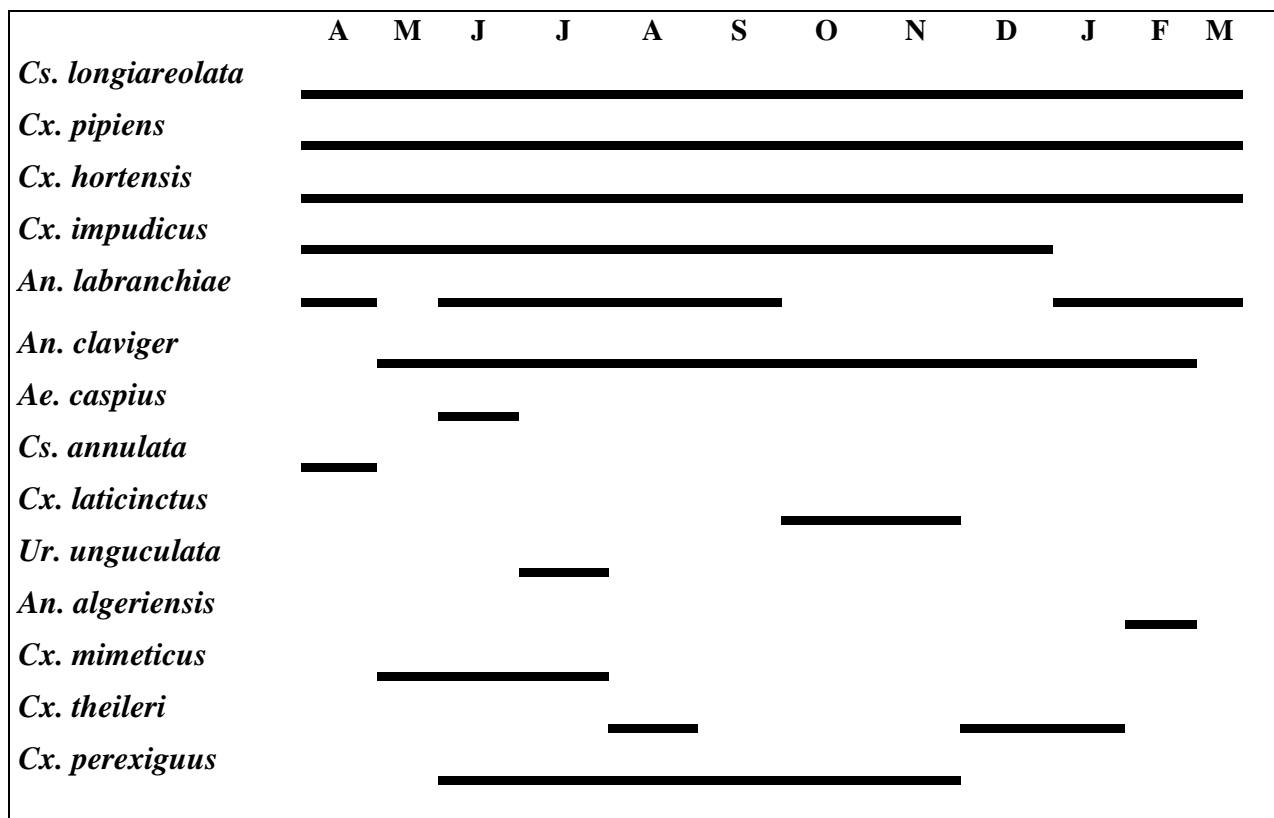
Cette espèce s'est développée principalement dans deux types de gîtes, où elle fluctue différemment, elle a colonisé un gîte de type hypogé (S4) en juin et s'est développée jusqu'à la fin d'automne, alors que dans les autres gîtes (S6, S1), elle est présente en automne et s'est développée jusqu'à la fin de l'hiver.



**Figure 55.** Evolution d'*An. claviger* dans les gîtes d'études

Les fluctuations des espèces dans la région de Tizi-Ouzou peuvent être résumées comme suit (Tab.07), un développement annuel pour les espèces, *Cs. Longiareolata*, *Cx pipiens*, *Cx. hortensis*. Un développement interrompu en hiver (*Cx. impudicus*) ou en automne (*An. labranchiae*), strictement estival (*Cx. mimeticus*) où bien strictement hivernale pour *An. algeriensis*).

**Tableau 7.** Succession saisonnières des moustiques dans les gîtes d'études.



## 1.9. Discussion

### 1.9.1. Inventaire

Lors des récoltes effectuées dans les stations d'études, 14816 individus appartenant à la famille des Culicidae ont été capturés. L'étude taxonomique nous a permis d'identifier 16 espèces dont sept du genre *Culex*, trois espèces du genre *Anopheles*, trois du genre *Culiseta*, deux du genre *Aedes* et une espèce du genre *Uranotaenia*. La liste des *Culicidae* de la région de Tizi-Ouzou se complète avec les espèces suivantes, qui ont été préalablement citées (Tab.3) et qui n'ont pas été localisées durant nos prospections. Des spécimens adultes d'*Aedes albopictus* ont été enregistrés pour la première fois en Algérie et cela dans la région de Tizi-ouzou (Izri et al., 2011; Lafri et al., 2014), toutes fois aucun stade pré-imaginale n'a été recensé jusqu'à aujourd'hui dans la région. Nos résultats se rapprochent donc de ceux de Lounaci, (2003) qui a noté 13 espèces près de Tizi-Ouzou. Lafri et al. (2014) a recensé lors d'un inventaire des moustiques effectués dans 28 régions d'Algérie (Tipaza, Boumerdes, Tindouf, Oran, Msila, Tlemcen... etc.), 17 espèces appartenant aux genres : *Culex*, *Culiseta*, *Aedes* et *Uranotaenia*. Dans la région Est, plus précisément à Mila, Massai et al. (2010) ont inventorié 12 espèces appartenant à 4 genres. Selon Bouabida et al. (2012), il existe 9 espèces de Culicidae dans la région de Tébessa Dans les zones humides de la région de Souk-Ahras, un inventaire effectué par Benmalek et al. (2018) a révélé la présence de 18 espèces dont 12 espèces appartenant au genre *Culex*. Dans la région Ouest d'Algérie (Tlemcen), Hassain (2002) a noté la présence de 20 espèces. Par contre dans la zones arides de Biskra, Merabti et al. (2017) a révélé la présence de 22 espèces. L'inventaire systématique des Culicidae récoltés à la région de Boussaâda (Benhissen et al., 2018) a révélé la présence de 11 espèces appartenant à 4 genres différents *Culex*, *Aedes*, *Anopheles* et *Culiseta*. Un peu plus au sud, dans la région du M'Zab-Ghardaia, l'étude morphotaxonomique des larves, des femelles et des génitalias ont permis d'identifier dix espèces (Boukraa et al., 2012). Selon Brunhes et al. (1999) les espèces Culicidiennes connues en Algérie, étaient au nombre de 48 espèces. La dernière mise à jour de la liste des moustiques (Diptera: Culicidae) d'Algérie basée sur les données publiées de 1903 à 2021 indique un total de 55 espèces en Algérie, dont deux espèces à savoir *Culex simpsoni* et *Uranotaenia balfouri*, ne sont que provisoirement considérées comme présentes dans le pays.

### 1.9.2. Abondance relative stationnelle

L'abondance relative d'une espèce nous renseigne sur les préférences, la place qu'elle occupe par rapport au reste du peuplement dans un milieu donné et son aptitude à coloniser le biotope (Himmi et al., 1995). Durant cette étude, nous avons observé un total de cinq espèces dominantes, recensés dans un ou plusieurs gîtes. Ces espèces sont: *Cx. pipiens*, *Cs. longiareolata*, *Cx. hortensis*, *An. labranchiae* et *Cx. perexiguus*.

*Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* se développent dans tous types de gîtes et leur pouvoir de dispersion est considérable (Bouabida et al., 2012). En effet, *Cx. pipiens* a été recensé dans 43 gîtes avec un total de 7879 individus, elle a été abondante dans des gîtes temporaires et permanents, alors que *Cs. longiareolata* est récoltée dans 24 gîtes avec un total de 3754 individus, elle marque son abondance dans les biotopes suivant: S32, S37, S38, S39, S40. En troisième place, *Cx. hortensis* est recensée dans 37 gîtes avec un total de 1798 individus, elle est bien abondante dans quatre gîtes: S26 (77%), S31 (82%), S34 (74%), S44 (88%). Avec un total de 460 individus recensés dans dix gîtes, *Culex perexiguus* domine dans cinq gîtes, alors que *Anopheles labranchiae* dispersée dans 25 gîtes différents, elle est abondante dans quatre gîtes caractérisés par un couvert végétal omniprésent, riche en algues et exposés au soleil. Nos résultats concordent avec les observations indiquant que l'abondance de cette espèce est conditionnée par la nature du couvert végétal qui doit être riche en algues filamenteuses et en characées qui lui serviraient de nourriture et d'abris contre les prédateurs (Himmi et al., 1995).

*An. claviger* est une espèce sténotherme froide qui ne se rencontre qu'en montagne (Coluzzi et al., 1964), elle est d'ailleurs recensée dans un gîte ombragé (S4) qui semble très favorable à son développement.

Le reste des espèces ont été recensé à de faibles pourcentages. Elles sont régulièrement observées, tandis que leurs populations soient limitées ou bien que leur découverte reste sporadique dans la région. C'est le cas par exemple de *Culiseta fumipennis*, qui colonise un seul gîte (Fig.38), largement ouvert à la végétation flottante tapissant le fond du gîte en plein hiver.

Ces abondances relatives permettent de conclure que certaines espèces dominent dans tous les biotopes alors que d'autres ont certaines préférences et exigences, qui pourrait s'expliquer par la combinaison des différents facteurs écologiques et climatiques mais aussi par la diversité des biotopes.

### 1.9.3. Typologie des gîtes

L'oviposition implique une sélection de l'environnement, qu'il soit ombragé ou ouvert, un ruisseau, une rizière, un étang, un trou d'arbre ou un récipient artificiel et l'examen de l'eau, qu'elle soit en mouvement ou non, polluée, salée ou fraîche, chaque facteur étant finement discerné (Clements et Kerkut, 1963). Les types de gîtes sont extrêmement variés et chaque espèce montre une préférence plus ou moins stricte pour un certain type de gîte (Carroll, 1979). Les espèces d'*Aedes* ont été montrées pour exploiter différents habitats larvaires temporels (Dom et al. 2013), les espèces d'*Anopheles* préfèrent les plans d'eau peu profonds (Bashar et al. 2016).

D'après nos résultats, la région de Tizi-Ouzou héberge de nombreux gîtes larvaires favorables au développement des moustiques. C'est une niche incluant des espèces méditerranéennes, littorale, à vaste répartition et de montagne.

Les 51 biotopes prospectés abritaient des *Culicinae*. L'essentiel des gîtes positifs est constitué de mares (37%), des canaux et fosses de drainages (20%), bords de rivière (12%), des citerne et bidons usés (12%). Les différents types de gîtes étaient favorables au développement des Culicidae mais aussi des Anophelinae. Les densités larvaires variaient d'un gîte à un autre. Le genre *Culex* s'est montré moins sélectif que les autres genres en occupant un large éventail de milieux aquatiques. D'après Amini et al. (2020), Les *Culicinae* exploitent une large gamme d'habitats aquatiques avec de légères différences entre les espèces individuelles.

Par ailleurs, Les mares étaient les gîtes les plus fréquents, cela peut s'expliquer par la densité du réseau hydrographique de la région. Caractérisé dans sa partie majeure par des écoulements dont les débits sont faibles et souvent secs durant une longue période de l'année, favorisant ainsi la création de ces mares saisonnières favorables à la diversité larvaire.

Parmi les ressources en eaux dans la région, les eaux de sources mobilisent un volume de 22.2 millions de m<sup>3</sup> d'eau par an. En effet, la région de Tizi-Ouzou compte plus de 146 sources d'eaux, souvent aménagées d'abreuvoirs, ou de canaux de drainages. Ces derniers sont donc des habitats larvaires assez fréquents, favorables aux développements des larves de moustiques.

Les gîtes majoritairement alimentés par les pluies, sont favorables au développement de certaines espèces telles qu'*Ae. vexans* et *Cs. annulata*. L'absence de pluie induit à la réduction de ces gîtes et donc à la rareté de ces espèces.

Les gîtes artificiels dépendant des activités anthropiques (arrosages, élevages...) ont une durée de vie non liée à la durée des pluies, on notera ainsi la présence des espèces à vaste répartition telles que *Cs. longiareolata*, *Cx. pipiens*, *Cx. hortensis* et *Cx. impudicus*.

#### 1.9.4. Association spécifique

Les paires d'espèces présentant des associations positives significatives, partagent logiquement des caractéristiques écologiques similaires et ont donc des exigences environnementales similaires. Ce qui signifie qu'elles sont étroitement associées et coexistent bien.

Sur la base de notre analyse de l'indice d'affinité, trois associations positives significatives peuvent être citées, c'est le cas de l'association d'*An. algeriensis* avec *Ur. unguiculata* qui partage une affinité de 0.7.

*Cx. perexiguus* et *Cx. theileri* partagent une affinité significative de 0.5, ce qui est contradiction avec les travaux de Ladoni et al. (2015), qui affirment une corrélation négative de -0.74 entre ces deux espèces, cette différence est probablement due aux conditions environnementales spécifiques différentes de chaque région, ainsi qu'à l'interaction des conditions complexes.

*Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* partagent une forte affinité de 0.4. Ces deux espèces cohabitent bien ensemble puisqu'elles partagent des caractéristiques écologiques similaires, favorables à leur prolifération et association. En effet, le premier record des larves de *Cs. longiareolata* en Allemagne était dans les gîtes de *Cx. pipiens* (Becker et Hoffmann., 2011).

Les associations négatives significatives sont enregistrées entre *Cx. hortensis* / *Ae. vexans* avec un total de -0.345, *Cx. pipiens*/*Cs. fumipennis* avec un total de -0.328 et *Cs. perexiguus* / *Cs. longiareolata* partage -0.268 d'affinité, ces associations sont étroitement liées aux préférences typologiques distinctes de ces espèces. *Ae. vexans* et *Cs. fumipennis* sont des espèces assez rares dans notre région et qui sont inféodées à un biotope particulier, le cas contraire de *Cx. pipiens*, *Cs. longiareolata* et *Cx. hortensis* qui sont assez abondantes.

*Ae. vexans* est souvent recensée dans les zones inondées, qui n'est pas une préférence pour *Cx. hortensis*. *Cs. longiareolata* affirme sa préférence pour les gîtes artificiels tandis que *Cx. perexiguus* préfère plutôt les gîtes naturels, ce qui réduit leurs taux de cohabitation à zéro.

Il n'y avait pas de corrélation significative entre les autres paires d'espèces, ce qui peut être dû à leurs différentes exigences.

### 1.9.5. Evolution et variation spatiotemporelle

Pour mieux comprendre les influences environnementales sur la répartition et fluctuations des effectifs des populations, L'étude de la dynamique de population indique les périodes de présence et prolifération de certaines espèces ayant un intérêt médical et prévoit les accroissements et diminutions des populations en précisant les éventuelles périodes de vols ainsi que les périodes de démoustrations.

Dans ce travail, nous avons effectué le suivi spatio-temporel des espèces recensées dans la région. Toutes les espèces de Culicides étudiées sont polyvolatines. Leur variation est principalement liée à la vitesse de croissance des larves, celle-ci augmente avec la température. Les générations printano-estivales ont une croissance accélérée tandis qu'elle est retardé chez les générations automno-hivernales. Leurs cycles de développements sont définis comme suit :

- un développement continu automno-hivernoprintanier et un débordement possible sur la période estivale (*Cx. pipiens*, *Cx. hortensis* et *Cs. longiareolata*). D'après Senevet et Andarelli (1959), le cycle annuel de *Cs. longiareolata* varie d'une région à une autre: dans le Tell, l'espèce est présente toute l'année, avec un maximum au printemps; sur les hauts plateaux, elle abonde surtout en automne, alors que dans les régions sahariennes, elle est plutôt hivernale et printanière.
- *An. claviger* affiche un développement continu automno-hivernal dans les gîtes épigés.
- Un développement discontinu interrompu en hiver pour *Cx. impudicus* et interrompu en automne pour *An. labranchiae*. Cette dernière présente une activité printano-estivale selon les travaux de Louah (1995) et Metge (1986), alors que Senevet et Andarelli (1956) affirment qu'elle est présentes toute l'année.
- *Cx. perexiguus* suit un développement estival-automnal tandis que *Cx. mimeticus* suit un développement strictement estival.

- Un développement strictement hivernal pour *An. algeriensis*. D'après Becker et al.(2010), cette espèce apparaît au début de l'été en Europe centrale, mais dans son aire de répartition méridionale, elle serait active pendant l'hiver.

Certaines espèces sont exigeantes telles qu'*Ae. caspius*, *Cs. annulata*, *Cx. laticinctus* et *Ur. unguiculata* quant au type de gîte. Leur périodes optimales d'activités varient selon le milieu, ils sont tributaires de la mise en eau, de la température mais aussi du phénomène de compétition intra et inter spécifiques. D'après Edgerly et al.(1998), les femelles de moustiques pouvaient évaluer la permanence de l'habitat, ainsi que la compétition larvaire potentielle, lorsqu'elles choisissent un gîte de ponte.

# **Chapitre III.**

## **Résultat et discussion**

### **Partie 2.**

#### **Fluctuation et influence des facteurs abiotiques**

Le développement larvaire subit l'action de plusieurs facteurs écologiques abiotiques. Ces derniers représentent l'ensemble des facteurs climatiques tels que la température, l'humidité, le rayonnement solaire (Korsloot et *al.* 2004; Gillott, 2005) et des facteurs physico-chimiques comme le pH, la salinité, la teneur en oxygène dissous, la conductivité et la teneur en ions ainsi que la concentration en métaux qui influent grandement sur le choix de ponte et le développement des stades immatures (Hery et *al.*, 2021). Dans cette partie, certains paramètres physico-chimiques qui caractérisent les sites permanents sont étudiés, afin d'expliquer l'évolution et les préférences des espèces recensées dans ces stations.

## 2.1. Composition saisonnière de la population culicidienne dans les sites permanents

### 2.1.1. Abondance

Au cours du suivi effectué dans les sites permanents, un nombre de 4967 larves de moustiques a été récolté depuis Avril 2018 jusqu'à Mai 2019. La production larvaire culicidienne a été plus élevée en saison sèche qu'en saison pluviale, le gîte le plus productif était la station 5, avec un total de 1675 individus durant la saison sèche et 248 individus durant la saison pluviale (Tab.8).

**Tableau 8.** Composition et abondance des espèces recensées dans les sites permanents

	Saison sèche						
	STAT1	STAT2	STAT3	STAT4	STAT5	STAT6	STAT7
<i>Cs. longiareolata</i>	-	23.41	25.07	-	47.70	-	-
<i>Cx. pipiens</i>	39.81	72.93	65.03	-	52.18	0.30	-
<i>Cx. hortensis</i>	47.39	1.95	8.78	1.57	-	38.91	8.96
<i>Cx. impudicus</i>	3.79	-	0.42	-	-	4.56	5.97
<i>An. labranchiae</i>	8.06	1.71	0.56	-	-	9.12	20.90
<i>An. claviger</i>	-	-	0.14	98.43	-	-	-
<i>Ae. caspius</i>	0.95	-	-	-	-	-	-
<i>Ur. unguiculata</i>	-	-	-	-	-	0.61	-
<i>An. algeriensis</i>	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cx. mimeticus</i>	-	-	-	-	0.12	-	5.97
<i>Cx. theileri</i>	-	-	-	-	-	0.61	-
<i>Cx. perexiguus</i>	-	-	-	-	-	45.90	58.21
<b>Richesse spécifique</b>	5	4	6	2	3	7	5
	Saison pluviale						
	STAT1	STAT2	STAT3	STAT4	STAT5	STAT6	STAT7
<i>Cs. longiareolata</i>	-	15.06	25.71	-	69.86	-	-
<i>Cx. pipiens</i>	8.47	71.69	91.43	3.57	94.52	3.53	-
<i>Cx. hortensis</i>	72.88	25.90	-	-	1.37	22.35	31.71
<i>Cx. impudicus</i>	3.39	-	-	-	-	11.76	14.63
<i>An. labranchiae</i>	-	-	-	-	-	1.18	31.71
<i>An. claviger</i>	13.56	-	8.57	96.43	4.11	32.94	-
<i>Cs. Annulata</i>	1.69	-	-	-	-	1.18	-
<i>Cx. laticinctus</i>	-	2.41	-	-	-	-	-
<i>An. algeriensis</i>	-	-	-	-	-	1.18	-
<i>Cx. theileri</i>	-	-	-	-	-	5.88	-
<i>Cx. perexiguus</i>	-	-	-	-	-	20.00	21.95
<b>Richesse spécifique</b>	5	4	3	2	4	9	4

Concernant l'abondance relative des espèces durant une année, *Cx. pipiens* semble être l'espèce la plus abondante avec un total de 2184 individus durant la période sèche et 299 individus durant la période pluviale où elle est omniprésente dans trois sites (2, 3, 5). *Cs. longiareolata* vient en deuxième position avec un total de 1252 individus durant la période sèche et 136 durant la période pluviale. Cette espèce est dotée d'une grande plasticité écologique et fréquente divers sites larvaires.

### 2.1.2. Constance

Au total, sept espèces sont présentes toute l'année, c'est le cas de *Cx. pipiens*, *Cs. longiareolata*, *Cx. hortensis*, *Cx. impudicus*, *Cx. perexiguus*, *An. labranchiae* et *An. claviger*. Le reste des espèces ont été recensées à de faibles pourcentages dans une seule station, c'est le cas d'*Ae. caspius* recensée uniquement dans la station 1, *Cx. laticinctus* dans la station 2, *Ur. unguiculata*, *Cx. theileri* ainsi qu'*An. algeriensis* recensées dans la station 6 seulement.

**Tableau 09.** Constance des espèces recensées dans les sites annuels.

Saison sèche	STAT1	STAT2	STAT3	STAT4	STAT5	STAT6	STAT7
<i>Cs. longiareolata</i>	-	77.78 (C)	77.78 (C)	-	88.89(O)	-	-
<i>Cx. pipiens</i>	66.67(C)	77.78 (C)	100 (O)	-	100 (O)	11.11(A)	-
<i>Cx. hortensis</i>	66.67 (C)	22.22 (I)	66.67 (C)	11.11 (A)	-	100 (O)	22.22 (I)
<i>Cx. impudicus</i>	22.22 (I)	-	33.33	-	-	55.56 (R)	22.22 (I)
<i>An. labranchiae</i>	22.22 (I)	33.33 (I)	44.44 (R)	-	-	33.33 (I)	33.33 (I)
<i>An. claviger</i>	-	-	11.11(A)	77.78 (C)	-	-	-
<i>Ae. caspius</i>	11.11 (A)	-	-	-	-	-	-
<i>Ur. unguiculata</i>	-	-	-	-	-	11.11(A)	-
<i>Cx. mimeticus</i>	-	-	-	-	11.11(A)	-	22.22 (I)
<i>Cx. theileri</i>	-	-	-	-	-	11.11(A)	-
<i>Cx. perexiguus</i>	-	-	-	-	-	77.78 (C)	44.44 (R)
Saison pluviale							
<i>Cs. longiareolata</i>	-	54.54 (R)	18.18 (A)	-	41.66 (R)	-	-
<i>Cx. pipiens</i>	25 (I)	81.81 (O)	27.27 (I)	9.09 (A)	41.66 (R)	14.28(A)	-
<i>Cx. hortensis</i>	58.33 (R)	90.9 (O)	-	-	8.33(A)	57.14 (R)	63.64 (C)
<i>Cx. impudicus</i>	16.66 (A)	-	-	-	-	21.42 (I)	18.18 (A)
<i>An. labranchiae</i>	-	-	-	-	-	7.14(A)	41.67 (R)
<i>An. claviger</i>	0	-	27.27 (I)	36.36 (I)	16.66(A)	42.85 (R)	-
<i>Cs. annulata</i>	8.33 (A)	-	-	-	-	7.14 (A)	-
<i>Cx. laticinctus</i>	-	18,18 (A)	-	-	-	-	--
<i>An. algeriensis</i>	-	-	-	-	-	7,14 (A)	-
<i>Cx. theileri</i>	-	-	-	-	-	14.28 (A)	-
<i>Cx. perexiguus</i>	-	-	-	-	-	42.85(R)	36.36 (I)
Richesse spécifique	5	4	3	2	4	9	4

Occurrence % (classe). (A) accidentelle; (I) infrequente; (C) constante; (R) régulière; (O) omniprésente.

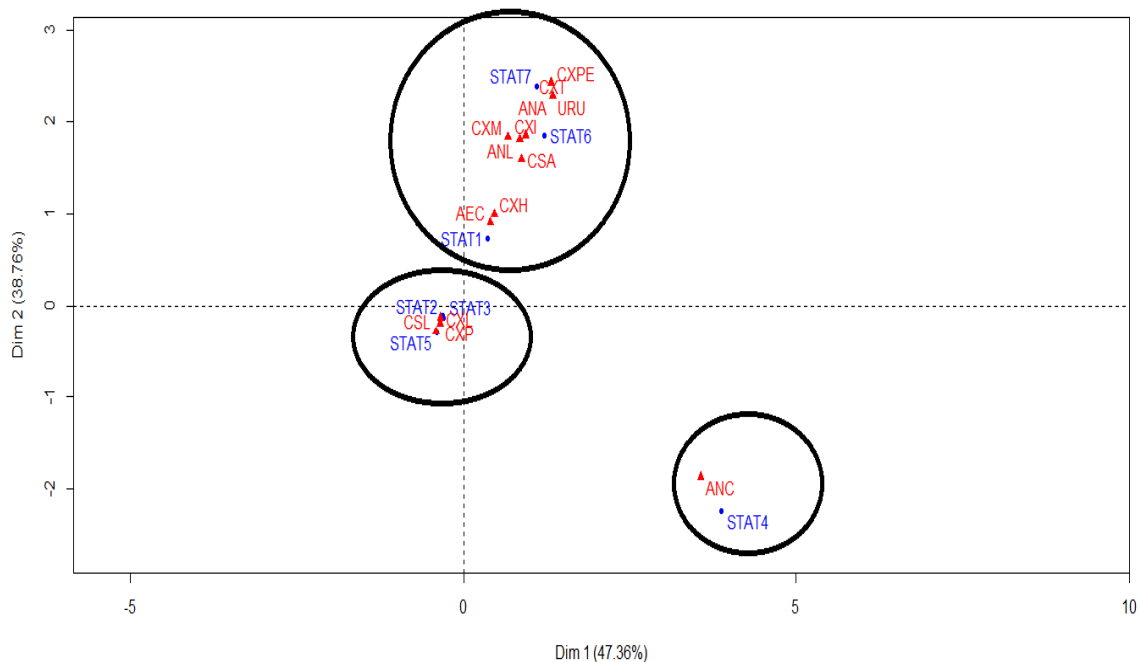
### 2.1.3. Analyse factorielle des composantes (Espèce / Site)

Afin de ressortir la répartition des différentes espèces recensées dans les sites permanents sur une représentation graphique, une analyse factorielle des correspondances est prise en considération. Le traitement de cette matrice a fourni un plan factoriel F1×F2, dont les axes totalisent un pourcentage d'inertie de l'ordre de 86, 12% (F1= 38.76%, F2= 47.36%) ce qui permet de faire ressortir une information significative sur la distribution des espèces (Fig.58). L'axe F1 sépare donc les données en trois groupes repartis dans trois quadrants différents: les sites S1, S7 et S6 se situent dans le quadrant I tandis que les stations S2, S3, S5, se trouvent dans le quadrant II, le site S4 se localise dans le quadrant III. Lorsque l'ensemble des espèces de Culicidae capturées est pris en considération dans le plan défini par les axes 1 et 2, trois groupements apparaissent:

**Le groupe 1** retient une seule espèce (*An. claviger*) qui est omniprésente dans le site 4.

**Le groupe 2** comporte les espèces *Cs. longiareolata*, *Cx. pipiens* et *Cx. laticinctus* qui sont communes dans les sites S1, S7 et S6.

**Le groupe 3** comporte le reste des espèces: *Cx. perexiguus*, *Cx. mimeticus*, *Ae. caspius*, *An. algeriensis*, *An. labranchiae*, *Ur. unguiculata*, *Cx. hortensis*, *Cx. theileri*, *Cx. impudicus*, *Cs. annulata* qui sont communes dans les sites S1, S6, S7.



**Figure 58.** Analyse factorielle des composantes pour la matrice (Espèce/ Site).

## 2.2. Les paramètres physico-chimiques de l'eau

Un suivi de cinq paramètres physico-chimiques caractérisant l'habitat larvaire est effectué de façon concomitante au suivi du cycle larvaire. Ces paramètres sont la température de l'eau, la salinité, la conductivité, l'acidité et l'oxygène dissous.

### 2.2.1. La salinité

La figure ci-dessous présente les variations annuelles des taux de salinité dans les sites d'études et qui fluctuent proportionnellement avec la conductivité, des pics atteignant environ 0.09% sont enregistrés dans les stations S4 et S5.

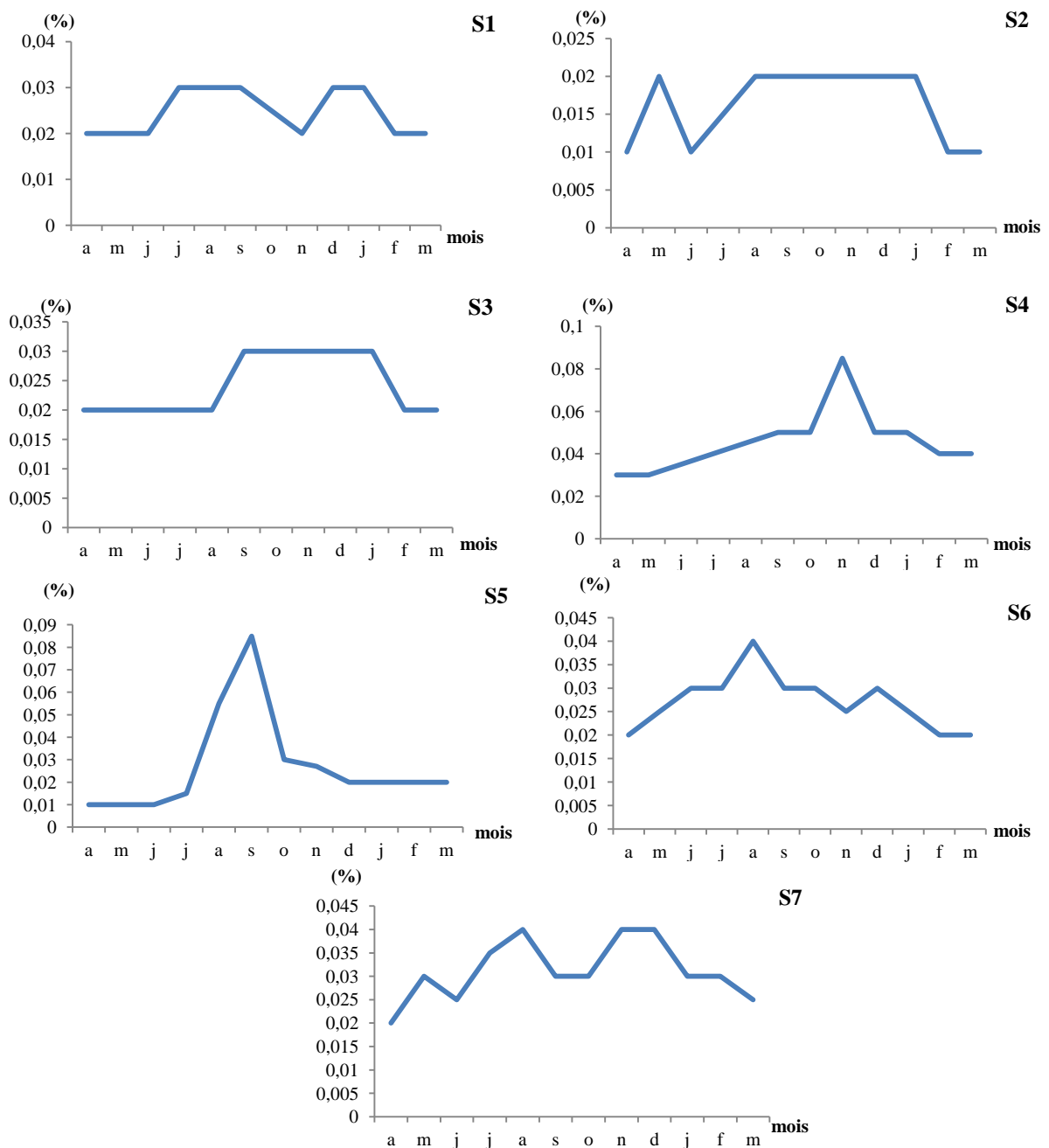


Figure 59. Fluctuation de la salinité dans les stations d'études.

2.2.2. Température

Les fluctuations des températures des sites représentées dans la Figure ci-après, évoluent en parallèle avec celles de l’atmosphère, les courbes obtenues affichent une variation saisonnière de même allure pour les différents sites avec un pic enregistré durant la période estivale. Les valeurs de températures diminuent progressivement par la suite durant la saison hivernale.

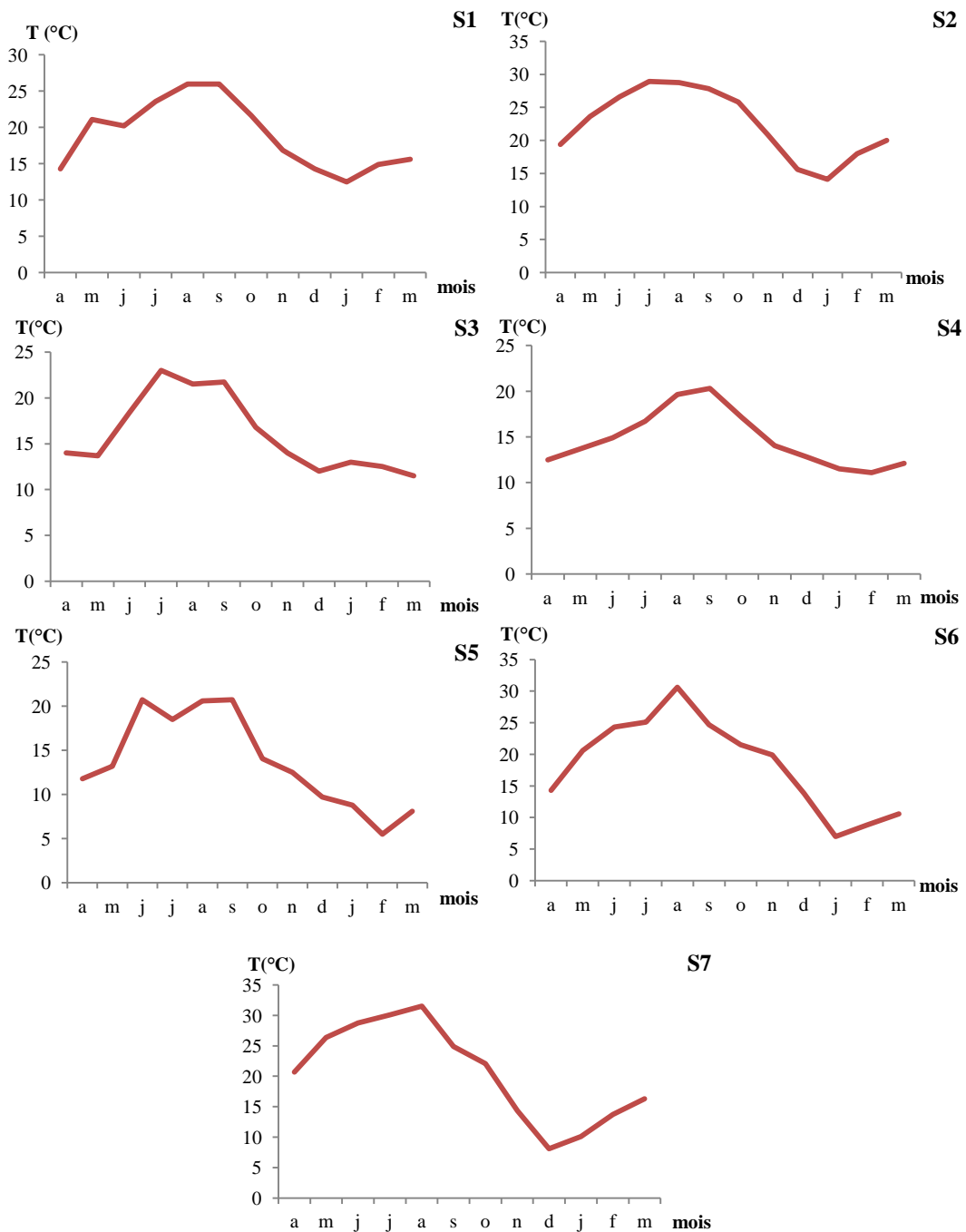


Figure 60. Fluctuation de la température dans les stations d’études.

2.2.3. Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous prélevées dans les stations d'études sont présentées dans la Figure 61, les fluctuations importantes des concentrations en oxygène dissous sont liées aux changements spatiaux. Des teneurs élevées sont enregistrées durant la période printanière, les sites sont bien oxygénés ce qui est probablement lié d'une part aux importantes précipitations enregistrées auparavant, d'autre part à la végétation abondante du milieu.



Figure 61. Fluctuation de l’oxygène dissous dans les sites d’études.

2.2.4. Fluctuation de l'acidité

Les fluctuations de l'acidité des eaux des sites d'étude sont représentées dans la Figure 62, les résultats dévoilent des fluctuations peu variables pour le pH de l'eau dans la plupart des sites, il est toutefois légèrement alcalin durant l'hiver, à cause des précipitations intenses ce qui dilue l'eau des sites et devient plutôt acide durant la période estivale.

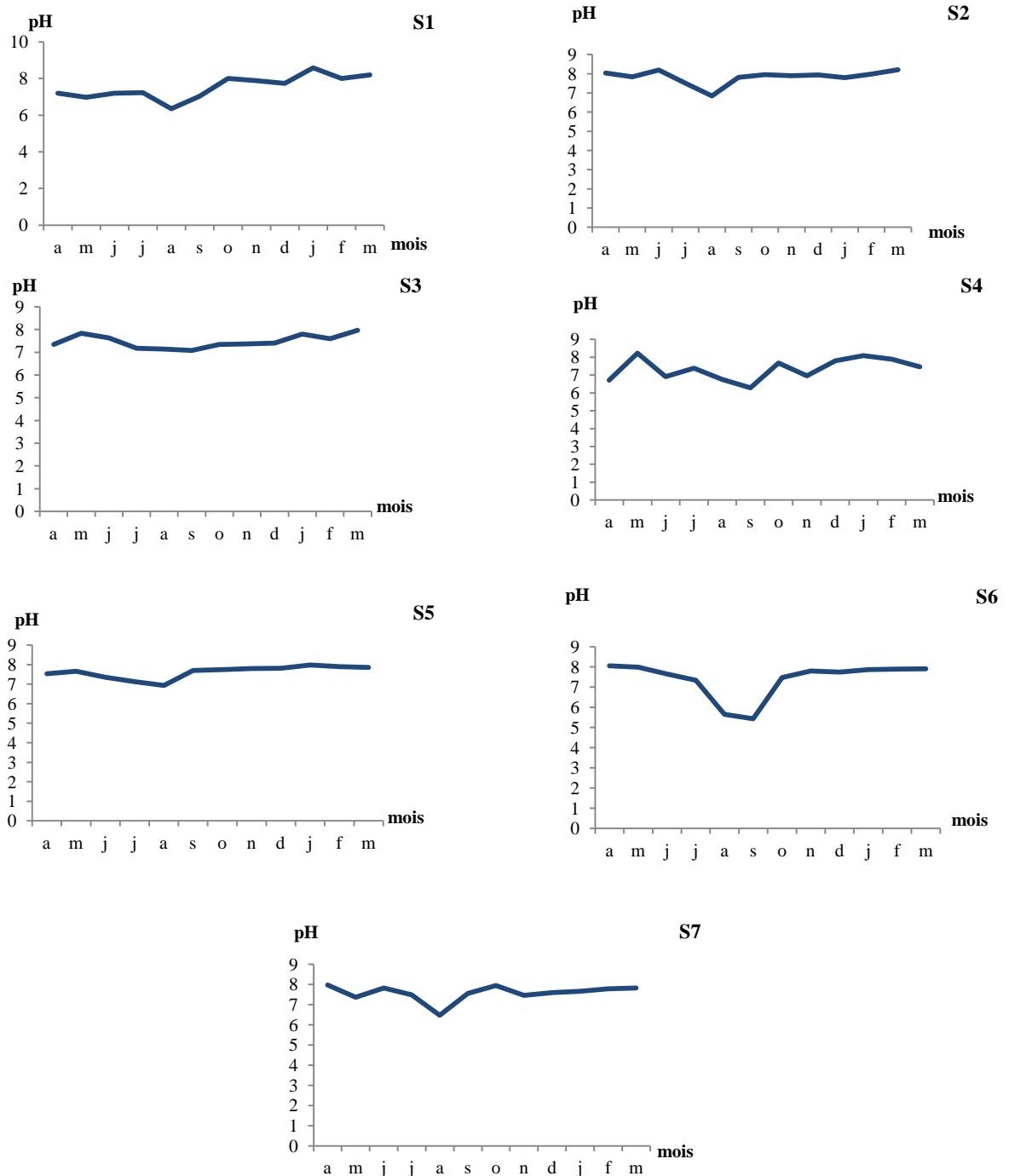
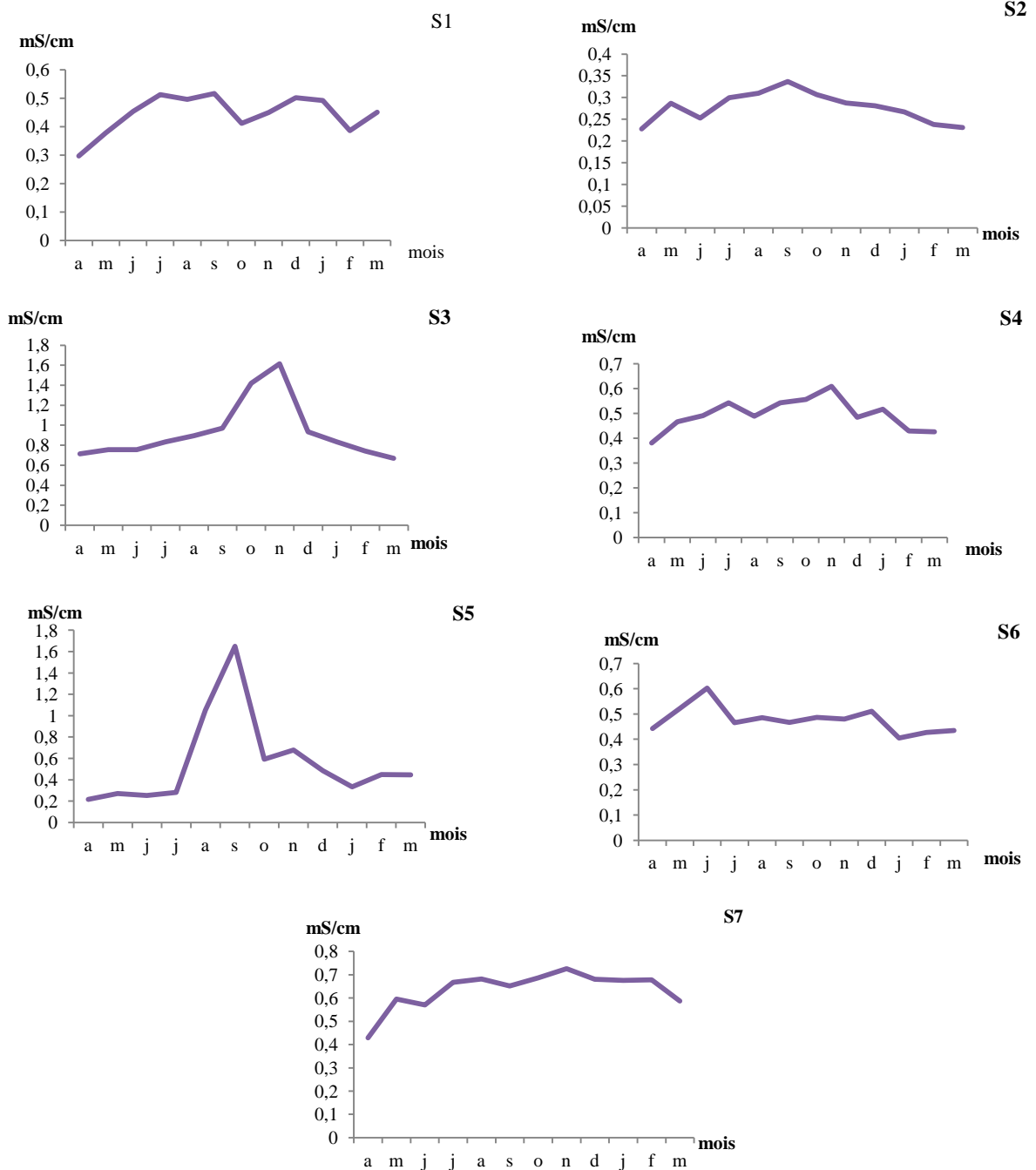


Figure 62. Fluctuations de l'acidité des eaux des sites d'études.

### 2.2.5. Fluctuation de la conductivité

La plus forte valeur de conductivité est enregistrée dans le site 5, suivi par le site S3 qui représente les sites les plus riches en espèces de Culicidae. La saison estivale est marquée par des conductivités les plus importantes cela s'explique par l'évaporation intense d'où une augmentation en teneurs en sels dissous dans l'eau des sites. Les courbes des stations S1, S2, S4, S6 indiquent une certaine constance et cela peut être expliqué par l'apport quotidien en eaux de surface (fente des neiges, précipitations).



**Figure 63.** Fluctuations de la conductivité des eaux des sites d'études.

### 2.3. Valeurs moyennes des caractéristiques physico-chimiques en fonction des saisons

Les propriétés physico-chimiques des sites étudiés selon les saisons sont reportées dans le tableau 10. La température moyenne de l'eau des sites étudiés varie au cours de la période d'étude, En effet, ces températures sont comprises entre 10.06 °C et 28.32 °C, elles sont plus faibles dans les sites ombragés, c'est le cas pour les sites 3, 4, 5 où la température moyenne durant la période sèche est de 19.67°C, 17.05°C, 18.76°C respectivement. Les valeurs moyennes du pH mesurées varient entre 6.81 et 7.97, un pH légèrement acide a été observé durant la saison sèche dans les sites 1 et 6, mais dans l'ensemble des sites étudiés, le pH était plutôt légèrement alcalin. La conductivité moyenne oscille entre 0.2627 au niveau du site 2 et 1.19 mS/cm au niveau du site 3. La teneur moyenne en oxygène dissous recensé au niveau des sites d'études est comprise entre 3.577 et 8.82 mg/L. Elle est plus élevée en saison pluviale qu'en saison sèche mais en général, le taux d'oxygène dissout reste relativement faible dans l'ensemble des sites. Les valeurs moyennes de la salinité enregistrées dans les sites d'études sont inférieures à 0.1 g/l. avec une légère diminution durant la saison pluviale.

**Tableau 10.** Moyennes des paramètres physico-chimiques en fonction des saisons

Site	Saison sèche					Saison pluviale				
	Salt %	T eau °C	OD mg/l	CD mS/cm	pH	Salt %	T eau °C	OD mg/l	CD mS/cm	pH
S1	0.026	23.35	5.21	0.4711	6.958	0.0235	15.72	5.93	0.427	7.95
S2	0.017	27.15	4.75	0.2972	7.641	0.01571	19.1	6.07	0.2627	7.97
S3	0.04	19.67	5.81	0.8423	7.372	0.0492	13.4	5.05	1.193	7.55
S4	0.022	17.05	8.56	0.5058	7.113	0.02571	13.02	7.38	0.4856	7.51
S5	0.035	18.76	7	0.7018	7.355	0.02101	10.06	4.78	0.457	7.8
S6	0.031	25.06	3.577	0.5085	6.813	0.02428	13.7	5.97	0.4551	7.82
S7	0.032	28.32	8.65	0.6334	7.341	0.03071	15.04	8.82	0.6378	7.75

Salinité: Salt; température de l'eau: T eau; Oxygène dissous: OD; Conductivité électrique: CD; Acidité: pH

### 3. Préférence en paramètres physico-chimiques des espèces recensées

Les moyennes et écartypes des paramètres physico-chimiques prélevés au sein des stations d'études sont calculés pour chaque espèce (Tab.11). Les espèces: *Cx. perexiguus*, *Cx. mimeticus*, *Cs. annulata* enregistrent les taux les plus élevés en salinité ( $0.032 \pm 0.005$ ), température ( $24.93^\circ\text{C} \pm 10.18$ ), oxygène dissous ( $9.6 \pm 2.828$ ) respectivement. Par contre *Cx. theileri*, *An. Algeriensis*, *Ur. unguiculata* ainsi que *Cx. laticinctus* enregistrent

les taux les plus faible en pH ( $7.09\pm 1.481$ ), température ( $8.8^{\circ}\text{C}$ ) et oxygène dissous ( $2.55$ ) et conductivité ( $0.297\pm 0.013$ ) chacune.

**Tableau 11.** Préférence en paramètres physico-chimiques des espèces recensées.

Espèces	Salt	T° eau	OD	CD	pH
<i>Ae. caspius</i> (1)	0.02	20.2	4.4	0.454	7.2
<i>Cx. pipiens</i> (36)	$0.029\pm 0.018$	$19.93\pm 5.389$	$5.056\pm 3.043$	$0.572\pm 0.376$	$7.5\pm 0.533$
<i>Cx. hortensis</i> (36)	$0.026\pm 0.009$	$19.81\pm 5.071$	$6.23\pm 3.15$	$0.49\pm 0.18$	$7.54\pm 0.593$
<i>Cx. impudicus</i> (17)	$0.027\pm 0.007$	$22.43\pm 5.794$	$6.33\pm 3.527$	$0.493\pm 0.131$	$7.45\pm 0.554$
<i>Cx. mimeticus</i> (3)	$0.028\pm 0.016$	$24.93\pm 10.18$	$7.63\pm 2.58$	$0.54\pm 0.232$	$7.21\pm 0.642$
<i>Cx. theileri</i> (3)	$0.032\pm 0.007$	$17.15\pm 11.84$	$4.01\pm 0.275$	$0.467\pm 0.018$	$7.09\pm 1.481$
<i>Cx. perexiguus</i> (13)	$0.032\pm 0.005$	$22.57\pm 6.563$	$5.42\pm 2.563$	$0.565\pm 0.105$	$7.23\pm 0.833$
<i>Cs. longiareolata</i> (21)	$0.028\pm 0.019$	$20.44\pm 5.214$	$4.74\pm 2.953$	$0.588\pm 0.417$	$7.59\pm 0.417$
<i>Cs. annulata</i> (2)	0.02	$14.3\pm 0.007$	$9.6\pm 2.828$	$0.369\pm 0.102$	$7.62\pm 0.603$
<i>Cx. laticinctus</i> (2)	0.02	$23.33\pm 3.5$	$4.7\pm 0.141$	$0.297\pm 0.013$	$7.93\pm 0.035$
<i>Ur. unguiculata</i> (1)	0.03	25.1	2.55	0.466	7.35
<i>An. algeriensis</i> (1)	0.02	8.8	7.15	0.427	7.9
<i>An. labranchiae</i> (17)	$0.031\pm 0.009$	$23.21\pm 6.505$	$5.46\pm 2.822$	$0.588\pm 0.19$	$7.26\pm 0.641$
<i>An. claviger</i> (21)	$0.0297\pm 0.015$	$14.18\pm 4.082$	$6.68\pm 3.461$	$0.588\pm 0.278$	$7.43\pm 0.558$

#### 4. Corrélations des paramètres physico-chimiques avec la production larvaire des espèces les plus abondantes.

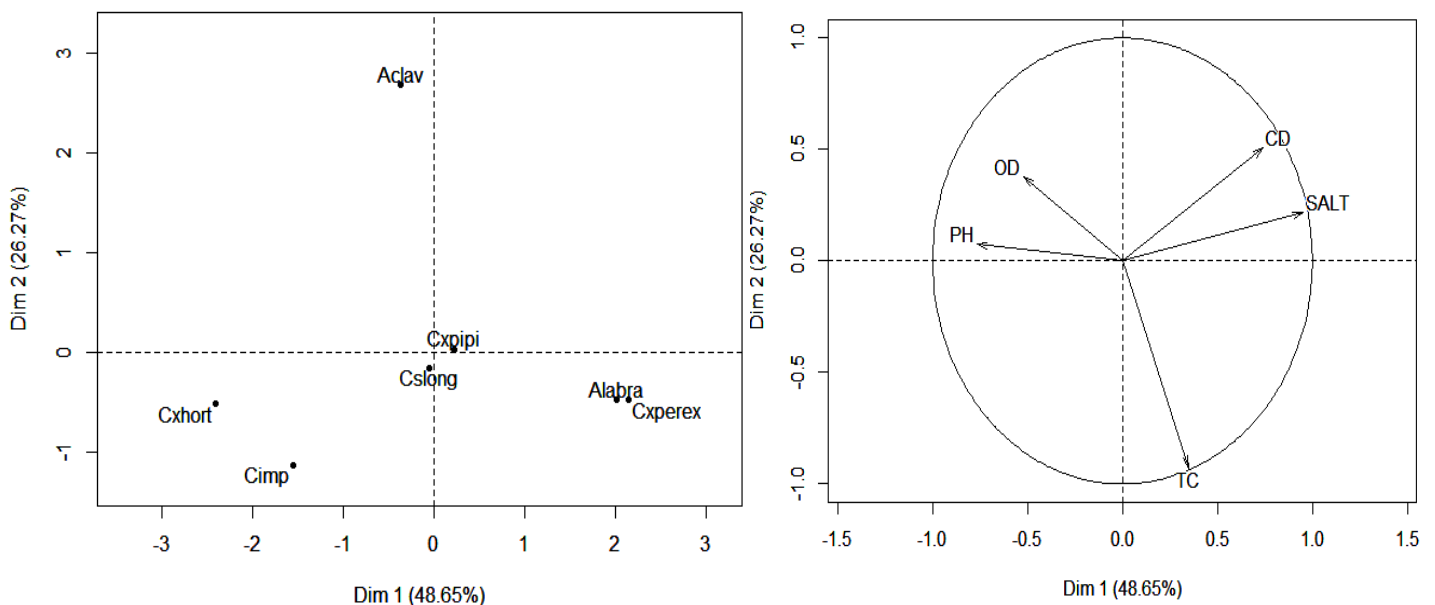
Les différents coefficients de corrélation entre les paramètres physico-chimiques et la productivité larvaire des espèces les plus fréquentes sont présentées dans le tableau 12. Il en ressort que la productivité larvaire de la plupart des espèces est corrélée négativement de façon non significative à l'acidité et à l'oxygène dissous et positivement à la salinité et à la température, cela pour la plupart des espèces, exception faite pour *An. claviger* qui semble être corrélée négativement avec tous les paramètres physico-chimiques. La productivité larvaire de certaines espèces comme *Cx. pipiens*, *Cs. longiareolata*, *Cx. hortensis* et *An. labranchiae* semble être corrélée positivement à la conductivité, par contre la productivité de *Cx. perexiguus*, *Cx. impudicus* et *An. claviger* est corrélée négativement et de façon non significative à la conductivité.

**Tableau 12.** Corrélations des paramètres physico-chimiques avec la production larvaire des espèces les plus abondantes.

Espèces	Salt	T eau	OD	CD	pH
<i>Cs. longiareolata</i>	0.237± 0.02	0.148 ± 0.17	-0.084±0.445	0.239±0.028	-0.166±0.12
<i>Cx. pipiens</i>	0.242±0.02	0.223 ±0.04	-0.165 ±0.133	0.239±0.028	-0.183±0.094
<i>Cx. hortensis</i>	0.090±0.41	0.347±0.001	-0.232 ±0.033	0.029±0.786	-0.166±0.131
<i>Cx. impudicus</i>	1.95e <sup>-05</sup> ±0.9	0.254±0.019	-0.062 ±0.569	-0.064±0.562	-0.037±0.736
<i>An. labranchiae</i>	0.126 ±0.25	0.42±0.00	-0.131±0.234	0.008±0.940	-0.46±9.6e <sup>-06</sup>
<i>Cx. perexiguus</i>	0.121±0.27	0.383 ±0.00	-0.171 ±0.121	-0.009±0.934	-0.357±0.001
<i>An. claviger</i>	-0.052±0.63	-0.062 ±0.57	-0.019 ±0.857	-0.003 ±0.976	-0.124±0.258

**5. Analyse des composantes principale ACP**

Les préférences des espèces en paramètres abiotiques sont présentées sous forme d'une ACP. Le cercle de corrélation (Fig.64) permet de voir la corrélation ou la liaison entre les variables. Il résume l'information sur le plan factoriel formé par les deux axes (F1/F2), Sur l'axe F1, les variables suivantes: Conductivité, salinité et température sont positivement corrélées, elles s'opposent aux variables relatives à l'acidité et Oxygène dissous situées de l'autre côté de l'axe (abscisses négatives). Sur l'axe 2, la température s'oppose aux autres variables. *An. claviger* se distingue et semble être corrélée négativement avec tous les paramètres physico-chimiques, *Culex perexiguus* et *An labranchiae* qui sont significativement corrélé négativement et de à l'acidité.



**Figure 64.** Analyse des composantes principales pour la matrice (Espèce/paramètre physico-chimique).

## 6. Discussion

Dans la présente étude menée sur une année, les paramètres physico-chimiques de l'eau des sites d'études de la région de Tizi-Ouzou tel que la température, le pH, la conductivité électrique, l'oxygène dissous et la salinité ont été mesurés.

La température moyenne de l'eau des sites étudiés est comprise 10.06 °C et 28.32°C, favorable au développement de plusieurs espèces de moustiques. Le pH de l'eau des stations 4.5 et 6 est légèrement acide, mais pour l'ensemble des stations les valeurs moyennes de ce paramètre sont comprises entre un minimum 6.81 et un maximum 7.97, incluses dans la fourchette (6.5-8.5) de la classe excellente des eaux de surfaces selon la grille de qualité des eaux de surface (Matuhe, 2002).

Le pH de l'eau reflète également l'activité biologique du milieu. Une alcalinisation du milieu peut être causée par une hausse de l'activité photosynthétique dans les sites (Serghini et al., 2010). On note une certaine corrélation entre le pH des eaux et le genre de moustique identifié à savoir, le genre *Anopheles* qui préfère le pH acide tandis que le genre *Culex* a tendance aux pH neutres et basiques.

L'étude de la densité larvaire des sites d'études et de certains paramètres physico-chimiques a permis de déduire les préférences de certaines espèces. *Anopheles algeriensis* semble tolérer les eaux faiblement salines (Becker et al. 2010), elle est recensée dans une eau fraîche dont le taux de salinité ne dépasse pas 0.02. *Culex laticinctus* et *Culex mimeticus* préfèrent les sites ensoleillés à température élevée (Himmi, 2017), elles sont recensées dans nos sites à une température moyenne de 23.33°C et 24.93 °C chacune. *Culex theileri* par contre est recensé à une température moyenne de 17.15°C, selon (Hadji et al., 2013), cette espèce ne supporte pas les températures extrêmes. Décrite comme espèce aimant le froid (Trari et Dakki, 2017), *Anopheles claviger* est négativement corrélé à la température de nos sites, elle est recensé à une température moyenne de 14.18 °C, elle est plutôt fréquente dans les sites ombragés aux eaux fraîches. La température de l'eau de nos sites varie de 5°C à 31°C, elle est corrélé positivement est de façon significative avec la densité de la plupart des espèces identifiées. Elle semble donc avoir une bonne influence sur le développement larvaire des moustiques (Muirhead-thomson, 1951). les effectifs larvaires de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* sont bien corrélés avec la température, conductivité et salinité, Ces paramètres figurent être important dans l'apparition et la fluctuation des populations larvaires des moustiques de la région de Boussaâda où les espèces *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* sont les plus abondantes (Benhissen et al., 2018). Tandis que l'effectif de la plupart des

espèces est peu ou pas corrélé avec le pH et l'oxygène dissous de nos sites, celle d'*Anopheles labranchiae* et de *Culex perexiguus*, y est significativement corrélée.

Selon les travaux d'Ahmed et *al.* (2010) et ceux de El-Naggar et *al.* (2018), le pH et la salinité n'ont pas d'effet significatif sur la dynamique de la population larvaire. Par contre, Rageau et *al.*(1952) affirment que les larves d'*Anopheles* préfèrent les eaux à pH acide. Au Maroc, les biotopes caractérisés par des teneurs basses en oxygène dissous, des températures de l'ordre de 27°C, une faible conductivité variant entre 595 et 1300  $\mu\text{s}$  abritent l'espèce *Anopheles labranchiae* (Lalami et *al.*, 2010).

En accord avec nos résultats, la densité larvaire (*Culex*, *Anopheles*) dans la région d'Iraq (Hanafi-bojd et *al.*, 2012) et d'Egypte (Ibrahim et *al.*, 2011) est non significativement reliée à certains paramètres physico-chimiques, cela peut indiquer que d'autres facteurs sont impliqués dans la variation de l'abondance des espèces de moustique dans la région de Tizi-Ouzou. En effet, selon Bauer et *al.*(2011), d'autres paramètres comme l'ensoleillement, la compétitions, la taille du site ainsi que la végétation peuvent affecter la dynamique des populations des moustiques. Tandis que Gba et *al.* (2021) affirment que la croissance des larves a été beaucoup influencée par la nourriture et la densité larvaire.

# Chapitre III.

## Résultat et discussion

### Partie 3.

#### Moustiques et prédateurs dans le barrage de Taksebt

Les zones humides représentent l'un des sites de reproduction caractéristiques des moustiques. Selon Rey et *al.* (2012), il est nécessaire de lutter contre ces vecteurs dans ce type de milieu pour la gestion des maladies vectorielles. Plusieurs travaux dans le domaine, ont étudié la composition des zones humides en espèces de moustiques (Robert et *al.*, 2019; Merabti et *al.*, 2021). Toutefois, peu sont les études entreprises dans l'étude de l'efficacité de la prédation des insectes et la relation entre la densité des moustiques et des prédateurs. La présente étude a été consacrée à la composition structurelle et à la détermination systématique des espèces dans le barrage de Taksebt, ainsi qu'à l'évaluation de la relation de prédation.

#### 3.1. Variation des indices de structure écologique pour l'entomofaune aquatiques dans le barrage de Taksebt

**Tableau 13.** Indices de structure écologique établis pour l'entomofaune aquatiques dans le barrage de Taksebt.

Site	P1	P2	P3	T1	T2	T3
<b>Prélèvement</b>	24 (13)	24 (20)	22 (16)	10 (6)	8 (6)	6 (4)
<b>Effectif</b>	201	428	121	383	92	77
<b>Richesse totale(S)</b>	13	18	10	6	2	3
<b>Indice de Shannon (H')</b>	1.84	1.91	1.71	0.59	0.58	0.19
<b>H max</b>	3.7	4.17	3.32	2.58	1	0.51
<b>Indice d'Equitabilité (E)</b>	0.5	0.46	0.51	0.23	0.58	0.37
<b>Indice de Simpson (D<sub>1</sub>)</b>	0.77	0.78	0.76	0.29	0.40	0.08

Prélèvement: total (prélèvement positif), t= sites temporaire, p= site permanent.

La diversité des espèces allait de 2 à 18 et le nombre de spécimens variait de 92 à 428. La durée d'échantillonnage différait en raison de l'assèchement des sites temporaires supprimés. Les espèces prédatrices ont été collectées uniquement dans les habitats permanents. L'indice de diversité de Shannon est le plus élevé (1.71, 1.84, 1.91) sur les sites permanents et le plus bas (0.19, 0.58, 0.59) sur les sites temporaires. L'indice de Simpson est le plus élevé sur les sites permanents (0.76, 0.77, 0.78) et le plus bas (0.08, 0.29, 0.40) sur les sites temporaires, indiquant que les populations étaient plutôt homogènes sur les sites temporaires et hétérogènes sur les sites permanents.

3.2. Diversité et abondance des espèces de moustiques dans le barrage de Taksebt

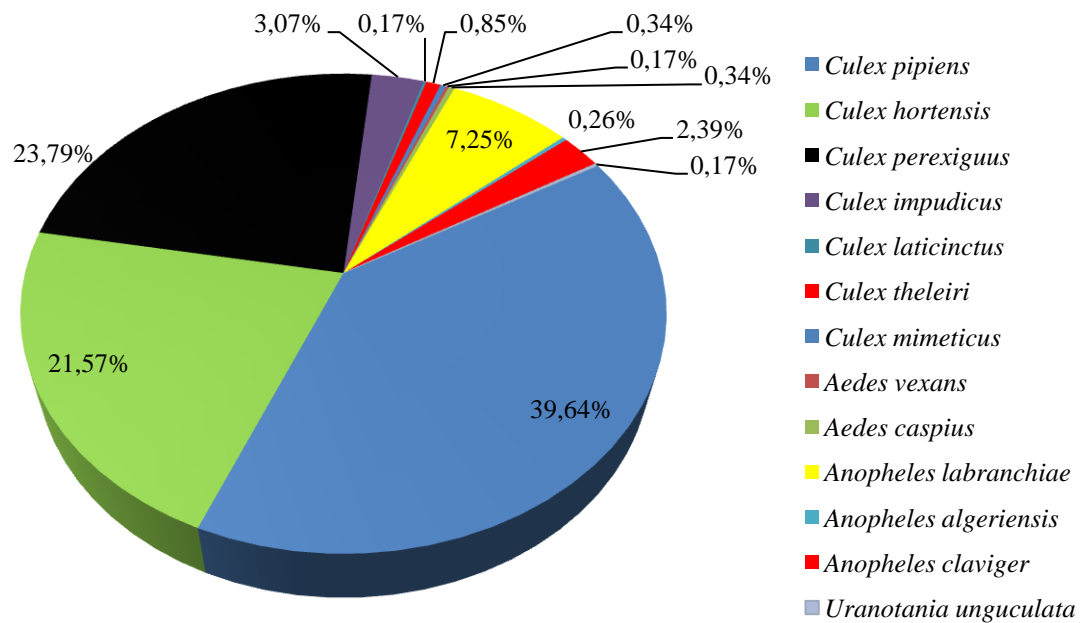


Figure 65. Abondance des espèces de moustiques dans le Barrage de Taksebt.

L'analyse des résultats a montré que la faune culicidienne au niveau du Barrage de Taksebt est représentée par 13 espèces, appartenant à trois sous-familles, celles des Culicinae représentées par les espèces: *Cx. laticinctus*, *Cx. perexiguus*, *Culex hortensis*, *Cx. pipiens*, *Cx. theileri*, *Cx. mimeticus*, *Cx. impudicus*, celles des Anophelinae: *An. maculipennis*, *An. claviger*, *An. algeriensis*, et des Aedinae: *Ae. caspius* et *Ae. vexans*. *Cx. pipiens* est l'espèce la plus abondante avec un taux de 39.64% suivie de *Cx. perexiguus* et *Cx. hortensis* avec un taux de 23.79% et 21.57 chacune.

### Chapitre III. 3. Moustiques et prédateurs dans le barrage de Taksebt

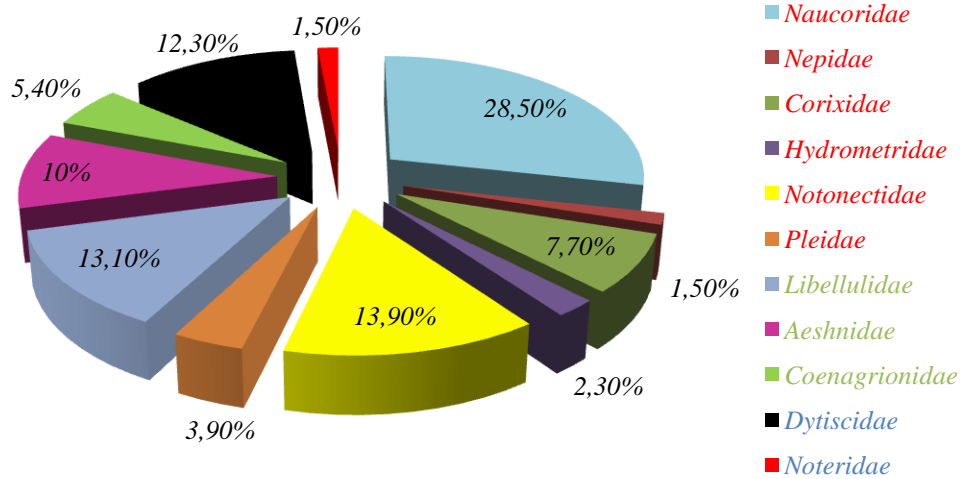
Le tableau suivant présente l'abondance des espèces de moustiques recensés dans les sites temporaires et permanents du barrage de Taksebt.

**Tableau 14.** Diversité et abondance des espèces et moyennes  $\pm$ ES de moustiques dans les sites étudiés.

Genre	Espèce	Stations temporaires			Stations permanentes		
		T1	T2	T3	P1	P2	P3
<b>Culex</b> 89.42%	<i>Cx. pipiens</i>	83.6% (53.3 $\pm$ 35.2)	72.8% (11.17 $\pm$ 4.7)	96.1% (18.5 $\pm$ 8.5)	-	1.1% (0.2 $\pm$ 0.1)	-
	<i>Cx. hortensis</i>	12.5% (8 $\pm$ 2.4)	27.2% (4.17 $\pm$ 1.7)	1.3% (0.25 $\pm$ 0.3)	28.5% (3.5 $\pm$ 0.7)	32.8% (5.8 $\pm$ 2)	17.6% (1.2 $\pm$ 0.4)
	<i>Cx. perexiguus</i>	-	-	-	50% (6.1 $\pm$ 1.7)	42.6% (7.6 $\pm$ 2.6)	44.4% (3 $\pm$ 1.4)
	<i>Cx. impudicus</i>	-	-	-	14.6% (0.5 $\pm$ 0.3)	5.1% (0.9 $\pm$ 0.3)	9.3% (0.6 $\pm$ 0.3)
	<i>Cx. laticinctus</i>	0.5% (0.3 $\pm$ 0.3)	-	-	-	-	-
	<i>Cx. theleiri</i>	1.6% (1 $\pm$ 0.5)	-	-	-	1.1% (0.2 $\pm$ 0.1)	-
	<i>Cx. mimeticus</i>	-	-	-	-	-	3.7% (0.3 $\pm$ 0.2)
<b>Aedes</b> 0.51%	<i>Ae. vexans</i>	-	-	2.6% (0.5 $\pm$ 0.5)	-	-	-
	<i>Ae. caspius</i>	-	-	-	2.5% (0.3 $\pm$ 0.2)	-	-
<b>Anopheles</b> 7.51%	<i>An. labranchiae</i>	1% (0.7 $\pm$ 0.4)	-	-	4.4% (1.8 $\pm$ 0.6)	8.8% (1.6 $\pm$ 0.9)	25% (1.7 $\pm$ 0.6)
	<i>An. algeriensis</i>	0.8% (0.5 $\pm$ 0.4)	-	-	-	-	-
	<i>An. claviger</i>	-	-	-	-	7.9% (1.6 $\pm$ 0.6)	-
<b>Uranotaenia</b> 0.17%	<i>Ur. unguiculata</i>	-	-	-	-	0.6% (0.1 $\pm$ 0.1)	-
<b>4</b>	<b>13</b>	<b>383</b>	<b>92</b>	<b>77</b>	<b>201</b>	<b>428</b>	<b>121</b>

On note une nette dominance de *Culex pipiens* dans les sites temporaires (83.55%, 72.83%, 96.10%) et sa faible présence dans les sites permanents. Tandis que *Culex perexiguus* semble être plus abondant dans les sites de nature permanents avec les taux de 50%, 42.81%, 44.44%.

3.3. Abondance des prédateurs appartenant au groupe OCH (Odonates, Coléoptères et Hémiptères) échantillonnés dans le Barrage.



**Figure 66.** Abondance des familles du groupe (OCH) dans le Barrage de Taksebt.

Onze Famille d'insectes appartenant au groupe OCH ont été récoltées au niveau des sites permanents du barrage. Six familles ont été enregistrées dans l'ordre des Hemiptera, avec des membres de la famille Naucoridae (28.5%) qui dominant. Trois familles ont été enregistrées au sein des Odonata, dominées par la famille Libellulidae (13.1%), tandis que l'ordre des Coleoptera comptait deux familles dominées par les Dytiscidae (12.3%).

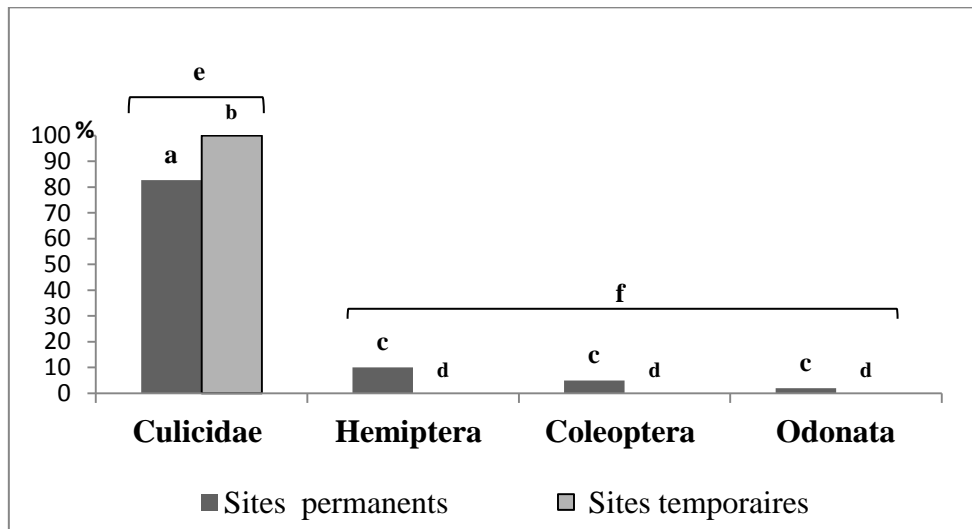
Le tableau suivant présente la composition et l'abondance des espèces prédatrices de Culicidae recensées dans les sites permanents du barrage de Taksebt.

**Tableau 15.** Abondance des espèces prédatrices (OCH) de moustiques larvaires échantillonnées sur les sites permanents.

Ordre	Famille	Especce	T1	T2	T3	Abondance
<b>Hemiptera</b> 57.69%	Naucoridae	<i>Naucoris maculatus</i> Fabricius 1798	-	1.9±0.5	-	<b>28.46%</b>
	Nepidae	<i>Nepa cinerea</i> Linnaeus 1758	-	-	1±0.1	1.54%
	Corixidae	<i>Corixa affinis</i> Leach 1817	0.3±0.2	0.3±0.2	-	7.69%
	Hydrometridae	<i>Hydrometra stagnorum</i> Linnaeus 1758	-	-	0.2±0.1	2.31%
	Notonectidae	<i>Notonecta glauca</i> Linnaeus 1758	0.8±0.7	0.4±0.1	-	<b>13.85%</b>
	Pleidae	<i>Plea minutissima</i> Leach 1817	-	0.3±0.2	-	3.85%
<b>Odonata</b> 28.46%	Libellulidae	<i>Orthetrum cancellatum</i> Linnaeus 1758	-	0.2±0.1	-	2.31%
		<i>Crocothemis erythrea</i> Brullé 1832	0.8±0.4	-	-	7.69%
		<i>Sympetrum striolatum</i> Charpentier 1840	-	-	0.1±0.1	1.54%
		<i>Sympetrum fonscolombii</i> Sélys 1840	0.2±0.1	-	-	1.54%
	Aeshnidae	<i>Aeshna mixta</i> Latreille 1805	0.1±0.1	0.5±0.2	-	8.46%
		<i>Anax imperator</i> Leach 1815	-	0.1±0.1	-	0.77%
		<i>Anax parthenope</i> Selys 1839	0.1±0.1	-	-	0.77%
Coenagrionidae	<i>Ischnura graellsii</i> Rambur 1842	-	-	0.3±0.2	3.85%	
	<i>Coenagrion scitulum</i> Rambur 1842	-	0.1±0.1	-	1.54%	
<b>Coleoptera</b> 13.85%	Dytiscidae	<i>Laccophilus minutus</i> Linnaeus 1758	1±0.5	-	-	10%
		<i>Hyphydrus aubei</i> Ganglbauer 189	-	0.05±0.05	-	0.77%
		<i>Ilybius</i> sp. Erichson 1832	-	0.05±0.05	-	0.77%
		<i>Agabus didymus</i> Olivier 1795	-	-	1±0.1	0.77%
	Noteridae	<i>Noterus laevis</i> Sturm 1834	0.2±0.2	-	-	1.54%
<b>3</b>	<b>11</b>	<b>20</b>	<b>43</b>	<b>74</b>	<b>13</b>	<b>130</b>

Un total de 130 prédateurs macroinvertébrés appartenant à 3 ordres: Hemiptera (57.69%), Odonata (28.46%) et Coleoptera (13.85%) ont été collectés dans l'habitat permanent des moustiques. (Tab. 15). Vingt espèces sont recensées dont neuf appartenant à l'ordre des odonates, six à l'ordre des Hémiptère et cinq à l'ordre des Coléoptère. *Naucoris maculatus* est l'espèce la plus abondante avec un taux de 28.46%, suivis par *Notonecta glauca*, avec un taux de 13.85%.

3.4. Comparaison des abondances



**Figure 67.** Comparaison entre les abondances d'insectes aquatiques des sites permanents et temporaires.  $P < 0.05$ . (ANOVA un facteur pour la comparaison des taxons: (e.f); Sites-prédateurs (c.d); Sites-culicidae:(a.b).

La figure 67 montre une comparaison par test de Tukey à sens unique des différences significatives entre l'abondance des moustiques et des prédateurs dans les sites du barrage de Taksebt. En effet, il y avait une différence significative entre l'abondance des prédateurs et des moustiques ( $df=3$ ;  $f=340.44$ ;  $P < 0.001$ ), mais aussi une différence entre l'abondance des moustiques dans les sites temporaires et permanents ( $df=1$ ;  $f=28.23$ ;  $P < 0.05$ ), ainsi qu'une différence significative dans l'abondance des prédateurs dans les sites temporaires et permanents ( $df=1$ ;  $f=18.42$ ;  $P < 0.001$ ).

3.5. Effet de la prédation sur les larves de moustiques

Tableau 16. Corrélacion entre les abondances de larves de moustiques et de prédateurs.

Variable principale		Estimation	Valeur SE	Valeur Z	Valeur P
Abondance d'espèces totales	(Intercept)	4.66334	0.31421	14.841	< 2e-16 *
	Odonata	-0.04731	0.09044	-0.523	0.60092
	Hemiptera	-0.13313	0.05151	-2.584	<b>0.00976 *</b>
	Coleoptera	-0.04495	-0.04495	-0.340	0.73383
Abondance des <i>Anopheles</i>	(Intercept)	3.02093	0.14494	20.843	< 2e-16 *
	Odonata	-0.40112	0.09937	-4.037	<b>5.42e-05 *</b>
	Hemiptera	-0.05944	0.02681	-2.217	<b>0.0266 *</b>
	Coleoptera	0.17635	0.14106	1.250	0.2112
Abondance des <i>Culex</i>	(Intercept)	4.44394	0.58659	7.576	3.57e-14 *
	Odonata	0.02724	0.16543	0.165	0.8692
	Hemiptera	-0.16912	0.09523	-1.776	0.0758
	Coleoptera	-0.04882	0.24023	-0.203	0.8390

Erreur standard (SE)

Le premier modèle GLM (avec binomiale négative) a considéré toutes les larves de moustiques, tandis que le deuxième modèle a considéré les larves d'*Anopheles spp.* uniquement et le troisième modèle a utilisé les larves de *Culex spp.* uniquement. Le premier modèle a révélé que toutes les larves de moustiques étaient affectées uniquement par l'abondance des espèces de l'ordre des Hémiptères, tandis que le deuxième modèle a estimé que l'abondance des espèces d'*Anopheles* était significativement affectée par celles des Odonata et des Hémiptères spp. et non par l'abondance des Coléoptères. Alors que pour le troisième modèle, l'effet de prédation entre les larves de *Culex* et les prédateurs n'était pas significatif.

#### Discussion

Les zones humides remplissent des rôles écologiques essentiels, en fournissant un habitat aux organismes résidents et migrateurs (Mercer et *al.*, 2005). Cependant, elles fournissent également un habitat très approprié pour les moustiques (Diptera : Culicidae). Bien que toutes les zones humides soient associées à la nuisance des culicidés, les moustiques montrent une variation à la fois spatiale et temporelle, ainsi qu'une inégalité entre les zones humides. La lutte contre les moustiques est devenue un enjeu majeur dans le cadre de la conservation des zones humides. L'utilisation de contrôles chimiques et microbiens est limitée dans les zones humides en raison de leur impact potentiel sur la biodiversité (Saha et *al.*, 2014), d'autre part, la lutte biologique est un moyen de contrôle des moustiques respectueux pour l'environnement, promu afin d'éviter les dommages causés par les insecticides (Liu 2015). La lutte biologique est considérée comme un moyen durable qui pourrait être inclus dans un programme de gestion intégrée des vecteurs. Elle implique des organismes naturels tels que des plantes (Pavela et *al.* 2019), les bactéries et champignons entomopathogènes (Tyagi et Dhanasekaran, 2018), et surtout les prédateurs. La prédation sur les stades larvaires tardifs des moustiques pourrait réduire considérablement la densité de la population, les poissons prédateurs (Cohen et Silberbush, 2021), les amphibiens (Sarwar, 2015) et les insectes aquatiques (Mansoreh et *al.* 2014) sont connus pour inhiber les sites de reproduction des moustiques et réduire leur abondance. Selon Schrama et *al.* (2018), la présence de prédateurs d'insectes a diminué la survie des larves de moustiques et l'émergence des adultes de 20 à 50 %. En fait, de nombreux insectes aquatiques des ordres Coleoptera (DeSiervo et *al.*, 2020), Diptera (Moirangthem et *al.*, 2018), Hemiptera (Allo et Mekhlif, 2019) et Odonata (Córdoba-Aguilar et *al.*, 2021) sont connus pour être des prédateurs de moustiques.

Nous avons collecté 1172 larves de moustiques parmi les six sites de reproduction du barrage de Taksebt, avec un total de 94 échantillons. Des larves des quatre genres de moustiques *Culex*, *Anopheles*, *Aedes* et *Uranotaenia* ont été trouvées et une liste de 13 espèces a été identifiée. *Culex* était le genre le plus riche en espèces, *Culex pipiens* était l'espèce dominante dans les sites temporaires et *Culex perexiguus* dans les sites permanents. La grande plasticité du complexe *Culex pipiens* à un large éventail de conditions écologiques en Algérie a été démontrée (Amara korba et *al.*, 2016) et selon Lafri et *al.* (2019), ces deux espèces sont des vecteurs potentiels du virus du Nil occidental dans la région.

Les principaux groupes d'insectes aquatiques prédateurs des moustiques dans les habitats de Taksebt ont été suggérés dans le tableau 15. Un total de vingt espèces de trois

ordres (Odonata, Coleoptera et Hemiptera) a été enregistré, appartenant à 18 genres (*Naucoris*, *Nepa*, *Corixa*, *Hydrometra*, *Notonecta*, *Plea*, *Orthetrum*, *Crocothemis*, *Sympetrum*, *Aeshna*, *Anax*, *Ischnura*, *Coenagrion*, *Laccophilus*, *Hyphydrus*, *Ilybius*, *Agabus*, *Noterus*).

La richesse en espèces, la diversité et le nombre d'insectes aquatiques ont montré une différence significative entre les sites permanents et temporaires (Tab.13). Selon Pintar et Resetarits Jr (2020), la répartition entre l'habitat permanent et temporaire est l'une des caractéristiques abiotiques les plus dominantes qui influencent la structure des communautés dans les systèmes d'eau douce. L'entomofaune aquatique est moins diversifiée dans les sites temporaires, en fait, les insectes prédateurs étaient présents uniquement dans les habitats permanents, en accord avec le résultat de Fischer et Schweigmann (2008) indiquant que la prédation dans les habitats temporaires est moins importante que dans les habitats permanents. En effet, l'eau du site de reproduction doit persister suffisamment longtemps pour permettre la colonisation par les espèces prédatrices. Selon Vonesh et Blaustein (2010), la densité et la diversité des prédateurs de moustiques peuvent affecter directement l'abondance des larves de moustiques par la prédation et indirectement en empêchant la ponte des moustiques adultes femelles et un effet négatif de la prédation pourrait être détecté après cinq mois d'échantillonnage (Ohba et al., 2015).

L'abondance des larves de moustiques dans le barrage de Taksebt a été négativement affectée par l'abondance des prédateurs (Table 16). Une relation négative entre les larves de moustiques et les abondances des espèces d'Hémiptères a été observée. Nattawut et al. (2019) ont rapporté que les membres des Hémiptères suppriment de manière significative la densité des *Culex spp.* Dans la présente étude, les Hémiptères étaient le groupe le plus abondant (57%), Notonectidae et Naucoris sont les prédateurs d'Hémiptères les plus abondants. Selon Silberbush et al (2014), la présence de prédateurs Notonectidae dans les plans d'eau peut réduire la ponte des moustiques adultes. Avec une prédation moyenne journalière de 71.5 larves, la nageoire dorsale a été décrite comme le prédateur le plus agressif sur les larves de moustiques anophèles (EBA et al., 2021). Alors que Buxton et al. (2020) ont déclaré que les Notonectidae colonisent une large gamme d'habitats aquatiques où ils sont souvent des prédateurs supérieurs. De plus, neuf espèces d'Odonata ont été identifiées et ont montré un effet négatif sur l'abondance des *Anopheles spp.* En fait, diverses espèces de l'ordre des Odonata sont connues pour être des prédateurs voraces de larves de moustiques (Weterings et al. 2015). Les libellules et les demoiselles sont parmi les principaux prédateurs associés aux

larves d'anophèles (Roux & Robert, 2019), d'après les résultats de tests en laboratoire, on a constaté que les Libellulidae se nourrissaient des larves à un taux plus élevé que les Coenagrionidae (Dasrat et Maharaj, 2021). Dans les zones humides suédoises, les coléoptères se sont avérés appropriés pour la lutte biologique contre les moustiques (Vinnersten et al., 2009). Des espèces des genres *Laccophilus*, *Agabus*, *Noterus*, *Ilybus* et *Hyphydus* ont déjà été sélectionnées pour réduire les larves de moustiques (Ohba et al., 2013) et des études expérimentales (Vinnersten et al., 2015) ont détecté des larves d'*Aedes* dans l'intestin de coléoptères plongeurs (Dytiscidae). Cependant, il n'y avait pas d'effet de prédation des espèces de coléoptères sur les larves de moustiques dans notre étude et l'efficacité de prédation des membres de coléoptères identifiés reste inconnue. Selon Pintar et al. (2021), les différences dans les caractéristiques biotiques et abiotiques de l'habitat sont également impliquées dans la variation géographique des interactions entre les espèces, et la compréhension des facteurs favorisant la cooccurrence des moustiques et des macro-invertébrés peut contribuer au contrôle des maladies vectorielles (Dida et al., 2015).

En conclusion, certains insectes aquatiques jouent un rôle important dans le contrôle biologique des larves de moustiques dans les zones de reproduction. La compréhension de l'écologie et du rôle de ces insectes aquatiques aidera les autorités à développer de nouvelles méthodes de lutte anti-vectorielle.

# **Chapitre III.**

## **Résultat et discussion**

### **Partie 4.**

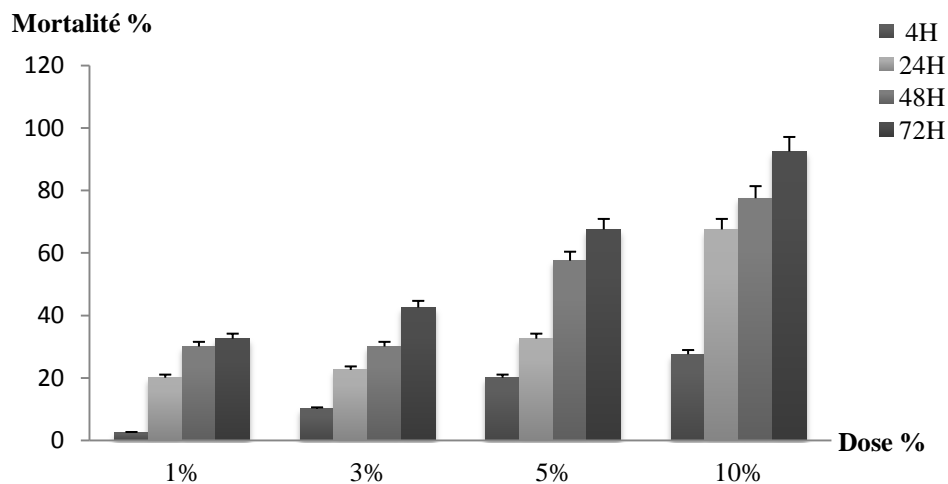
#### **Essai de lutte**

En raison de l'utilisation d'insecticides chimiques et de leur impact nocif sur la santé et l'environnement (Ansari et *al.*, 2014), des alternatives naturelles telles que les extraits de plantes sont utilisées pour remplir le même rôle que les insecticides synthétiques (Isman, 2020). Les extraits de plantes ont des effets toxiques contre différentes espèces de moustiques (Arivoli et *al.*, 2012 ; Nisar et *al.*, 2021) et leur utilisation comme insecticides est connue depuis longtemps (Wagner et *al.*, 2012). Le pyrèthre, la nicotine et la roténone sont déjà reconnus comme agents de lutte contre les insectes (Crosby, 1966). L'utilisation des extraits de plantes comme type de lutte contre les insectes en Algérie a commencé à se développer, à travers une multitude de travaux récents (Benhissen et *al.*, 2019; Draouet et *al.*, 2020; Djeddar et *al.*, 2021). Une partie de la présente étude a été menée pour évaluer l'efficacité larvicide des trois extraits de plantes contre les larves de quatrième stade de *Culex pipiens*. Il s'agit du robinier faux-acacia *Robinia pseudoacacia*, du Genêt à balais *Cytisus scoparius* de la famille des Fabacées, et du bigaradier ou oranger amer *Citrus aurantium* de la famille des Rutacées.

#### 4.1. Toxicité de l'extrait aqueux du genêt à balais *Cytisus scoparius*.

##### 4.1.1. Mortalité cumulée

Les résultats obtenus concernant le taux de mortalité cumulée sous l'effet de différentes doses de l'extrait du genêt à balais après 4h, 24h, 48h et 72h sont représentés dans la figure suivante.



**Figure 68.** Mortalités cumulées des larves traitées par le genêt à balais.

Une variation graduelle du taux de mortalité de larves traitées avec les différentes doses en fonction du temps est présentée dans la figure 68. La mortalité moyenne a augmenté avec l'augmentation de la concentration de l'extrait et du temps d'exposition. Un taux de mortalité

élevée avoisinant les 100% a été enregistrée, 72 heures après l'exposition à une concentration de 10%.

#### 4.1.2. Mortalité corrigée

Le tableau suivant représente les pourcentages de mortalité pour les 4 répétitions, en fonction des 4 concentrations utilisées à savoir 0.83g/l (1%), 2.49g/l (3%), 4.15g/l (5%) et 8.3g/l (10%).

**Tableau 17.** Taux de mortalité corrigée des larves soumises au genêt à balais.

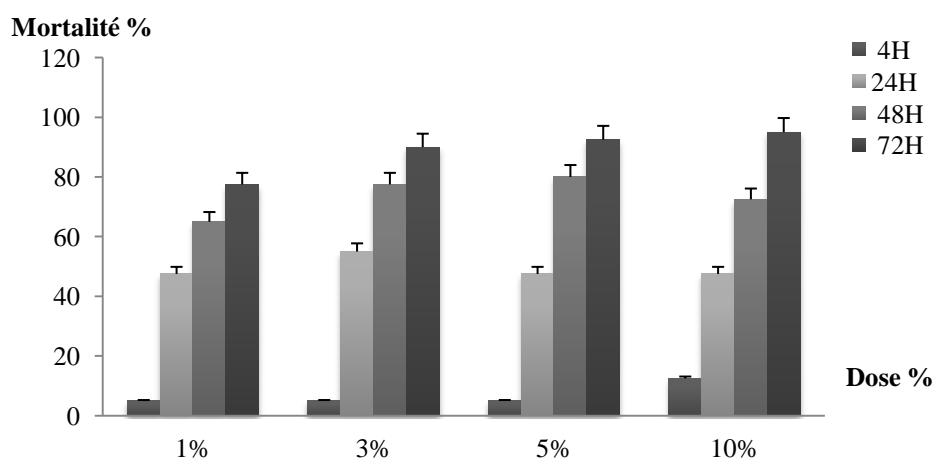
Concentration Répétition	0 g/l	0.83 g/l	2.49 g/l	4.15g/l	8.3 g/l
R1	0	20	60	70	80
R2	0	0	19	79	89
R3	0	60	40	80	90
R4	0	7	7	0	67
Moyenne± Écart-type	0	21.75±26.8	31.5±23.4	57.25±38.4	81.5±10.6

Les larves du 4<sup>ème</sup> stade traitées présentent des taux de mortalité élevé plus de 60% dans les 4 répétitions pour la dose 8.3g/l, avec la même dose la mortalité atteint 90% contre 0% pour la dose 0.83g/l.

#### 4.2. Etude de la toxicité de l'extrait aqueux du faux acacia *Robinia pseudoacacia*

##### 4.2.1. Mortalité cumulée

Les résultats obtenus concernant le taux de mortalité cumulée sous l'effet de différentes doses de faux acacia après 4h, 24h, 48h et 72h sont représentés dans la figure 69.



**Figure 69.** Mortalités cumulées des larves traitées par le faux acacia.

La mortalité moyenne a augmentée graduellement avec l'augmentation de la concentration et du temps d'exposition (Fig.69). Une mortalité d'environ 50% est enregistrée après uniquement 24h de contact avec l'insecticide et cela pour toutes les concentrations. Un taux de mortalité élevée avoisinant les 100% a été enregistrée 72 heures après l'exposition à une concentration de 10%.

#### 4.2.2. Mortalité corrigée

Le tableau 18 représente le pourcentage de mortalité dans les 4 répétitions en fonction des 4 concentrations utilisées à savoir 0.78g/l (1%), 2.35g/l (3%), 3.92g/l (5%) et 7.85g/l (10%).

**Tableau 18.** Taux de mortalité corrigée des larves de *Culex pipiens* soumises au faux acacia

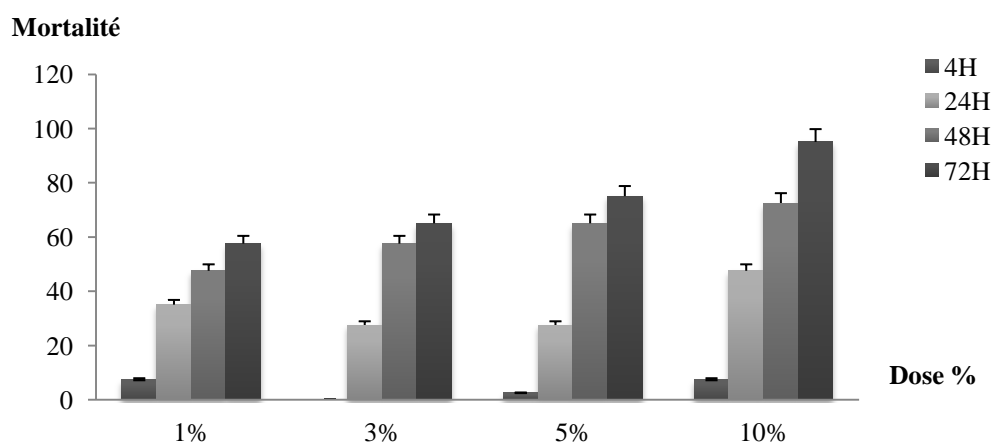
Concentration	0 g/l	0.78g/l	2.35g/l	3.92g/l	7.85g/l
Répétitions					
R1	0	60	60	70	100
R2	0	69	89	89	89
R3	0	90	100	100	90
R4	0	79	89	79	89
Moyenne ± Écart-type	0	74.5± 12.92	84.5±17.14	84.5±12.92	92±5.4

La mortalité des larves observée dans les 4 répétitions évolue proportionnellement avec les doses testées de l'extrait de faux acacia (Tab.18). Le taux de mortalité a augmenté considérablement de 60% dès la plus faible dose 0.785g/l, pour atteindre le taux maximal 100% avec la plus forte concentration testée (7.85g/l).

### 4.3. Etude de la toxicité de l'extrait aqueux de Néroli bigarade *Citrus aurantium*

#### 4.3.1. Mortalité cumulée

Les résultats obtenus concernant le taux de mortalité cumulée sous l'effet de différentes concentrations de néroli après 4h, 24h, 48h et 72h est représentés dans la figure suivante.



**Figure 70.** Mortalités cumulées des larves traitées par le néroli

La mortalité moyenne a augmenté conjointement avec l'augmentation de la dose des extraits ainsi qu'avec l'augmentation de la durée d'exposition (Fig.70). Une mortalité d'environ 50% est enregistrée après 48h de contact avec l'insecticide et cela pour toutes les concentrations testées. Un taux de mortalité élevée avoisinant les 100% a été enregistré 72 heures après l'exposition à une concentration de 10%.

#### 4.3.2. Mortalité corrigée

Le tableau suivant représente le taux de mortalité dans les 4 répétitions en fonction des concentrations utilisées à savoir 0.75g/l (1%), 2.26g/l (3%), 3.77g/l (5%) et 7.55g/l (10%).

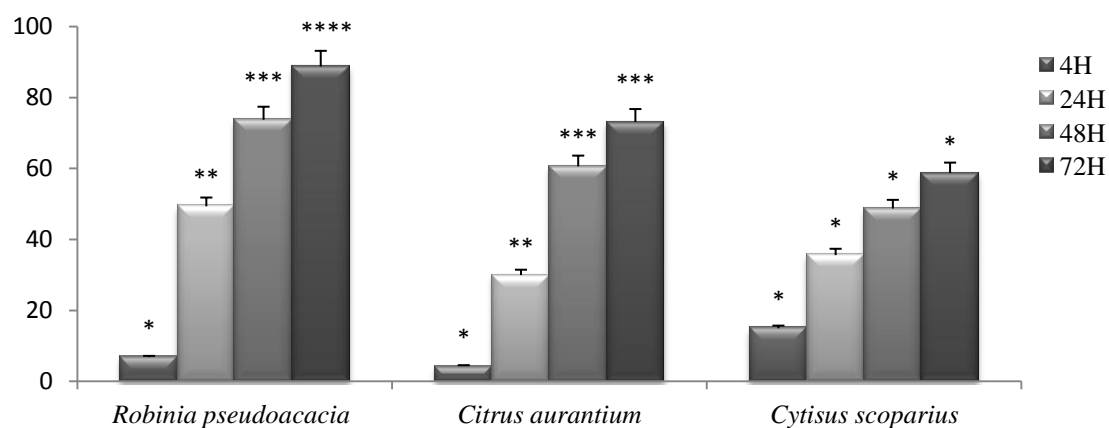
**Tableau 19.** Taux de mortalité corrigée des larves de *Culex pipiens* soumises au néroli.

Concentration	0 g/l	0.75g/l	2.26g/l	3.77g/l	7.55g/l
<b>Répétitions</b>					
<b>R1</b>	0	80	50	60	90
<b>R2</b>	0	20	40	60	90
<b>R3</b>	0	26	36	36	56
<b>R4</b>	0	38	68	78	78
<b>Moyenne± Écart-type</b>	0	41±27.1	48.5±14.3	58.5±17.2	78.5±16

D'après les 4 répétitions, il y a une corrélation entre l'augmentation de la concentration des extraits et le taux de mortalité. L'extrait utilisé a donné 90% de mortalité après l'exposition à la dose la plus élevée 7.55g/l, en revanche 20% de mortalité seulement est enregistré pour la dose de 0.755g/l.

#### 4.4. Moyenne des taux de mortalité observée

La figure ci-après représente une comparaison des moyennes des taux de mortalité observée pour les larves du *Cx. pipiens* après un temps d'exposition aux différents extraits.



**Figure 71.** Moyenne des taux de mortalité observée

Un gradient de mortalité croissant dans le temps a été observé pour tous les traitements. Les taux de mortalité ont augmenté avec la concentration en fonction du temps d'exposition (Fig. 71). Les taux de mortalité les plus élevés (90%) ont été observés chez les larves traitées avec les extraits aqueux de *R. pseudoacacia*, après 72 h d'exposition. L'analyse statistique d'ANOVA à un facteur a révélé l'effet significatif du temps pour le traitement avec *R. pseudoacacia* (DF=3, valeur F= 154,72,  $p < 0,001$ ) et avec *C. aurantium* (DF=3, valeur F= 35,01,  $p < 0,001$ ). Cependant, pour le traitement avec *C. scoparius*, l'évolution dans le temps n'était pas significative (DF=3, valeur F= 3,07  $p < 0,06$ ).

**Tableau 20.** Taux de mortalité observée chez larves traitées par les extraits des trois plantes. (ANOVA, test HSD de Tukey,  $p < .05$ )

Plantes	Témoin	1%	3%	5%	10%
<b>Genêt à balais</b>	10 <sup>x a</sup>	32.50 <sup>x b</sup>	42.50 <sup>x b</sup>	67.50 <sup>x c</sup>	92.50 <sup>x d</sup>
<b>Faux acacia</b>	5 <sup>y a</sup>	80 <sup>y b</sup>	90 <sup>y b</sup>	90 <sup>y c</sup>	97.50 <sup>y d</sup>
<b>Néroli</b>	15 <sup>z a</sup>	57.50 <sup>z b</sup>	65 <sup>z b</sup>	75 <sup>z c</sup>	95 <sup>z d</sup>

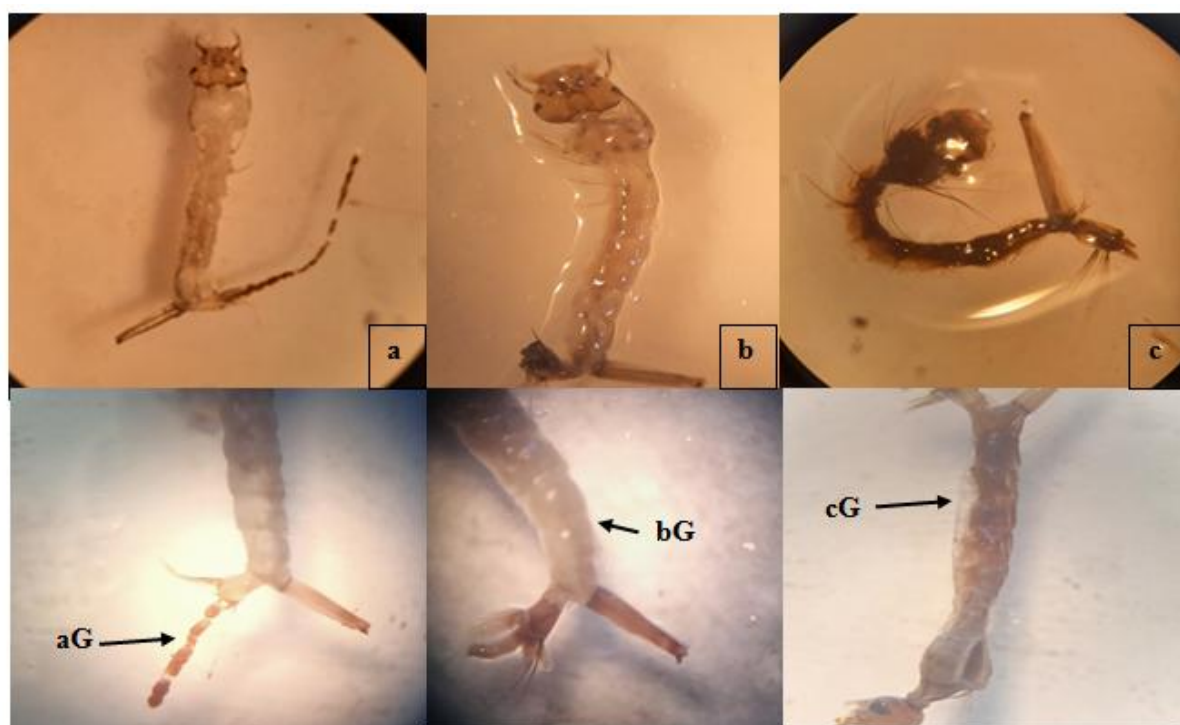
Mortalité enregistrée après 72h d'exposition, les différentes lettres indiquent des différences significatives entre les traitements.

Le tableau ci dessus indique que les taux de mortalité moyenne observée chez les larves de *Cx. pipiens* varient proportionnellement selon la concentration des extraits de plantes testées. En effet, Il augmente avec l'augmentation des concentrations allant de 5% à 97.50%. La dose la plus forte (10%) a d'ailleurs occasionné une mortalité de 92.5% des larves traitées avec les extraits aqueux du Genêt à balais et 97.5%, 95% pour le faux acacia et néroli successivement. Les taux les plus élevés sont enregistrés avec l'extrait aqueux du faux acacia et cela avec les différentes doses.

#### 4.5. Aspect morphologique des larves traitées par les biopesticides.

L'observation morphologique des larves traitées avec l'extrait végétal a révélé un mode de réaction similaire pour les larves traitées avec *Robinia pseudoacacia* et *Citrus aurantium* et un aspect de toxicité différent pour les larves traitées avec l'extrait aqueux du genêt à balais. Des aberrations morphologiques, telles que l'assombrissement et retrait de la cuticule de l'abdomen, sont observées chez les larves traitées avec l'extrait aqueux de genêt.

Les aberrations couramment observées chez les larves traitées avec les extraits aqueux de robinier et d'orange amère sont l'hypertrophie de l'abdomen, la déformation des papilles anales et l'expulsion complète de l'intestin après 24 heures de traitement (Fig.72).



a : larves traitées avec l'extrait de *R. pseudoacacia* ; b : larves traitées avec l'extrait de *C. aurantium*; c : larves traitées avec l'extrait de *C. scoparius*; G: lieu d'aberration.

**Figure 72.** Effet morphologique des trois plantes sur les larves de moustiques après 48h de traitement (Originale, 2022).

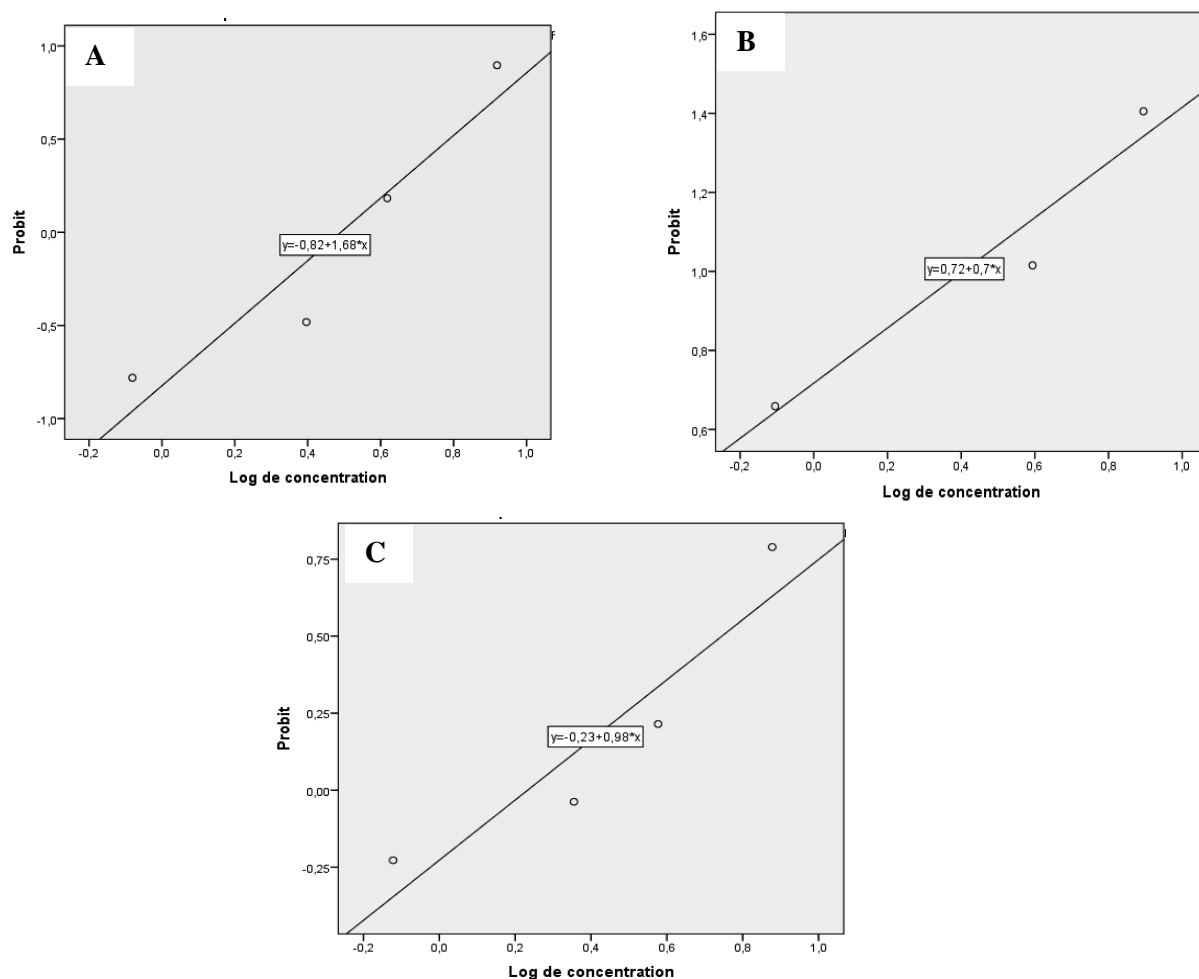
#### 4.6. Paramètres toxicologiques des plantes testées

**Tableau 21.** Activité larvicide des plantes en fonction des concentrations, contre les larves de *Cx. pipiens*.

plantes	Equation	Coefficient de régression R <sup>2</sup>	DI50 (g/l)	DI90 (g/l)
Genêt à balais	$y=1.68x+0.82$	0.899	3.171g/l	18.19g/l
Faux acacia	$y= 0.7x+0.72$	0.931	0.086g/l	6.68g/l
Néroli	$y= 0.98x+0.23$	0.865	1.724g/l	38.235g/l

Les larves du 4<sup>ème</sup> stades de *Cx. pipiens* exposées à l'extrait des plantes, présentent des moyennes de mortalités corrélées aux doses utilisées, la concentration de 3.17g/l, 0.08g/l, 1.72g/l d'extrait de genêt à balais, du faux acacia et de néroli successivement, est nécessaire pour assurer une mortalité de 50% des larves des moustiques. Par contre, il faut une concentration de 18.19g/l, 6.68g/l, 38.235g/l d'extrait de genêt, du faux acacia et du néroli, pour avoir une mortalité de 90% des larves.

Pour attester ces corrélations des courbes de régression linéaire sont effectuées. Le traçage des droites de régression Probits= f (log doses), nous a permis d'obtenir les courbes illustrées dans la figure 73.



**Figure 73.** Régression linéaires de la mortalité moyenne en fonction des concentrations (A. Genêt à balais, B. Faux acacia, C. Néroli; Y. valeur de probit, X. dose des extraits testés).

Les droites de régression établies ont une tendance linéaire montrant une corrélation entre l'augmentation de la concentration des extraits et les taux de mortalités enregistrés. La droite de régression après une exposition au genêt à balais est de la forme:  $Y = 0,82 + 1,68 X$ , avec un  $R^2 = 0,899$ . Pour l'extrait du faux acacia, la droite de régression est de la forme:  $Y = 0,72 + 0,7X$ ,  $R^2 = 0,931$ , tandis que pour l'extrait de néroli, la droite de régression est de la forme:  $Y = 0,23 + 0,98 * X$ ,  $R^2 = 0,865$ .

#### 4.7. Discussion

Les plantes dans leur intégralité possèdent un complexe de produits chimiques qui s'appelle un principe actif, ayant une propriété toxique, anti virale, anti bactérienne ou anti fongique (Tennyson et *al.*, 2012). Au total, 344 produits végétaux sont connus pour posséder des propriétés larvicides (Sukumar et *al.*, 1991). Actuellement, plus de 80 espèces végétales ont été employées pour la synthèse de nanomosquitocides, en particulier à des fins larvicides (Benelli et *al.*, 2016). Ces résultats, bien que préliminaires, indiquent une bonne activité larvicide des extraits aqueux testés. L'activité larvicide évolue progressivement dans le temps, ce qui est dû aux substances actives contenues dans l'extrait végétal, qui ont été lentement libérées induisant une mortalité progressive.

L'efficacité des extraits botaniques contre la population de moustiques varie selon l'espèce végétale. L'extrait de *Robinia pseudoacacia*, a généré un taux de mortalité élevé de 92%, après 72h d'exposition, il agit à des concentrations relativement faibles avec une DL50 de 0.086g/l. Les composants des extraits de cette plante sont utilisés pour plusieurs applications dans les domaines thérapeutiques et dermato-cosmétiques (Bratu et *al.*, 2021). Le résultat de Rosu et *al.* (2012) a prouvé les effets antimicrobiens et antifongiques de ses extraits alcooliques, tandis que les études de Guo et *al.* (2019), affirment que ses flavonoïdes totaux ont des effets inhibiteurs significatifs sur les virus HSV.1 et EV. 71.

L'extrait de *Citrus aurantium* présente une mortalité de 78.5% après 72h d'exposition, pour la plus forte concentration, la dose létale (DL50) calculée pour cet extrait est égale à 3.171g/l. L'activité insecticide de différents composés des *Citrus* a suscité l'intérêt de nombreux chercheurs (Campolo et *al.*, 2016), également parce que ces sous-produits d'industrie des *Citrus* sont largement disponibles dans les pays où les agrumes représentent une production agricole importante, c'est le cas dans le bassin méditerranéen. Entre autre, l'orange amère figure un élément décoratif majeur de la ville de Tizi-Ouzou, qui pourrait être exploité. Le faible coût de ses composés en fait une alternative potentielle aux insecticides chimiques de synthèse.

L'extrait aqueux de *Cytisus scoparius* a provoqué 81.5 % de mortalité, après 72h d'exposition et la dose létale LD50 est d'environ 3.171g/l. Autant que nous le sachions, les extraits de *C. scoparius* L. sont utilisés en médecine traditionnelle pour ses propriétés diurétiques, antidiabétiques, hépatoprotectrices, lithotriptiques, hypnotiques et sédatives, dans lesquelles les effets antioxydants et anti-inflammatoires de ses contenus en caroténoïdes et flavonoïdes sont censé jouer un rôle important (González et *al.*, 2013). Selon Nengroo et

*al.*(2021), les extraits de *C. scoparius* sont une source d'agents antioxydants et antibactériens naturels pour la conception et le développement de médicaments.

L'activité biologique des extraits de plantes pourrait être due aux différents composés qui y existent, notamment les phénoliques, les terpénoïdes et les alcaloïdes. Les extraits de plantes traités dans cette étude, agissent à une concentration légèrement inférieure par rapport aux doses létales d'autres plantes, comme l'*Eucalyptus globulus* aqueux, dont la DL50 est d'environ 3.57g/l après 72 h d'exposition (Zerroug et *al.*, 2017). La DL50 d'*Urtica dioica* est d'environ 4.48 mg/ml (Toubal et *al.*, 2019) et une DL50 de 3.98 mg/ml des extraits aqueux de *Solenostemma argel* (El-Kamali, 2001).

Par ailleurs, l'effet des extraits a été caractérisé par des déformations morphologiques apparentes sur les larves traitées et probablement une perturbation du développement cuticulaire. La cuticule est la première barrière du corps de l'insecte, c'est un élément important dans la détermination de la résistance aux insecticides commerciaux. En effet, l'augmentation de l'épaisseur de la cuticule des moustiques est associée à une plus grande résistance aux insecticides.

L'extrait aqueux de *C. scoparius* appliqué pendant 72 heures à des larves de *Cx. pipiens* a montré un effet probable sur la croissance et le développement.

Les examens morphologiques des larves après traitement ont montré des degrés variables d'aberrations morphologiques. De plus, l'exposition des larves à cet extrait pendant 72h a également entraîné une augmentation significative de la mortalité. Néanmoins, il n'y a pas eu d'effet significatif ( $p > 0,05$ ) de la durée du traitement.

Sutiningsih et *al.* (2019) ont constaté que le corps et la tête des larves de *Cx. quinquefasciatus* avaient noirci et que le siphon était endommagé après le traitement avec *Brucea javanica*. En fait, les tissus des larves manquaient d'oxygène, ce qui provoquait la destruction du système nerveux. Les dommages causés au siphon faisaient que les larves avaient une respiration irrégulière et finissaient par mourir.

En outre, les larves traitées avec des extraits de *R. pseudoacacia*, et *C. aurantium* ont montré des altérations histologiques dans l'intestin moyen, des observations similaires sur l'intestin postérieur ont également été rapportées par Chaithong et *al.* (2006) chez les larves d'*Aedes aegypti* après traitement avec des plantes de poivre (*Piper longum*, *ribesoides* et *P. sarmentosum*), induisant des dommages dans le tube digestif (composé de cæcums gastriques, l'intestin moyen antérieur, l'intestin moyen postérieur et l'intestin postérieur). Ces altérations dans le tube digestif et l'intestin moyen des larves de moustiques ont été observées par Fouad et *al.* (2018) et Ga'al et *al.* (2018), indiquant des lésions sévères et la rupture des cellules de

l'intestin moyen, des membranes brisées, la bordure en brosse et l'apparition de vacuolisation. D'après ces auteurs, chaque partie du mésentère absorbe différents types de substances. Les cellules antérieures du tube digestif du moustique absorbent des graisses, tandis que les cellules postérieures absorbent principalement des éléments toxiques, ce qui fait qu'elles soient les premières endommagées.

# *Conclusion*

## Conclusion générale

L'objectif principal de cette thèse est d'apporter de nouvelles connaissances sur l'écologie des larves de moustiques. Les différences dans les caractéristiques biotiques et abiotiques de l'habitat sont également impliquées dans la variation géographique des interactions entre espèces, dans le but d'une compréhension des facteurs favorisant la co-occurrence des moustiques.

Notre étude a été consacrée en premier lieu à l'inventaire systématique des espèces de moustiques dans la région de Tizi-Ouzou réalisé sur deux années consécutives. La technique adoptée pour la récolte des stades larvaires est le Dipping. Au total, 14816 individus appartenant aux Culicidae ont été capturés. L'étude taxonomique a permis d'identifier 16 espèces appartenant à deux sous-familles, en l'occurrence, les Culicinae et les Anophelinae. La première sous-famille renferme sept espèces du genre *Culex*, trois du genre *Culiseta*, deux du genre *Aedes* et une espèce du genre *Uranotaenia* et la seconde est représentée par trois espèces du genre *Anopheles*.

Il ressort de cette étude que, la région de Tizi-Ouzou héberge de nombreux gîtes larvaires favorables au développement des moustiques. C'est une niche incluant des espèces méditerranéennes, littorales, à vaste répartition et de montagnes. Les 51 biotopes prospectés abritent tous des Culicidae. L'essentiel des gîtes positifs est constitué de mares (39.39%), des canaux et fosses de drainages (18.17%), bords de rivière (12.12%), des citernes et bidons usés (12.12%). Les différents types de gîtes semblent être favorables au développement des Culicinae mais aussi des Anophelinae. Les densités larvaires variaient d'un site à un autre. Le genre *Culex* s'est montré moins sélectif que les autres genres en occupant un large éventail de milieux aquatiques. *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* se développent dans tous types de gîtes et leur pouvoir de dispersion est considérable.

Les mesures de température, conductivité, salinité, acidité et oxygène dissous ont été pris en compte pour mieux décrire les gîtes larvaires. Les variations de ses éléments permettent également de déduire les préférences de certaines espèces et relier l'effet de ces paramètres à la pullulation et à densité larvaire des moustiques de la région de Tizi-Ouzou.

L'évaluation du modèle de distribution des stades larvaires de Culicidae et de leur relation avec les potentiels prédateurs dans le barrage de Taksebt, nous ont permis de collecter un totale de 1172 larves de moustiques parmi les six sites de reproduction du barrage de Taksebt, à travers un total de 94 échantillons. Des larves des quatre genres de moustiques

## Conclusion générale

*Culex*, *Anopheles*, *Aedes* et *Uranotaenia* ont été trouvées et une liste de 13 espèces a été identifiée.

Par ailleurs, les principaux groupes d'insectes aquatiques prédateurs des moustiques dans les habitats de Taksebt ont été identifiés. Un total de vingt espèces de trois ordres (Odonata, Coleoptera et Hemiptera) a été enregistré, appartenant à 18 genres (*Naucoris*, *Nepa*, *Corixa*, *Hydrometra*, *Notonecta*, *Plea*, *Orthetrum*, *Crocothemis*, *Sympetrum*, *Aeshna*, *Anax*, *Ischnura*, *Coenagrion*, *Laccophilus*, *Hyphydrus*, *Ilybius*, *Agabus*, *Noterus*).

D'autre part, les propriétés larvicides de trois extraits de plantes: *Robinia pseudoacacia*, *Cytisus scoparius* et *Citrus aurantium* à l'encontre du quatrième stade larvaire de *Cx. pipiens* sont étudiées. Les tests biologiques ont été réalisés selon les conditions de laboratoire, conformément aux instructions des directives de l'Organisation mondiale de la santé. Les résultats obtenus ont montré que les extraits aqueux des plantes ont induit une forte mortalité larvaire. Le traitement avec l'extrait de robinier *R. pseudoacacia* a montré une mortalité de 50% des larves par une faible concentration de 0.086g/l après 72h d'exposition au traitement.

De plus, différentes formes de malformations morphologiques ont été détectées, indiquant des sites communs d'aberrations tels que la dégénérescence et la décharge intestinale induite par le traitement avec les extraits aqueux de *Robinia pseudoacacia* et *Citrus aurantium* ainsi qu'une altération de la cuticule induite par l'extrait aqueux de *Cytisus scoparius*.

## Perspectives

La réalisation d'inventaire faunistique s'inscrit dans le cadre de la conservation de la biodiversité qui consiste en un enjeu planétaire et qui passe obligatoirement par une parfaite connaissance de la distribution de la faune et de la flore, du développement de l'espèce et de sa morphologie, il sera bénéfique d'étudier ces trois paramètres dans de nouvelles zones sur de longues périodes afin d'élaborer une liste exhaustive des Culicidae dans la région de Tizi-Ouzou.

Au cours de la préparation de cette thèse, nous nous sommes attachés à décrire les facteurs environnementaux qui influent sur la distribution des moustiques, ces résultats soulignent les liens étroits qui existent entre les types d'habitats, leur qualité et le cycle de développement du moustique. Cependant une grande diversité de facteurs peut agir à plusieurs échelles, allant

## Conclusion générale

de l'influence de l'environnement global à celles des microorganismes. Les études menées sur les interactions entre les communautés prédatrices et les culicidés ont montré que ces communautés pouvaient jouer un rôle direct ou indirect sur la fitness des vecteurs ainsi que sur le maintien, la survie, et sûrement la transmission des pathogènes.

Les habitats permanents du barrage de Taksebt sont d'une importance majeure pour de nombreuses espèces de moustiques et de prédateurs. Cette étude a démontré la présence d'une forte interaction entre les larves de moustiques et les prédateurs dans les zones humides, d'où la nécessité de communiquer et de coopérer entre la gestion des moustiques et la gestion des zones humides concernant la possibilité d'intégrer les ennemis naturels dans les plans de gestion globale comme une nouvelle méthode qui permettra de réduire les coûts de main d'œuvre et les autres intrants afin de préserver la santé humaine et les zones humides.

D'autre part, les plantes évaluées dans cette étude ont un grand potentiel comme nouveaux agents de contrôle contre les larves de *Culex pipiens*. Il faut noter que l'extrait de feuilles de *Robinia pseudoacacia* est très prometteur. Ainsi, il pourrait être utilisé comme agent larvicide dans le cadre d'un programme de lutte intégrée contre les vecteurs. Cependant, les résultats observés suggèrent que cette plante mérite une étude phytochimique et pharmacologique plus approfondie pour définir les constituants actifs responsables du larvicide exposé.

*Références  
bibliographiques*

1. **Abbott W.S., 1987.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. 1925. *Journal of the American Mosquito Control Association.* 3(2): 302–303.
2. **Agence Nationale des Ressources Hydrique de Tizi-Ouzou (A.N.R.H), 2018.** Données hydro-climatiques de la région de Tizi-Ouzou.
3. **Al Ahmed A.M.A., Kuriji M.A.A., & Kheir S.M., 2010.** Distribution and seasonal abundance of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Najran Region, Saudi Arabia. *Stud Dipterologica.*17: 13-27.
4. **Aholoukpe H.H.I., Agbangla L., Atchade P.S., 2017.** Valeur du taux de l'hémoglobine chez les enfants de moins de 15 ans atteints du paludisme au centre de sante communal de parakou (Technical Report),Universite d'Abomey-Calavi, Benin, 37p.
5. **Amini M., Hanafi-Bojd A. A., Aghapour A. A., & Chavshin A. R., 2020.** Larval habitats and species diversity of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in West Azerbaijan Province, Northwestern Iran. *BMC ecology.* 20(1) :1-11.
6. **Amara Korba R., Alayat M.S., Bouiba L., Boudrissa A., Bouslama Z., Boukraa S. et al. 2016.** Ecological differentiation of members of the *Culex pipiens* complex, potential vectors of West Nile virus and Rift Valley fever virus in Algeria. *Parasites & Vectors.* 9(1): 455.
7. **Amara Korba R., Boukraa S., Alayat M.S., Bendjeddou M.L., Francis F., Boubidi S.C., Bouslama Z., 2016a.** Preliminary report of mosquitoes survey at Tonga Lake (North-East Algeria). *Advances in Environmental Biology.* 9(27): 288-293.
8. **Amraoui F., Krida G., Bouattour A., Rhim A., Daaboub J., Harrat Z. et al., 2012.** *Culex pipiens*, an Experimental Efficient Vector of West Nile and Rift Valley Fever Viruses in the Maghreb Region. *PLOS ONE.* 7(5): e36757.
9. **Amraoui F., Tijane M., Sarih M., Failloux A.-B., 2012.** Molecular evidence of *Culex pipiens* form molestus and hybrids pipiens/molestus in Morocco, North Africa. *Parasites & Vectors.* 5:83.
10. **Ansari M.S., Moraiet M.A. & Ahmad S., 2014.** Insecticides: Impact on the Environment and Human Health. In: Malik, A., Grohmann, E., Akhtar, R. eds. *Environmental Deterioration and Human Health: Natural and Anthropogenic Determinants.* Dordrecht: Springer Netherlands. 99-123.
11. **Aouinty B., Oufara S., Mellouki F. & Mahari S., 2006.** 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). *BASE.*10(2):67-71

12. **Arivoli S., Ravindran K.J. & Samuel T., 2012.** Larvicidal efficacy of plant extracts against the malarial vector *Anopheles stephensi* Liston (Diptera: Culicidae). *World Journal of Medical Sciences* .7(2): 77-80.
13. **Arroussi R., Bouaziz A., Boudjelida H., 2021.** Mosquito survey reveals the first record of *Aedes* (Diptera: Culicidae) species in urban area, Annaba district, Northeastern Algeria. *Polish Journal of Entomology*. 90(1):14-26.
14. **Asloum A.Y., Benhissen S., Habbachi W., Habbachi S., Hedjouli Z., Bouselama Z. et al., 2021.** Preliminary Inventory and General Aspect of the Distribution of Culicidae Species in the Steppe Region (M'sila, Algeria). *Journal of Bioresource Management*. 8(3):79-88.
15. **Bara M., & Nouel-Kheiter A., 2017.** Le Parc national du Djurdjura: Une biodiversité à mieux faire connaître. *Le courrier de la nature*.307:1-6.
16. **Barré-Cardi H., 2014.** Les risques sanitaires liés aux moustiques en Corse., in: Tribune Des Chercheurs, Société Des Sciences Historiques et Naturelles de Corse, Corse d'hier et de Demain. *Bastia*.13–26.
17. **Bauer N., Kenyeres Z., Tóth S., Sáringer-Kenyeres T., & Sáringer G., 2011.** Connections between the habitat pattern and the pattern of the mosquito larval assemblages. *Biologia*. 66(5): 877.
18. **Baumann P., Clark M.A., Baumann L., Broadwell A.H., 1991.** *Bacillus sphaericus* as a mosquito pathogen: properties of the organism and its toxins. *Microbiological Reviews*. 55: 425–436.
19. **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, 403p.
20. **Benbetka S., Hachid A., Benallal K.E., Benbetka C., Khaldi A., Bitam I., Harrat Z., 2018.** First field evidence infection of *Culex perexiguus* by West Nile virus in Sahara Oasis of Algeria. *Journal of Vector Borne Diseases*.55: 305.
21. **Benelli G., Jeffries C.L. & Walker T., 2016.** Biological Control of Mosquito Vectors: Past, Present, and Future. *Insects*.7(4): 52.
22. **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). *Lebanese Science journal*.20 (1): 1-9
23. **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) Entomological and typological studies of larval breeding sites of mosquitoes(Diptera: Culicidae) in Bousaâda area (Algeria). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*. 87 :112-120.

24. **Benjelloun A ., El Harrak M., Belkadi B., 2016.** West Nile Disease Epidemiology in North-West Africa: *Bibliographical Review. Transbound Emerg Dis.* 63(6):e153–9.
25. **Benmalek L., Bendali-Saoudi F., Soltani N., 2018.** Inventory and distribution of mosquitoes (Diptera; Culicidae) of the Burgas lakes (Northeast Algeria). *Journal of Entomology and Zoology Studies.*6:838–843.
26. **Berchi S., 2000.** Bioécologie de *Culex pipiens* L. (Diptera : Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de lutte. Thèse de de Doctorat es-Sciences, Université Frères Mentouri, Constantine, Algérie. 223 pp.
27. **Bidlingmayer W.L., 1974.** The Influence of Environmental Factors and Physiological Stage on Flight Patterns of Mosquitoes Taken in the Vehicle Aspirator and Truck, Suction, Bait and New Jersey Light Traps. *Journal of Medical Entomology.*11:119-146.
28. **Boix D., Kneitel J., Robson B.J., Duchet C., Zúñiga L., Day J., Gascón S., Sala J. et al., 2016.** Invertebrates of Freshwater Temporary Ponds in Mediterranean Climates, in: Batzer, D., Boix, D. (Eds.), Invertebrates in Freshwater Wetlands: An International Perspective on Their Ecology. *Springer International Publishing, Cham.* 141-189.
29. **Bonizzoni M., Gasperi G., Chen X., James A.A., 2013.** The invasive mosquito species *Aedes albopictus*: current knowledge and future perspectives. *Trends in Parasitology.* 29:460-468.
30. **Bouabida H., Djebbar F., Soltani N., 2012.** Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). *Entomologie faunistique.*65: 99-103.
31. **Boudemagh N., Bendali-Saoudi F., Soltani N., 2013.** Inventory of Culicidae (Diptera: Nematocera) in the region of Collo (North-East Algeria). *Annals of Biological Research.* 4: 94-99.
32. **Bratu M.M., Birghila S., Stancu L.M., Mfflai C.C., Eموke P., Popescu A. et al ., 2021.** Evaluation of the antioxidant, cytotoxic and antitumoral activities of a polyphenolic extract of *Robinia pseudoacacia* l. flowers. *Journal of Science and Arts.* 21(2): 547-556.
33. **Brunhes J., 1970.** *Les Culicidae: morphologie et systématique.*
34. **Brunhes J., Rhaim A., Geoffroy B., Angel G. & Hervy J.-P., 2000.** *Les moustiques de l’Afrique méditerranéenne : logiciel d’identification et d’enseignement,* Paris: IRD.
35. **Calvo E., Dao A., Pham V.M., Ribeiro J.M.C., 2007.** An insight into the sialome of *Anopheles funestus* reveals an emerging pattern in anopheline salivary protein families. *Insect biochemistry and insect molecular biology.* 37: 164-175.
36. **Carnevale P., Robert, V., 2009.** Les anophèles: Biologie, transmission du Plasmodium et lutte antivectorielle. IRD Éditions.

37. **Carroll M.K., 1979.** Ovipositional Site Preference of *Aedes Sollicitans* (Walker) for Select Marsh Plants. PhD Thesis. Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College, 91p.
38. **Chandra G., Bhattacharjee I., Chatterjee S.N., Ghosh A., 2008.** Mosquito control by larvivorous fish. *Indian Journal of Medical Research.*127(1):13-27.
39. **Charlwood J.D., Pinto J., Sousa C.A., Ferreira C., Rosário V.E.D., 2002.** Male size does not affect mating success (of *Anopheles gambiae* in São Tomé). *Medical and Veterinary Entomology.* 16: 109-111.
40. **Cheah S.-X., Tay J.-W., Chan L.-K. & Jaal Z., 2013.** Larvicidal, oviposition, and ovicidal effects of *Artemisia annua* (Asterales: Asteraceae) against *Aedes aegypti*, *Anopheles sinensis*, and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Parasitology Research.*112(9): 3275-3282.
41. **Chesson J., 1984.** Effect of Notonectidae (Hemiptera: Notonectidae) on Mosquitoes (Diptera: Culicidae): Predation or Selective Oviposition? *Environmental Entomology.* 13: 531-538.
42. **Clements A. N., 1992.** *The Biology of Mosquitoes*, Vol 3. Transmission of Viruses and Interactions, 465p.
43. **Clements A.N., 2000.** *The biology of mosquitoes* Vol. 1: development, nutrition and reproduction. CABI, New York, NY, 510 p.
44. **Clements A.N., Kerkut, G.A., 1963.** *The physiology of mosquitoes*, the bay tree press, stevenage, herts. ed. Great Britain.
45. **Crosby D.G., 1966.** *Natural pest control agents.* ACS Publications, 16p.
46. **Cui F., Raymond M., Qiao C.-L., 2006.** Insecticide resistance in vector mosquitoes in China. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science.*62:1013-1022.
47. **Cury K.M., Prud'homme B., Gompel N., 2019.** A short guide to insect oviposition: when, where and how to lay an egg. *Journal of Neurogenetics.*33: 75-89.
48. **Dajoz, R. 1975.** *précis d'écologie.* Paris: Bordas: 549p.
49. **Dale P.E.R., Knight J.M., 2008.** Wetlands and mosquitoes: a review. *Wetlands Ecology and Management.* 16: 255-276.
50. **Darriet F., 2007.** Moustiquaires imprégnées et résistance des moustiques aux insecticides. IRD éditions, 116p.
51. **Darriet F., Corbel V., 2008.** Attractive properties and physicochemical modifications of water following colonization by *Aedes aegypti* larvae (Diptera: Culicidae). *Comptes Rendus Biologies.*331: 617-622.
52. **Dhang C.C., Lim L.H., Ahmad N.W., Benjamin S., Weng L.K., Rahim D.A.A. et al., 2009.** Field Effectiveness of *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) against *Aedes*

- (*Stegomyia aegypti* (Linnaeus) in Ornamental Ceramic Containers with Common Aquatic Plants. *Tropical Biomedicine*.26:100–105.
53. **Dida G.O., Gelder F.B., Anyona D.N., Abuom P.O., Onyuka J.O., Matano A.-S., et al. 2015.** Presence and distribution of mosquito larvae predators and factors influencing their abundance along the Mara River, Kenya and Tanzania. *SpringerPlus*. 4:136.
54. **Djeddar H., Boudjelida H. & Arroussi R., 2021.** New alternative for culicidian fauna control using *Borago officinalis* and *Drimia maritima* plant extracts. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 22 (12).
55. **Dom N. C., Malip M. I., & Camalxamanb S. N., 2016.** Dengue vectors mosquito preferences of breeding microhabitat in urban environment. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2:000-000.
56. **Doucet G., 2011.** *Clé de détermination des exuvies des odonates de France*. Société française d'Odonatologie. Vol. 1, 68 pp.
57. **Draouet C., Hamaidia K., Brakni A., Boutemedjet S. & Soltani N., 2020.** Ethanolic extracts of *Borago officinalis* L. affect growth, development and energy reserve profile in the mosquito *Culex pipiens*. *Journal of the Entomological Research*. 44(2): 203.
58. **Edgerly J.S., Mcfarland M., Morgan P., Livdahl T., 1998.** A seasonal shift in egg-laying behaviour in response to cues of future competition in a treehole mosquito. *Journal of Animal Ecology*.67(5): 805–818.
59. **El-Kamali H.H., 2001.** Larvicidal Activity of Crude Aqueous Extracts of *Solenostemma argel* Against Mosquito Larvae. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*.8(4): 83-86.
60. **El-Naggar A.N., Elbanna S.S.M., Kaiser M.F., & Gabre R.M., 2018.** Effect of Certain Physico-Chemical Parameters on the Population Dynamics of Mosquito Larvae and their Correlation with Infected Regions of Filariasis in Alkorin Village, Sharkia Governorate (Egypt). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A. Entomology* 11(2):55-62.
61. **Fontenille D., 2017.** *Importance des maladies à transmission vectorielle dans le monde*. Entomologie médicale et vétérinaire. Editions Quae, 133-143.
62. **Fouad H., Hongjie L., Hosni D., Wei J., Abbas G., Ga'al H. & Jianchu M., 2018.** Controlling *Aedes albopictus* and *Culex pipiens* pallens using silver nanoparticles synthesized from aqueous extract of *Cassia fistula* fruit pulp and its mode of action. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*. 46(3):558-567.
63. **Ga'al H., Fouad H., Mao G., Tian J. & Jianchu M., 2018.** Larvicidal and pupicidal evaluation of silver nanoparticles synthesized using *Aquilaria sinensis* and *Pogostemon cablin* essential oils against dengue and zika viruses vector *Aedes albopictus* mosquito

- and its histopathological analysis. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*. 46(6): 1171-1179.
64. **Gillies M.T., Meillon B. de, 1968.** The Anophelinae of Africa south of the Sahara: (Ethiopian zoogeographical region). *Afrique du Sud*. 54 p.
65. **Gillott C., 2005.** *Entomology*. Springer Science & Business Media, 834p.
66. **Godfray H.C.J., 2013.** Mosquito ecology and control of malaria. *Journal of Animal Ecology*. 82:15–25.
67. **Goislard C., 2012.** *Les répulsifs anti-moustiques à l'officine*. Thèse de doctorat. Université Angers, France. 121p.
68. **Govindarajan M., Mathivanan T., Elumalai K., Krishnappa K. & Anandan A., 2011.** Mosquito larvicidal, ovicidal, and repellent properties of botanical extracts against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti*, and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Parasitology Research*. 109(2): 353–367.
69. **Guignot F., 1947.** *Coléoptères Hydrocanthares*. Faune de France. Ed. Paul Lechevalier. Paris. 48p.
70. **Guignot F., 1959.** Révision des Hydrocanthares d'Afrique Coleoptera Dytiscoidea. *Annales du Musée Royal du Congo Belge*: 70 p.
71. **Guo H., Wan X., Niu F., Sun J., Shi C., Ye J.M. & Zhou C., 2019.** Evaluation of antiviral effect and toxicity of total flavonoids extracted from *Robinia pseudoacacia* cv. idaho. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 118: 109335.
72. **Hadji M., Belghyti D., Elomari F., Assal M.E., & Marsini M.E. 2013.** Étude de la dynamique stationnelle des populations des Culicidés dans la province de Sidi Slimane Maroc. *Revue Internationale des Sciences et Technologie*. 9(1):128-139.
73. **Hamaidia H., Berchi S., 2018.** Systematic and Biotypical study of the family Culicidae (Diptera-Nematocera) in the région of Tébessa (Algérie). *International Journal of Mosquito Research*. 5:39-46. .
74. **Hamaidia H., Berchi S., 2016.** Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Souk-Ahras (Algérie). *Entomologie faunistique-Faunistic entomology*. 71: 1–8.
75. **Hammadi D., Boubidi SC., Chaib SE., Saber A., Khechache Y., Gasmi M. et al., 2009.** Malaria in Algerian Sahara. *Bulletin de la Société de Pathologie Exotique*. 102(3):185–92.
76. **Hanafi-bojd A. Hanafi-Bojd A. A., Vatandoost H., Oshaghi M. A., Charrahy Z., Haghdoost A. A., Sedaghat M. M., & Raeisi A., 2012.** Larval habitats and biodiversity of anopheline mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a malarious area of southern Iran. *Journal of vector borne diseases*. 49(2):91–100.

77. **Harbach R., 2021.** Culicidae Classification | Mosquito Taxonomic Inventory [WWW Document]. URL <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/simpletaxonomy/term/6045> (accessed 10.5.21).
78. **Harbach R.E., 1988.** Mosquitoes of the subgenus *Culex* in southwestern Asia and Egypt (Diptera: Culicidae). 246p.
79. **Heidemann H., Seidenbusch R., 2002.** Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse). *Société française d'odonatologie*.416p.
80. **Hery L., Boullis A., Vega-Rúa A., 2021.** Les propriétés biotiques et abiotiques des gîtes larvaires d'*Aedes aegypti* et leur influence sur les traits de vie des adultes (synthèse bibliographique). *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*. 25(1): 57-71.
81. **Heu K., Gendrin M., 2018.** Le microbiote de moustique et son influence sur la transmission vectorielle. *Biologie Aujourd'hui*. 212: 119-136.
82. **Himmi O. 2017.** *Les Culicidae du Maroc : Clé d'identification, avec données biologiques et écologiques*. Doctorat. Rabat, Maroc: Mohammed V agdal.
83. **Himmi O., Dakki M., Trari B., & EL Agbani M.A. 1995.** Les Culicidae du Maroc : Clé d'identification, avec données biologiques et écologiques. *Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie*.44:49.
84. **Holstein M., 1949.** Guide pratique de l'anophélisme en AOF Dakar. Direction générale de la Santé publique. 55.
85. **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: 263-267.
86. **Ibrahim A.E.A., El-Monairy O.M., El-Sayed Y.A., & Baz M.M., 2011.** Mosquito breeding sources in Qalyubiya Governorate, Egypt. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, E. Medical Entomology & Parasitology*.31: 25-39.
87. **Isman M.B., 2020.** Botanical Insecticides in the Twenty-First Century-Fulfilling Their Promise? *Annual Review of Entomology*. 65(1): 233-249.
88. **Izri A., Bitam I., Charrel R.N., 2011.** First entomological documentation of *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* (Skuse, 1894) in Algeria. *Clinical Microbiology and Infection*. 17: 1116-1118.
89. **Jetten T.H., Takken, W., 1994.** Anophelism without malaria in Europe: a review of the ecology and distribution of the genus *Anopheles* in Europe. Wageningen Agricultural University. 94-5.
90. **Kay B., Nam V.S., 2005.** New strategy against *Aedes aegypti* in Vietnam. *The Lancet*.365: 613-617.

91. **Kline D.L., Takken W., Wood J.R., Carlson D.A., 1990.** Field studies on the potential of butanone, carbon dioxide, honey extract, 1-octen-3-ol, L-lactic acid and phenols as attractants for mosquitoes. *Medical and Veterinary Entomology*.4: 383-391.
92. **Knight K.L., 1977.** A catalog of the mosquitoes of the world (Diptera: Culicidae). Thomas Say Found. *Entomological Society of America*.6: 1-611.
93. **Korsloot A., van Gestel C.A., Van Straalen N.M., 2004.** Environmental stress and cellular response in arthropods. *CRC press*. 208p.
94. **Lafri I, Hachid A, Bitam I., 2019.** West Nile virus in Algeria: a comprehensive overview. *New Microbes New Infection*.27:9–13.
95. **Lafri I., Bitam I., Beneldjouzi A., Mahdi M.H.B., 2014.** An inventory of mosquitoes (diptera: culicidae) in algeria. *Bulletin de la Société zoologique de France* 139 (4): 255-261.
96. **Lalami A.E.O; El Hilali O., Benlamlah M., Merzouki M., Raiss N., Koraichi S. I., & Himmi O., 2010.** Etude entomologique, physicochimique et bactériologique des gîtes larvaires de localités à risque potentiel pour le paludisme dans la ville de Fès. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*.2(32):119-127.
97. **Lambin E.F., Tran A., Vanwambeke S.O., Linard C., Soti V., 2010.** Pathogenic landscapes: Interactions between land, people, disease vectors, and their animal hosts. *International Journal of Health Geographics*.9: 54.
98. **Leon B., 1998.** Influence of the predatory backswimmer, *Notonecta maculata*, on invertebrate community structure. *Ecological Entomology*.23:246–252.
99. **Liu, N., 2015.** Insecticide resistance in mosquitoes: impact, mechanisms, and research directions. *Annual Review of Entomology*. 60:537-559.
100. **Lounaci Z., 2003.** *Biosystématique et bioécologie des Culicidae (Diptera ; Nematocera) dans la région de l'Algérois, le marais de Réghaia et Oued Sebaou de Tizi Ouzou.* Magister. École nationale supérieure agronomique, El Harrach, Alger.
101. **Lounaci Z., 2014.** Dipterans biodiversity of agricultural and medico veterinary interest in the marsh of Reghaia (Algeria). *Recent Advances in Environmental Science from the Euro-Mediterranean and Surrounding Regions*, 4(5) : 71-82.
102. **Lounaci Z., Doumandji, S., Doumandji-Mitiche, B., Taguemout, M., 2016.** Bioecology of Culicidae (Diptera; Nematocera) of Taksebt dam of Tizi-Ouzou (Algeria). *Advances in Environmental Biology*.10: 20-30.

103. **Lundkvist E., Landin J., Jackson M., Svensson C., 2003.** Diving beetles (Dytiscidae) as predators of mosquito larvae (Culicidae) in field experiments and in laboratory tests of prey preference. *Bulletin of Entomological Research*.93: 219-226.
104. **Mahboub B., 2017.** *Arbovirus: Emergence et diagnostic*, Thèse de doctorat, Université Mohammed V. Maroc, 119p.
105. **Mandal S.K., Ghosh A., Bhattacharjee I., Chandra G., 2008.** Biocontrol efficiency of odonata nymphs against larvae of the mosquito, *Culex quinquefasciatus* Say, 1823. *Acta Tropica*.106: 109–114.
106. **Manguin S., 2013.** *Anopheles mosquitoes. New insights into malaria vectors.*. Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia, 813p.
107. **Mansoreh S., Soghra D., Sara B., Nasibeh H.-V., Hassan V., Ahmad A.A., Sajad V., Hossein A.M., 2014.** Prevalence of aquatic entomofauna, the predators of mosquitoes, in the Zayandeh River of Central Iran. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*. 4: 240–245.
108. **Matthews B.J., Younger M.A., Vosshall L.B., 2019.** The ion channel ppk301 controls freshwater egg-laying in the mosquito *Aedes aegypti*. *Elife*.8: e43963.
109. **Matthews G., 2011.** *Integrated vector management: controlling vectors of malaria and other insect vector borne diseases*, John Wiley & Sons, 248 p.
110. **Maurille S., 2005.** *Les substances répulsives dans la protection du voyageur contre les piqûres d'arthropodes hématophages: étude comparée du DEET (N, N-Diethyl-M-Toluamide)*. Thèse de doctorat, 120p. .
111. **Medour R., 2010.** *Bioclimatologie phytogéographie et phytosociologie en Algérie, exemples des groupements forestiers et preforestiers de la Kabylie Djurdjuréene*. Thèse Doctorat, Université Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou, Algérie, 397 p.
112. **Mencattelli G., Ndione MHD ., Rosà R., Marini G, Diagne CT., Diagne MM., et al. 2022.** Epidemiology of West Nile virus in Africa: An underestimated threat. *PLOS Neglected Tropical Diseases* .16(1):e0010075.
113. **Merabti B., Boumaza M., Ouakid M.L., Carvajal T.M., Harbach R.E., 2021.** An updated checklist of the mosquitoes (Diptera: Culicidae) present in Algeria, with assessments of doubtful records and problematic species. *Zootaxa*.5027:515–545.
114. **Merabti B., Lebouz I., 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 Southeast Algeria. *African Entomology*. 25:506–514.
115. **Mercer D.R., Sheeley S.L., Brown E.J., 2005.** Mosquito (Diptera: Culicidae) development within microhabitats of an Iowa wetland. *Journal of Medical Entomology*.42:685-693.

116. **Messai N., Berchi, S., Boulknaft, F., Louadi, K., 2010.** Inventaire systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera: Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Entomologie faunistique*.63 (3): 203-206.
117. **Mogi M., Miyagi I., 1990.** Colonization of rice fields by mosquitoes (Diptera: Culicidae) and larvivorous predators in asynchronous rice cultivation areas in the Philippines. *Journal of Medical Entomology*. 27.530–536.
118. **Mouchet J., Crjebine A., Grenier P., 1965.** *Transmission de la filariose de bancroft dans la région Ethiopienne*. Horizon documentation. IRD.90:67-90.
119. **Muirhead-thomson R.C. 1951.** *Mosquito Behaviour in relation to Malaria Transmission and Control in the Tropics*. Arnold Arnold. London, 219 p
120. **Nabti I., Bounechada M., 2020.** Mosquito biodiversity in Setif region (Algerian High Plains), density and species distribution across two climate zones. *Entomologie faunistique*.73: 1-14.
121. **Nattawut S., Chitchol P., Panida R., Chotiwt T., Sangwoo S., Yeon J.B., 2019.** Relationships between predatory aquatic insects and mosquito larvae in residential areas in northern Thailand *Journal of Vector Ecology*.44(2):223-232.
122. **Nilsson A.N., Svensson B.W., 1995.** Assemblages of dytiscid predators and culicid prey in relation to environmental factors in natural and clear-cut boreal swamp forest pools. *Hydrobiologia*. 308:183–196.
123. **Nisar M.S., Ismail M.A., Ramzan H., Maqbool M.M., Ahmed T., Ghramh H.A., Khalofah A. et al., 2021.** The impact of different plant extracts on biological parameters of Housefly [*Musca domestica* (Diptera: Muscidae)]: Implications for Management. *Saudi Journal of Biological Sciences*.28(7): 3880-3885.
124. **Ohba, S.Y., Matsuo, T., Takagi M., 2013.** Mosquitoes and other aquatic insects in fallow field biotopes and rice paddy fields. *Journal of Applied Entomology*. 27:96–103.
125. **Ohba, S.-Y., Takagi, M., 2010.** Predatory ability of adult diving beetles on the Japanese encephalitis vector *Culex tritaeniorhynchus*. *Journal of the American Mosquito Control Association*.26:32-36.
126. **OMS, 2005.** Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides, World Health Organization, 39p.
127. **OMS, 2014.** A global brief on vector-borne diseases.Organisation mondiale de la santé, 54p.

128. **OMS, 2014.** Global programme to eliminate lymphatic filariasis: progress report, 2013. *Relevé épidémiologique hebdomadaire*. 89: 409-418.
129. **OMS, 2021.** TDR, Vectors: [MS/http://www.who.int/tdr/diseases-topics/vectors/en/](http://www.who.int/tdr/diseases-topics/vectors/en/), (07/10/2021).
130. **Onyeka J.O.A., 1983.** Studies on the natural predators of *Culex pipiens* L. and *C. torrentium Martini* (Diptera: Culicidae) in England. *Bulletin of Entomological Research*.73:185–194.
131. **Paluch G., Bartholomay L., Coats J., 2010.** Mosquito repellents: a review of chemical structure diversity and olfaction. *Pest Management Science* 66, 925–935.
132. **Papierok B., Croset H., & Rioux J.A. 1973.** Estimation de l'effectif des populations larvaires d'*Aedes (O.) cataphylla* Dyar, 1916 (Diptera - Culicidae) : Méthode de capture-marquage-recapture. *Cahiers ORSTOM. Série Entomologie Médicale et Parasitologie* 11(4): p.243–249.
133. **Pavela R., Maggi F., Iannarelli R. & Benelli G., 2019.** Plant extracts for developing mosquito larvicides: From laboratory to the field, with insights on the modes of action. *Acta Tropica*. 193:236–271.
134. **Pitts R.J., Derryberry S.L., Zhang Z., Zwiebel L.J., 2017.** Variant Ionotropic Receptors in the Malaria Vector Mosquito *Anopheles gambiae* Tuned to Amines and Carboxylic Acids. *Scientific Reports*. 7:40297.
135. **Poisson R, 1957.** *Hétéroptères aquatiques*. Faune de France 61. Fédération Française des Sociétés Sciences Naturelles. Ed. P. Lechevalier, 263p.
136. **Prathibha K.P., Raghavendra B.S. & Vijayan V.A., 2014.** Larvicidal, ovicidal, and oviposition-deterrent activities of four plant extracts against three mosquito species. *Environmental Science and Pollution Research*. 21(10): 6736–6743.
137. **Rageau J., & adam J.P. 1952.** Culicinæ du cameroun. *Annales de Parasitologie humaine et comparée*.27(6): 610-635.
138. **Rajasekharan P.T., Chowdaiah B.N., 1972.** Selective feeding behaviour of *Gambusia affinis*. *Oecologia* 11, 79–81.
139. **Regnault-Roger C., Fabres G., Philogène B.J.R., 2005.** *Enjeux phytosanitaires pour l'agriculture et l'environnement* .Tec & Doc maqie, 53p.
140. **Rehimi N., & Soltani N., 1999.** Laboratory evaluation of Alsystin, a chitin synthesis inhibitor, against *Culex pipiens pipiens* L. (Diptera; Culicidae): effects on development and cuticle secretion. *Journal of Applied Entomology*.123(7): 437-441.

141. **Robert V., Günay F., Goff G.L., Boussès P., Sulesco T., Khalin A., Medlock J.M. et al., 2019.** Distribution chart for Euro-Mediterranean mosquitoes (western Palaearctic region). *Journal of the European Mosquito Control Association*.37: 1-28.
142. **Rodhain F., Perez C., 1985.** Précis d'entomologie médicale et vétérinaire, Maloine. ed. Paris, 458p.
143. **Rosu A.F., Bită A., Calina D., Rosu L., Zlatian O. & Calina V., 2012.** Synergic antifungal and antibacterial activity of alcoholic extract of the species *Robinia pseudoacacia* L. (Fabaceae). *European Journal of Hospital Pharmacy*. 19(2): 216.2-216.
144. **Russell P.F., West L.S., Manwell R.D., Macdonald G., 1963.** *Practical malariology*. Oxford University Press, 750p.
145. **Saha N., Aditya G., Saha G.K., 2009.** Habitat complexity reduces prey vulnerability: an experimental analysis using aquatic insect predators and immature diptera prey. *Journal of Asia-Pacific Entomology*.12 :233-239.
146. **Saha N., Aditya G., Saha G.K., 2014.** Prey preferences of aquatic insects: potential implications for the regulation of wetland mosquitoes. *Journal of Applied Entomology*. 28: 1-9.
147. **Schäfer M., 2004.** *Mosquitoes as a Part of Wetland Biodiversity*. Thèse de doctorat. Acta Universitatis Upsaliensis. 63p.
148. **Scholte E.-J., Knols B.G., Samson R.A., Takken W., 2004.** Entomopathogenic fungi for mosquito control: a review. *Journal of insect science*.4(19): 1-24.
149. **Sergent E., & Sergent, E., 1905.** Sur un Culicide nouveau très commun à Biskra (*Grabhamia subtilis*). *CR Soc Biol*. 58: 673-674.
150. **Shannon C.E., 1948.** A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*. 27: 379-423.
151. **Silver J.B., 2008.** *Mosquito ecology: field sampling methods*, Dordrecht: Springer, 1494p.
152. **Simpson E.H., 1949.** Measurement of Diversity | *Nature*. 163(4148): 688-688.
153. **Sithiprasasna R., Linthicum K.J., Liu G.-J., Jones J.W., Singhasivanon P., 2003.** Some entomological observations on temporal and spatial distribution of malaria vectors in three villages in northwestern Thailand using a geographic information system. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*.34: 505–516.
154. **Sparks J.T., Vinyard B.T., Dickens J.C., 2013.** Gustatory receptor expression in the labella and tarsi of *Aedes aegypti*. *Insect biochemistry and insect molecular biology*.43: 1161-1171.

155. **Stav G., Blaustein L., Margalit Y., 2005.** Individual and Interactive Effects of a Predator and Controphic Species on Mosquito Populations. *Ecological Applications*. 15:587-598.
156. **Sukumar K., Perich M.J. & Boobar L.R., 1991.** Botanical derivatives in mosquito control: a review. *Journal of the American Mosquito Control Association*.7(2): 210–237.
157. **Sunahara T., Ishizaka K., MOGI M., 2002.** Habitat size: a factor determining the opportunity for encounters between mosquito larvae and aquatic predators. *Journal of Vector Ecology*. 27:8-20.
158. **Sutiningsih D., Nurjazuli N., Nugroho D. & Satoto T.B.T., 2019.** Larvicidal Activity of Brusatol Isolated from *Brucea javanica* (L) Merr on *Culex quinquefasciatus*. *Iranian Journal of Public Health*.48(4): 688.
159. **Tennyson S., Ravindran K.J. & Arivoli S., 2012.** Screening of twenty five plant extracts for larvicidal activity against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 2(2): 1130-1134.
160. **Tetreau G., 2012.** *Devenir du bioinsecticide Bti dans l'environnement et impact sur le développement de résistances chez le moustique*. Thèse de doctorat. Université de Grenoble.
161. **Toubal S., Elhaddad D., Bouchenak O., Yahiaoui K., Sadaoui N. & Arab K., 2019.** L'importance des extraits d'*Urtica dioica* L. dans la lutte contre *Culex pipiens* (Linné, 1758). *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*.5(1):868-872.
162. **Trari B., & Dakki M. 2017.** *Les moustiques (Insectes, Diptères) du Maroc : Atlas de répartition et études épidémiologiques*. Thèse de doctorat. Rabat-Maroc: Mohammed V.
163. **Tyagi B.K., Dhanasekaran D., 2018.** *Microbial Control of Vector-Borne Diseases*. CRC Press, 89p.
164. **UICN. 2015.** Renforcement des connaissances et du partenariat sur les zones clés pour la biodiversité en Algérie: cas du Parc National du Djurdjura Rapport technique, annexe 2: 102-113.
165. **Ulloa García A., 1996.** *Abundancia larvaria y fuentes alimenticias de Aedes aegypti (L)(Díptera: culicidae) en algunos recipientes artificiales, en el sur de Chiapas, México* (PhD Thesis). Monterrey, 94p.
166. **Van der Linde T.C.D.K., Van Pletzen R., Hewitt P.H. & Van Wyk P.W.J., 1988.** The surface structure of the eggs of *Culex (Culex) theileri* Theobald (Diptera: Culicidae). *Journal of the Entomological Society of Southern Africa*. 51: 241-249.
167. **Vinnersten T.Z.P., Lundström J.O., Petersson, E., Landin J., 2009.** Diving beetle assemblages of flooded wetlands in relation to time, wetland type and Bti-based mosquito control. *Hydrobiologia*.635:189-203.

168. **Vinogradova E.B., 2000.** *Culex pipiens pipiens mosquitoes: taxonomy, distribution, ecology, physiology, genetics, applied importance and control*, Pensoft Publishers, 250p.
169. **Vonesh J.R., Blaustein L., 2010.** Predator-Induced Shifts in Mosquito Oviposition Site Selection: A Meta-Analysis and Implications for Vector Control. *Israel Journal of Ecology and Evolution*. 56:263-279.
170. **Wagner H., Hikino H. & Farnsworth N.R., 2012.** *Economic and Medicinal Plant Research*, Academic Press, 161.
171. **Wellborn G.A., Skelly D.K., Werner E.E., 1996.** Mechanisms creating community structure across a freshwater habitat gradient. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*.337–63.
172. **Weterings R., Umponstira C., Buckley H.L., 2015.** Predation rates of mixed instar Odonata naiads feeding on *Aedes aegypti* and *Armigeres moultoni* (Diptera: Culicidae) larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology*.18:1–8.
173. **Wheelwright M., Whittle C.R., Riabinina O., 2021.** Olfactory systems across mosquito species. *Cell and Tissue Research*. 383:75-90.
174. **Wilson A.L., Courtenay O., Kelly-Hope L.A., Scott T.W., Takken W., Torr S.J. & Lindsay S.W., 2020.** The importance of vector control for the control and elimination of vector-borne diseases. *PLOS Neglected Tropical Diseases*. 14(1): e0007831.
175. **Wood D.M., 2010.** *Clés des genres et des espèces de moustiques du Canada*. Agriculture and Agri-Food Canada. Centre d'édition du gouvernement du Canada Approvisionnement et Services Canada Ottawa.1-93p.
176. **Yasuoka J., Levins, R., 2007.** Impact of deforestation and agricultural development on anopheline ecology and malaria epidemiology. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*.76:450–460.
177. **Zerroug S., Amel A. & Selima B., 2017.** Histopathology of *Culex pipiens* (Linée, 1753) (Diptera, Culicidae) larvae exposed to the aqueous extract of *Eucalyptus globulus* l'Hér, 1789 (Myrtaceae).*Journal of Entomology and Zoology Studies*.5(3):759-765.
178. **Zuharah W.F., Lester, P.J., 2010.** The influence of aquatic predators on mosquito abundance in animal drinking troughs in New Zealand. *Journal of Vector Ecology*. 35: 347-353.

# *Annexes*

**Annexe 01.** Variation des facteurs climatiques (Humidité, Température et Précipitations) dans la région de Tizi-Ouzou.

<b>Mois</b>	<b>Humidité moyenne mensuelle (%)</b>	<b>Températures moyennes mensuelles (°C)</b>	<b>Précipitations moyennes mensuelles (mm)</b>
<b>Jan</b>	80.48	11.39	127.31
<b>Fev</b>	78.08	11.51	118.5
<b>Mar</b>	75.86	14.115	105.31
<b>Avril</b>	74.06	17.165	69.79
<b>Mai</b>	69.24	21.585	50.77
<b>Juin</b>	61.44	24.63	16.66
<b>Juil</b>	55.83	28.405	1.82
<b>Août</b>	56.86	28.765	4.11
<b>Sept</b>	65.44	25.37	27.09
<b>Oct</b>	68.80	21.545	58.35
<b>Nov</b>	76.11	16.16	128.49
<b>Déc</b>	81.46	12.595	106.76
<b>Moyenne</b>	<b>70.30</b>	<b>19.44</b>	<b>67.91</b>

Annexe 02. Fiche technique du gîte larvaire

Date :.....

Localisation du gîte :

Commune :..... village :.....

Nom du gîte :..... Code :.....

Population à risque dans (500m) :.....

Caractéristique du gîte :

Origine : naturel  artificiel

Nature : permanent  temporaire

Longueur :.....

Largeur :.....

Profondeur :.....

Présence de végétation :.....

Gps : lat :..... alt :..... long :.....

Caractéristiques physico-chimique :

Heure :.....

Temperature emb :.....temperature de l'eau :.....

Conductivite :..... pH :.....

Oxygen dissous :.....

Prospection : Gîte surveillé : oui  non  positivité du gîte : oui  non

## Annexe 03. Caractéristiques physiques des sites d'études recensés dans la région de Tizi-Ouzou

Station	altitude	présence de végétation	nature	saisonnalité	type	exposition au soleil	turbidité
stat1	476-910	oui	Rural	permanent	fosse	enseillé	claire
stat2	41-476	non	Rural	permanent	réservoir	enseillé	claire
stat3	476-910	oui	Rural	permanent	réservoir	ombragé	claire
stat4	910-1345	non	Rural	permanent	réservoir	ombragé	claire
stat5	41-476	oui	Rural	permanent	mare	enseillé	claire
stat6	41-476	oui	Rural	permanent	canal de drainage	enseillé	claire
stat7	910-1345	oui	Rural	permanent	canal de drainage	ombragé	claire
stat8	476-910	non	Rural	saisonnier	réservoir	enseillé	claire
stat9	41-476	oui	Rural	saisonnier	mare	enseillé	claire
stat10	41-476	non	Rural	saisonnier	mare	enseillé	claire
stat11	41-476	non	Rural	saisonnier	mare	enseillé	claire
stat12	41-476	oui	Rural	saisonnier	mare	enseillé	claire
stat13	910-1345	non	Rural	saisonnier	mare	enseillé	claire
stat14	41-476	oui	Rural	saisonnier	mare	enseillé	claire
stat15	41-476	non	Rural	saisonnier	mare	enseillé	claire
stat16	476-910	oui	Rural	saisonnier	mare	enseillé	claire
stat17	476-910	oui	Rural	saisonnier	mare	enseillé	claire
stat18	41-476	oui	Rural	saisonnier	mare	enseillé	claire
stat19	41-476	oui	Rural	saisonnier	mare	enseillé	claire
stat20	41-476	oui	Rural	temporaire	mare	enseillé	turbide
stat21	41-476	oui	Rural	temporaire	mare	enseillé	claire
stat22	41-476	oui	Rural	temporaire	mare	enseillé	claire
stat23	476-910	non	Rural	temporaire	mare	enseillé	claire
stat24	41-476	non	Rural	temporaire	mare	enseillé	claire
stat25	41-476	oui	Rural	saisonnier	bord de rivière	enseillé	claire
stat26	41-476	oui	Rural	temporaire	bord de rivière	enseillé	claire
stat27	41-476	oui	Rural	temporaire	bord de rivière	enseillé	claire
stat28	41-476	non	Rural	temporaire	bord de rivière	enseillé	claire
stat29	41-476	non	Rural	temporaire	bord de rivière	enseillé	claire
stat30	41-476	oui	urbain	temporaire	bord de rivière	enseillé	claire
stat31	910-1345	non	Rural	saisonnier	puits	ombragé	claire
stat32	41-476	oui	urbain	saisonnier	puits	ombragé	claire
stat33	41-476	oui	urbain	saisonnier	puits	enseillé	claire
stat34	476-910	non	Rural	temporaire	puits	ombragé	claire
stat35	476-910	non	Rural	saisonnier	citerne	enseillé	claire
stat36	476-910	non	Rural	temporaire	citerne	enseillé	claire
stat37	41-476	non	urbain	temporaire	citerne	enseillé	turbide
stat38	41-476	oui	urbain	temporaire	citerne	ombragé	claire
stat39	41-476	non	Rural	saisonnier	citerne	enseillé	claire
stat40	41-476	non	urbain	saisonnier	citerne	enseillé	claire
stat41	41-476	non	urbain	temporaire	canal de drainage	enseillé	turbide
stat42	476-910	non	Rural	temporaire	réservoir	enseillé	turbide
stat43	910-1345	oui	Rural	temporaire	mare	enseillé	turbide
stat44	476-910	oui	Rural	saisonnier	canal de drainage	enseillé	claire
stat45	41-476	oui	urbain	temporaire	canal de drainage	enseillé	claire
stat46	41-476	oui	Rural	saisonnier	canal de drainage	enseillé	claire
stat47	41-476	oui	Rural	saisonnier	fosse	enseillé	claire
stat48	476-910	non	Rural	saisonnier	réservoir	enseillé	claire
stat49	476-910	oui	urbain	saisonnier	fosse	enseillé	claire
stat50	41-476	oui	urbain	temporaire	mare	enseillé	claire
stat51	41-476	oui	Rural	temporaire	fosse	enseillé	claire

## Annexe 04. Matrice AFC indiquant presence et absence des espèces selon le type de site recensé.

Espèces	Abreuvoyer	Bord de rivière	Canal	Citerne	Fosse	Mare	Puits
<i>Culex pipiens</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Culex hortensis</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Culiseta longiareolata</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Culex impudicus</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Anopheles claviger</i>	1	1	1	0	1	1	1
<i>Anopheles labranchiae</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Aedes caspius</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Culiseta annulata</i>	0	0	1	1	1	0	0
<i>Culex laticinctus</i>	1	0	0	0	0	1	0
<i>Uranotaenia unguiculata</i>	0	0	1	0	0	0	0
<i>Anopheles algeriensis</i>	0	0	1	0	0	1	0
<i>Culex mimeticus</i>	0	0	1	0	0	1	0
<i>Culex theileri</i>	0	1	1	0	1	1	1
<i>Culex perexiguus</i>	0	1	1	0	1	1	1
<i>Culiseta fumipennis</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Aedes vexans</i>	0	0	0	0	0	1	0

## Annexe 05. Tableau des abondances des espèces de Culicidae recensées dans les différentes stations de Tizi-Ouzou.

Commune	Ain zaouia	Ath mimoun	Ath aissi	Ath bouadhou	Ath yenni	Azazga	Bouzugoune	Ath zmenzer	DBK	Freha	Idjeur	Irdjen	Akfadou	LNI	Ouadhia	Souama	Timizart	Tirmitine	Tizi-ouizou	Tizi rached
<i>Cx. pipiens</i>	47.95	17.65	33.5	58.71	69.78	1.42	25.13	66.49	83.76	77.20	36.58	35.62	-	46.17	32.84	2.2	3.85	83.33	40.22	65.98
<i>Cx. hortensis</i>	41.93	2.94	22	2.53	8.51	2.84	55.60	24.32	0.85	0.38	53.70	20.73	-	10.49	52.77	26.7	71.15	14.81	1.30	10.26
<i>Cx. impudicus</i>	3.61	-	5	0.12	-	1.42	0.10	-	-	0.76	5.45	2.20	-	10.02	3.69	2.2	-	1.85	0.20	-
<i>Cx. mimeticus</i>	-	-	2	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.25	-	31.1	-	-	-	-
<i>Cx. theileri</i>	-	-	-	-	-	3.55	8.59	-	-	0.08	1.56	1.10	-	-	-	-	3.85	-	-	0.55
<i>Cx. perexiguus</i>	-	-	24	-	-	5.67	2.41	-	-	8.81	-	14.21	-	-	-	-	15.38	-	1.10	3.17
<i>Cx. laticinctus</i>	-	-	-	-	0.33	-	-	-	-	-	-	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cs. annulata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.63	0.74	-	-	-	-	-
<i>Cs. longiareolata</i>	5.06	79.41	-	34.67	20.20	-	0.10	6.49	1.71	12.46	-	0.68	-	30.36	-	4.4	-	-	56.17	17.91
<i>Cs. fumipennis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ae. caspius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.74	-	-	-	-	-
<i>Ae. vexans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0.85	-	-	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ur. unguiculata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.08	-	-	2.95	-	-	-	-	-
<i>An. claviger</i>	0.96	-	-	3.73	-	-	0.31	-	-	-	0.78	2.37	-	-	6.27	-	-	-	-	-
<i>An. labranchiae</i>	0.48	-	13.5	0.16	1.17	85.11	7.75	2.70	12.82	0.30	1.95	22.25	-	1.10	-	33.3	5.77	-	1.00	2.13
<i>An. algeriensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.42	-	-	-	-	-	-	-	-

## Annexe 06. Effectif des espèces recensées dans les gîtes étudiés

Stat	<i>Cx. pipiens</i>	<i>Cx. hortensis</i>	<i>Cs. longiareolata</i>	<i>Cx. impudicus</i>	<i>An. Claviger</i>	<i>An. labranchiae</i>	<i>Ae. caspius</i>	<i>Cs. annulata</i>	<i>Cx. atincetus</i>	<i>Ur. unguiculata</i>	<i>An. algeriensis</i>	<i>Cx. mimeticus</i>	<i>Cx. theileri</i>	<i>Cx. perexiguus</i>	<i>Cs. fumipennis</i>	<i>Ae. vexans</i>
stat1	89	143	0	10	8	17	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
stat2	418	51	121	0	0	7	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
stat3	958	125	366	6	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat4	2	2	0	0	179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat7	0	19	0	10	0	27	0	0	0	0	0	4	0	48	0	0
stat6	4	147	0	25	28	31	0	0	0	1	2	0	7	168	0	0
stat5	1012	2	901	0	6	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0
stat8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
stat9	320	48	0	0	0	4	0	0	2	0	3	0	6	0	0	0
stat10	67	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat11	74	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
stat12	23	50	8	0	0	228	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat13	223	344	1	0	3	74	0	0	0	0	0	0	8	2	0	0
stat14	0	9	0	0	0	14	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0
stat15	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat16	0	25	0	0	0	70	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0
stat17	77	21	0	7	2	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
stat18	9	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0
stat19	41	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat20	1016	5	164	10	0	4	0	0	0	0	0	0	1	116	0	0
stat21	900	12	260	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat22	97	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat23	23	0	123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat24	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat25	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat26	8	89	0	15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat27	5	120	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat28	4	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat29	4	17	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	4	43	0	0
stat30	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
stat31	17	117	6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
stat32	11	2	182	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat33	12	0	0	0	10	5	0	0	0	0	0	0	0	53	0	0
stat34	2	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	0	0
stat35	123	45	12	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat36	67	0	456	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat37	12	0	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat38	12	2	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat39	11	16	127	8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
stat40	2	1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat41	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat42	1020	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat43	375	7	216	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat44	17	162	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat45	1	0	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat46	284	51	67	56	0	7	0	2	0	0	0	8	0	0	0	0
stat47	191	85	21	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat48	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
stat49	2	4	0	2	0	120	0	0	0	0	0	0	5	8	0	0
stat50	1	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
stat51	1	3	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TT	7579	1798	3754	156	245	691	2	6	4	1	5	30	62	460	20	3

Annexe 07. Matrice de corrélation Spearman Rho

Cx. <i>pipiens</i>	Cx. <i>hortensis</i>	Cs. <i>longiareolata</i>	Cx. <i>impudicus</i>	An. <i>claviger</i>	An. <i>labranchiae</i>	Ae. <i>caspus</i>	Cs. <i>annulata</i>	Cx. <i>laticinctus</i>	Ur. <i>unguiculata</i>	An. <i>algeriensis</i>	Cx. <i>mimeticus</i>	Cx. <i>theileri</i>	Cx. <i>perexiguus</i>	Cs. <i>fummipennis</i>	Ae. <i>vexans</i>	
1.000	.119	.407**	.177	.200	-.174	.061	.108	.087	.061	.087	-.275*	.095	-.059	-.328**	.087	<i>Cx. pipiens</i>
	1.000	.002	.107	.080	.111	.335	.226	.272	.335	.272	.025	.253	.342	.009	.272	<i>Cx. hortensis</i>
		1.000	.299*	.153	.193	.083	.146	.118	.083	.118	.171	.197	.062	-.242*	-.345**	<i>Cs. longiareolata</i>
			1.000	-.030	-.127	-.172	-.133	.098	-.133	-.190	.017	-.208	-.268*	-.133	-.190	<i>Cx. impudicus</i>
				1.000	.229	.169	.202	.414**	.202	.077	.110	.148	.083	-.095	.077	<i>An. claviger</i>
					1.000	.053	.118	.077	.297	.220	.149	.281	.253	.297		<i>An. labranchiae</i>
						1.000	.109	.306*	.171	.056	.132	.160	-.065	-.094		<i>Ae. caspius</i>
							1.000	.222	.015	.236	.257	.131	.324	.257		<i>Cs. annulata</i>
								1.000	.128	.059	.183	.379**	.249*	-.156	-.020	<i>Cx. laticinctus</i>
									1.000	.185	.099	.003	.039	.137	.445	<i>Ur. unguiculata</i>
										1.000	.566**	-.074	-.070	-.020	-.029	<i>An. algeriensis</i>
											1.000	.387	.313	.445	.421	<i>Cx. mimeticus</i>
												1.000	-.051	-.051	-.051	<i>Cx. theileri</i>
													1.000	.403	.362	<i>Cx. perexiguus</i>
														1.000	-.041	<i>Cs. fummipennis</i>
															1.000	<i>Ae. vexans</i>

## Annexe 08. Variations mensuelles des paramètres physico-chimiques dans les sites d'études

S1						S2						S3					
Mois	Salt	t eau	OD	CD	Ph	Mois	Salt	t eau	OD	CD	Ph	Mois	Salt	t eau	OD	CD	Ph
A	0.02	14.29	11.6	0.297	7.196	A	0.01	19.4	11.1	0.228	8.03	A	0.03	14	13.76	0.715	7.34
M	0.02	21.1	11	0.378	6.97	M	0.02	23.6	8.55	0.287	7.84	M	0.03	13.7	11.3	0.757	7.83
J	0.02	20.2	4.4	0.4535	7.2	J	0.01	26.6	3.35	0.253	8.195	J	0.035	18.4	8.25	0.756	7.635
J	0.03	23.55	1.9	0.512	7.235	J	0.015	28.95	4.35	0.3	7.515	J	0.04	23	2.2	0.8335	7.175
A	0.03	25.95	4.65	0.4955	6.35	A	0.02	28.75	2.9	0.31	6.845	A	0.045	21.5	4.1	0.894	7.14
S	0.03	25.95	4.1	0.5165	7.035	S	0.02	27.85	4.6	0.337	7.81	S	0.05	21.75	3.2	0.971	7.08
O	0.025	21.65	4.1	0.4115	8.01	O	0.02	25.8	4.8	0.307	7.95	O	0.05	16.8	1.25	1.42	7.34
N	0.02	16.85	4.6	0.4495	7.88	N	0.02	20.85	4.6	0.288	7.9	N	0.085	14	4.25	1.616	7.37
D	0.03	14.3	5.1	0.502	7.74	D	0.02	15.6	3.8	0.281	7.93	D	0.05	12	7.2	0.934	7.4
J	0.03	12.5	4.3	0.492	8.59	J	0.02	14.1	6.2	0.267	7.79	J	0.05	13	6.17	0.835	7.8
F	0.02	14.9	7.5	0.386	8.01	F	0.01	18	5.3	0.238	7.98	F	0.04	12.5	1.7	0.741	7.6
M	0.02	15.6	4.3	0.451	8.2	M	0.01	20	6.7	0.231	8.21	M	0.04	11.5	1	0.67	7.97
S4						S5						S6					
Mois	Salt	t eau	OD	CD	Ph	Mois	Salt	t eau	OD	CD	Ph	Mois	Salt	t eau	OD	CD	Ph
A	0.02	12.5	15.15	0.381	6.71	A	0.01	11.8	17.6	0.217	7.534	A	0.01	11.8	17.6	0.217	7.534
M	0.02	13.7	14.9	0.466	8.22	M	0.01	13.2	10.1	0.272	7.66	M	0.01	13.2	10.1	0.272	7.66
J	0.02	14.9	10.1	0.491	6.915	J	0.01	20.75	12.05	0.254	7.355	J	0.01	20.75	12.05	0.2535	7.355
J	0.02	16.7	7.75	0.543	7.38	J	0.015	18.5	8.2	0.281	7.125	J	0.015	18.5	8.2	0.281	7.125
A	0.02	19.65	5.95	0.488	6.76	A	0.055	20.6	2.95	1.052	6.935	A	0.055	20.6	2.95	1.052	6.935
S	0.03	20.3	4.1	0.542	6.29	S	0.085	20.75	1.7	1.651	7.7	S	0.085	20.75	1.7	1.6505	7.7
O	0.03	17.1	4.95	0.556	7.67	O	0.03	14.05	3.75	0.592	7.75	O	0.03	14.05	3.75	0.5915	7.75
N	0.03	14.05	6.3	0.609	6.96	N	0.027	12.5	3.05	0.679	7.8	N	0.027	12.5	3.05	0.679	7.8
D	0.03	12.8	6.8	0.484	7.8	D	0.02	9.7	1.9	0.486	7.81	D	0.02	9.7	1.9	0.486	7.81
J	0.03	11.5	5.6	0.516	8.09	J	0.02	8.8	3.2	0.333	7.98	J	0.02	8.8	3.2	0.333	7.98
F	0.02	11.1	6.66	0.429	7.89	F	0.02	5.5	2.6	0.448	7.9	F	0.02	5.5	2.6	0.448	7.9
M	0.02	12.1	6.2	0.425	7.46	M	0.02	8.1	1.4	0.445	7.86	M	0.02	8.1	1.4	0.445	7.86
S7																	
Mois	Salt	t eau	OD	CD	Ph												
A	0.02	20.7	10.6	0.429	7.97												
M	0.03	26.35	12.6	0.596	7.37												
J	0.025	28.75	10.35	0.571	7.82												
J	0.035	30.1	7.85	0.667	7.485												
A	0.04	31.5	4.95	0.682	6.47												
S	0.03	24.9	7.5	0.652	7.56												
O	0.03	22.05	9.65	0.687	7.945												
N	0.04	14.35	7.3	0.727	7.46												
D	0.04	8.1	11.5	0.681	7.59												
J	0.03	10.1	7.35	0.676	7.67												
F	0.03	13.7	7.42	0.679	7.79												
M	0.025	16.3	7.9	0.587	7.83												

**Annexes 09.** Effectif mensuelles des insectes prédateurs recensés dans le barrage de Taksebt.

Mois	Odonata											Hemiptera					Coleoptera			
	<i>O. cancellatum</i>	<i>C. erythrea</i>	<i>S. striolatum</i>	<i>S. fonscolombei</i>	<i>A. mixta</i>	<i>A. imperatore</i>	<i>A. partenope</i>	<i>I. graellsii</i>	<i>C. scitulum</i>	<i>N. macu</i>	<i>N. cinerea</i>	<i>C. affinis</i>	<i>P. minutissima</i>	<i>N. glauca</i>	<i>L. minutus</i>	<i>H. aubei</i>	<i>Ilybius</i>	<i>A. didymus</i>	<i>N. laevis</i>	
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	
O	0	4	0	0	2	0	1	0	0	2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	
N	0	3	0	0	0	0	0	0	2	10	0	0	0	0	5	0	0	0	0	
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
F	0	0	0	0	2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	2	1	0	0	0	
M	3	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	5		3	0	0	0	0		
A	0	0	2	0	3	1	0	2	0	0	0	0	0	8	3	0	0	0	2	
M	0	0	0	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	10	0	0	1	1	0	

**Annexes 10.** Effectif mensuelles des espèces de moustiques recensés dans le barrage de Taksebt.

mois	Site P2									Site P1					Site P3					Site T1						Site T2		Site T3			
	Cx. pipiens	Cx. theileri	Cx. perexiguis	Cx. hortensis	Cx. impudicus	An. claviger	An. labranchiae	Ur. unguiculata		Cx. perexiguis	Cx. impudicus	An. labranchiae	Cx. hortensis	Ae. caspius	Cx. perexiguis	Cx. hortensis	Cx. impudicus	An. labranchiae	Cx. mimeticus		Cx. pipiens	An. labranchiae	Cx. theileri	Cx. hortensis	Cx. laticinctus	An. algeriensis	Cx. pipiens	Cx. hortensis	Cx. pipiens	Cx. impudicus	Ae. vexans
J	0	0	28	22	0	0	0	0	13	3	13	9	0	0	0	0	4	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
J	0	0	51	37	0	0	6	2	32	3	5	14	4	14	0	0	8	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
A	1	2	60	30	0	0	24	0	18	1	3	3	0	18	0	1	2	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
S	0	0	7	0	0	0	0	0	8	0	1	2	0	7	0	0	0	0	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	/	/	/
O	2	0	0	0	7	0	0	0	3	0	1	9	0	4	2	2	0	0	/	/	/	/	/	/	/	/	45	3	/	/	/
N	0	0	2	0	0	1	0	0	2	0	0	6	0	5	1	0	0	0	26	3	0	6	2	0	17	12	/	/	/	/	
D	0	2	3	0	0	14	0	0	3	0	0	2	0	0	4	4	0	0	7	1	3	3	0	0	4	6	/	/	/	/	
J	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	1	4	/	/	/	/	
F	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	8	0	3	0	0	/	/	/	/	
M	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	1	0	0	/	/	0	0	2	0	
A	1	0	0	8	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	3	0	27	0	0	20	0	0	/	/	25	0	0	0	
M	0	0	0	14	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0	0	260	0	0	10	0	0	/	/	49	1	0	0	

**Annexe 11.** Abondance et analyse de variance pour la faune aquatique du barrage de Taksebt

Site	Ordre	Effectif	Abondance	Ordre	Effectif	Abondance
T1	Culicidae	158	79%	Coleoptera	15	7%
T2	Culicidae	354	83%	Coleoptera	2	0%
T3	Culicidae	108	89%	Coleoptera	1	1%
P1	Culicidae	383	100%	Coleoptera	0	0%
P2	Culicidae	92	100%	Coleoptera	0	0%
P3	Culicidae	77	100%	Coleoptera	0	0%
Site	Ordre	Effectif	Abondance	Ordre	Effectif	Abondance
T1	Hemiptera	14	7%	Odonata	14	7%
T2	Hemiptera	56	13%	Odonata	16	4%
T3	Hemiptera	5	4%	Odonata	7	6%
P1	Hemiptera	0	0%	Odonata	0	0%
P2	Hemiptera	0	0%	Odonata	0	0%
P3	Hemiptera	0	0%	Odonata	0	0%

**Annexe 12.** Comparaison des abondances de la faune aquatique du barrage de Taksebt par analyse de variance.

Analyse de variance Abondance Culicidae- prédateur																				
Taxa						Sites Culicidae						Sites predators								
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value			
Taxa	3	35677.4	11892.5	340.44	0.000	Sites	1	407.16	407.16	28.23	0.006	Sites	1	135.7	135.721	18.42	0.001			
Error	20	698.6	34.9			Error	4	57.7	14.42			Error	16	117.9	7.368					
Total	23	36376				Total	5	464.86				Total	17	253.6						
Taxa	N	Mean	Grouping					Sites Culicidae	N	Mean	Grouping			Sites predators	N	Mean	Grouping			
culicidae	6	91.76	A					Sites	GT	3	100	A			GP	9	5.49	A		
hemiptera	6	4.03		B					GP	3	83.52		B			GT	9	0		B
odonata	6	2.75		B																
coleoptera	6	1.46		B																

## Annexe 13. Mortalité cumulé des larves traitées avec les extraits des trois plantes (ANOVA dose- plante)

Plante	Dose	Mortalité	Plante	Dose	Mortalité	Plante	Dose	Mortalité
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D0	0	<i>Citrus aurantium</i>	D0	0	<i>Cytisus scoparius</i>	D0	0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D0	0	<i>Citrus aurantium</i>	D0	0	<i>Cytisus scoparius</i>	D0	0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D0	0	<i>Citrus aurantium</i>	D0	0	<i>Cytisus scoparius</i>	D0	0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D0	0	<i>Citrus aurantium</i>	D0	0	<i>Cytisus scoparius</i>	D0	0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D1	60	<i>Citrus aurantium</i>	D1	80	<i>Cytisus scoparius</i>	D1	20
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D1	69	<i>Citrus aurantium</i>	D1	20	<i>Cytisus scoparius</i>	D1	0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D1	90	<i>Citrus aurantium</i>	D1	26	<i>Cytisus scoparius</i>	D1	60
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D1	79	<i>Citrus aurantium</i>	D1	38	<i>Cytisus scoparius</i>	D1	7
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D3	60	<i>Citrus aurantium</i>	D3	50	<i>Cytisus scoparius</i>	D3	60
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D3	89	<i>Citrus aurantium</i>	D3	40	<i>Cytisus scoparius</i>	D3	19
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D3	100	<i>Citrus aurantium</i>	D3	36	<i>Cytisus scoparius</i>	D3	40
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D3	89	<i>Citrus aurantium</i>	D3	68	<i>Cytisus scoparius</i>	D3	7
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D5	70	<i>Citrus aurantium</i>	D5	60	<i>Cytisus scoparius</i>	D5	70
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D5	89	<i>Citrus aurantium</i>	D5	60	<i>Cytisus scoparius</i>	D5	79
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D5	100	<i>Citrus aurantium</i>	D5	36	<i>Cytisus scoparius</i>	D5	80
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D5	79	<i>Citrus aurantium</i>	D5	78	<i>Cytisus scoparius</i>	D5	0
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D10	100	<i>Citrus aurantium</i>	D10	90	<i>Cytisus scoparius</i>	D10	80
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D10	89	<i>Citrus aurantium</i>	D10	90	<i>Cytisus scoparius</i>	D10	89
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D10	90	<i>Citrus aurantium</i>	D10	56	<i>Cytisus scoparius</i>	D10	90
<i>Robinia pseudoacacia</i>	D10	89	<i>Citrus aurantium</i>	D10	78	<i>Cytisus scoparius</i>	D10	67

**Annexes 14.** Comparaison de l'efficacité des extraits aqueux (Dose- Temps) avec ANOVA à un facteur

**Analyse de variance plante – temps**

<i>Citrus aurantium</i>						<i>Robinia pseudoacacia</i>						<i>Cytisus scoparius</i>					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Temps	3	11501	3833.7	35.01	0.00	Temps	3	15351.6	5117.19	154.72	0	Temps	3	4286	1428.5	3.07	0.069
Error	12	1314	109.5			Error	12	396.9	33.07			Error	12	5580	465		
Total	15	12815				Total	15	15748.4				Total	15	9865			

<i>Citrus aurantium</i>				<i>Robinia pseudoacacia</i>				<i>Cytisus scoparius</i>			
Temps	N	Mean	Grouping	Temps	N	Mean	Grouping	Temps	N	Mean	Grouping
72H	4	73.13	A	72H	4	88.75	A	72H	4	58.8	A
48H	4	60.63	A	48H	4	73.75	B	48H	4	48.8	A
24H	4	30	B	24H	4	49.38	C	24H	4	35.6	A
4H	4	4.38	C	4H	4	6.88	D	4H	4	15	A

**Analyse de variance plante -dose**

DOSE						PLANTE						Plante*DOSE					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Dose	4	47732	11932.9	22.74	0	Plante	2	8977	4488	3.78	0.029	Plante	2	8977	4488.5	13.46	0.00
Error	55	28862	524.8			Error	57	67617	1186			Dose	4	47732	11932.9	35.78	0.00
Total	59	76594				Total	59	76594				Plante*Dose	8	4878	609.7	1.83	0.097

DOSE				Plante			
Dose	N	Mean	Grouping	Plante	N	Mean	Grouping
D10	12	84	A	<i>Robinia pseudoacacia</i>	20	67.1	A
D5	12	66.75	A	<i>Citrus aurantium</i>	20	45.3	A
D3	12	54.83	B	<i>Cytisus scoparius</i>	20	38.4	B
D1	12	45.75	B	Means that do not share a letter are significantly different.			
D0	12	0	C				

# *Publications*

UDC 595.771(65)

## DIVERSITY OF MOSQUITOES (DIPTERA, CULICIDAE) AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF THEIR LARVAL HABITATS IN TIZI-OUZOU AREA, ALGERIA

N. Oussad\*, Z. Lounaci-Ali BenAli, M. Aouar-Sadli

Department of Biology, Faculty of Biological and Agronomic Sciences,  
Mouloud Mammeri University, 15162, Tizi-Ouzou, Algeria

\*Corresponding author

E-mail: nadia.oussad@ummto.dz

M. Aouar-Sadli (<https://orcid.org/0000-0002-4576-7198>)

**Diversity of Mosquitoes (Diptera, Culicidae) and Physico-Chemical Characterization of Their Larval Habitats in Tizi-Ouzou area, Algeria.** Oussad, N., Lounaci-Ali BenAli, Z., Aouar-Sadli, M. — Many mosquito species are considered as vectors of several pathogens responsible of serious infectious diseases including Malaria, Dengue, Chikungunya and Rift Valley Fever. The characterization of the larval habitat of these arthropods is an important step for a nuisance/vector control program. In this study we aimed to identify mosquito larvae species in the Tizi-Ouzou area (north-central of Algeria) and to examine the physico-chemical parameters of their permanent breeding sites. Surveys are carried out during the dry and rainy seasons (2018/2019), the larval stages of the mosquitoes were sampled using the dipping technique and the physico-chemical parameters of the breeding sites were measured. The morpho-taxonomic examination of the Culicidae samples allowed the identification of 14 species belonging to five genera and two subfamilies. Interestingly, *Culex pipiens* was the most abundant species found in all entomological surveys. Moreover, *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata* species showed high ecological plasticity and were the best correlated species to the studied physico-chemical parameters. Temperature was positively correlated with the density of most inventoried species. Our data would be of great interest in the context of developing a nuisance control program and the prevention of vector-borne diseases.  
Key words: Culicidae, physico-chemical parameters, breeding site, Tizi-Ouzou area, Algeria.

### Introduction

Vector-borne diseases are a major threat to public health (Gillespie, Smith and Osbourn, 2004), transmitted to humans by blood-sucking arthropods (Rodhain and Perez, 1985), especially mosquitoes (Diptera, Culicidae). Mosquitoes affect millions of people worldwide by transmitting the disease-causing agent (pathogen) of several serious diseases (Ludwig et al., 2019) such as Malaria, Chikungunya, Lymphatic filariasis, Encephalitis, Rift Valley fever, Yellow fever (Marc et al., 2016) 53 and 3,65 mg/l; BOD5 between 3 and 15 mg/l. In fact, more than 3.9 billion people in over 129 countries are at risk of contracting Dengue. Moreover, Malaria causes more than 400,000 deaths every year (WHO, 2020). The surveillance system (animal, human and vector) requires further support to prevent outbreaks (WHO, 2014 b). The World Health Organization (WHO, 2014 a) has noted the importance of the identification and monitoring various vector populations as part of global surveillance. The identification of vectors, where and when they appear, and their behavioral characteristics are basic steps in

planning vector control interventions. To control mosquitoes effectively, it is important to understand their life cycle (Jackman and Olson, 2002). All mosquitoes need aquatic habitats for their development (Becker et al., 2010). Indeed, adult, larva and pupa mosquitoes have very different morphologies adapted to their lifestyle: aquatic for the pre-imaginal stages and aerial for the adult (Carnevale and Robert, 2009). Oviposition and pre-imaginal stages development are conditioned by the nature and the suitability of the breeding site (Liu et al., 2019). Of note, the larvae of some mosquito species tolerate a wide range of physico-chemical parameters that are important for their bioecology. Several studies have investigated the physico-chemical factors of habitats contributing to the selection of mosquito oviposition sites (Berchi, Aouati and Louadi, 2012; Gopalakrishnan et al., 2013; Waewwab et al., 2019). However, data regarding the physio-chemical characteristics of mosquito larval habitats in Algeria are limited. Moreover, diversity and distribution of mosquitoes in Algeria has not been fully investigated. In the present study, we aim to identify and monitor the larval density of mosquitoes and to highlight the parameters that have the greatest influence on the larval development of the mosquito species present or potentially present in the area.

## Materials and methods

### Study area

The district of Tizi-Ouzou is a part of the northern Algeria, it is limited by the Mediterranean Sea from the north, Bouira district from the south, Boumerdes from the west and Bejaia from the east. Its steep relief, strongly dissected by an important hydrographic network, gives rise to an alternation of landscapes and geosystems: coastal plains, coastal massifs, valleys and inland depressions, low, medium and high mountains (Medour, 2010). The area has a mediterranean hot summer climate, the dry season (May–September) precedes the rainy season (October–April). During the study period, the average rainfall varied from 0 to 187 mm and the temperature from 9.2 to 27.8 °C (fig. 1).

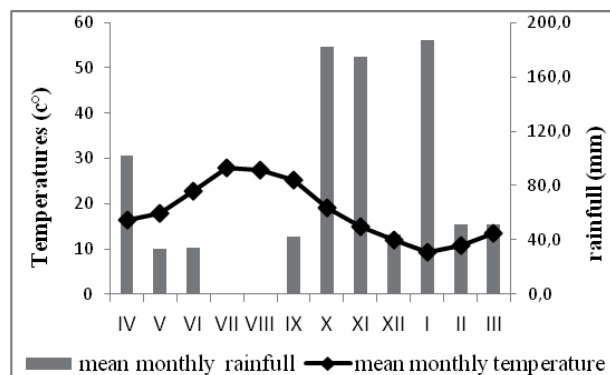


Fig. 1. Temperature fluctuations and average rainfall in Tizi-Ouzou area (2018–2019) (NMO, 2019).

### Description of the prospected larval sites

In order to have a representative picture of the mosquito species potentially present in the study area (fig. 2), seven permanent sites, which differ ecologically from one another, were selected (fig. 3).

Site 01 (36°32.5800' N, 4°5.3400' E; 470 m a. s. l.): is an open water ditch, fed by spring and rainwater. It is situated next to a dump in Ouadhia Municipality, sunny and rich in vegetation. The water of this ditch is rather clear and deep.

Site 02 (36°33.4800' N, 4°11.8200' E; 382 m a. s. l.): is a shallow cemented basin without vegetation, located on the road to the Ath Yanni region. This site is fed by spring water as well as rainwater.

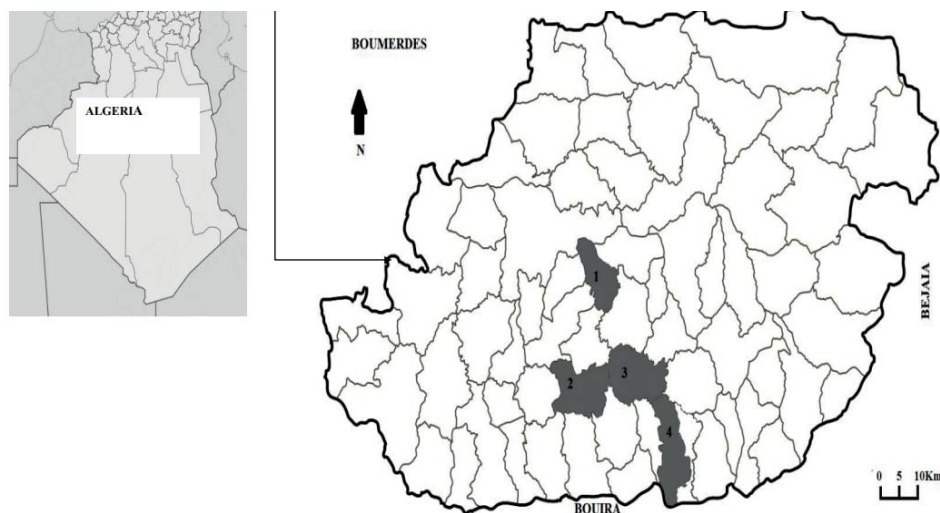


Fig. 2. Study sites location (1— Irdjen; 2 — Ouadhia; 3 — Beni Yenni; 4 — Iboudraren).



Fig. 3. Mosquito breeding sites (site 01, a; site 02, b; site 03, c; site 04, d; site 05, e; site 06, f); site 07, g).

Site 03 (36°30.1200' N, 4°14.4000' E; 790 m a. s. l.): is rather a shallow shady channel with clear water, vegetation and a layer of dead leaves on the surface.

Site 04 (36°30.6600' N, 4°14.6400' E; 923 m a. s. l.): represents two drinking troughs located in Tassaft, a village in the municipality of Iboudraren and supplied with spring water during the summer. It is a shaded, medium deep site with a sandy bottom and without vegetation in the surrounding area. The water in this breeding site is rather clear.

Site 05 (36°30.3000' N, 4°15.4200' E; 1000 m a. s. l.): is a water reservoir, which receives rainwater and spring water. Located at the entrance of Yatafen village in the commune of Iboudraren. The water in this gîte is turbid, shallow and polluted by domestic waste.

Site 06 (36°39.4200' N, 4°4.8060' E; 85 m a. s. l.): is a relatively large, shallow swamp in the Irdjen area, with extensive vegetation cover characterized by duckweed and filamentous algae, the water is rather clear.

Site 07 (36°40.6800' N, 4°6.9600' E; 95 m a. s. l.): is a shallow water channel fed by dam waters coming from the Irdjen area and rainwater. The water in this sunny breeding site is clear and covered with filamentous algae.

#### Larval harvesting

The monitoring of the breeding sites was carried out once every two weeks from April 2018 to May 2019. Dipping technique was used to collect the larval stages as described by (Papierok, Croset and Rioux, 1973). Several samples were taken from the same site to form a single homogeneous sample. The larvae are then sorted, counted, placed in small-aerated bottles and transported to the laboratory.

#### Identification of Culicidae

Captured larvae were mounted using protocol (Matile, 1993) and identified using dichotomous keys (Becker et al., 2010; Himmi et al., 1995) and the Mediterranean African mosquito identification software (Brunhes et al., 2000).

#### Physical and chemical parameter recordings

The physico-chemical parameters used to study the mosquito larval breeding sites are: pH, conductivity, dissolved oxygen, salinity and temperature. These were measured directly in situ using a multi-parameter analyzer PCE-PHD-1-KIT1.

#### Diversity and statistical analysis

The results of the mosquito inventory are treated by ecological indices such as species richness (S), relative abundance ( $F = N_i \times 100 / N$ ), where  $N_i$  is the number of individuals of species  $i$  and  $N$  is the total number of individuals of all species present, As well as the frequency of occurrence and constancy of each study station ( $C = P_i \times 100 / N$ ) where  $P_i$  represents the number of surveys containing the species studied ( $i$ ) and  $N$  represents the total number of surveys carried out. The species is qualified as omnipresent when  $80 \% \leq C < 100 \%$ , as constant when  $60 \% \leq C < 80 \%$ , as regular when  $40 \% \leq C < 60 \%$ , as infrequent when  $20 \% \leq C < 40 \%$  and it is qualified as accidental when  $C < 20 \%$  (Scherrer, 1984; Silver, 2008). In order to

highlight the relationship between the larval density of abundant species and the physico-chemical parameters of the studied sites, Pearson correlation coefficients indicating r-squared values were calculated using R software.

## Results

### Inventory

A number of 4968 mosquito larvae were collected from April 2018 to May 2019. Morphotaxonomic examination allowed the identification of 14 species of mosquitoes belonging to five genera: *Aedes*, *Anopheles*, *Culex*, *Culiseta* and *Uranotania*. Culicid larval production was higher in the dry season than in the rainy season. The most productive site was site 5, with a total of 1675 individuals in the dry season and 248 individuals in the rainy season (table.1).

### Abundance

In terms of relative abundance, *Culex pipiens* L. seems to be the most abundant species with a total of 2,184 individuals during the dry period and 299 individuals during the rainy period where it was ubiquitous in three breeding sites (2, 3, 5). *Culiseta longiareolata* (Macquart, 1838) comes second with a total of 1,252 individuals during the dry period and 136 during the rainy period. This species is endowed with high ecological plasticity and occurs in various larval sites. Among the 14 listed species, a total of seven species are present throughout the year (table.1), including *Culex pipiens*, *Culiseta longiareolata*, *Culex hortensis* (Ficalbi, 1889), *Culex impudicus* (Ficalbi, 1890), *Culex perexiguus* (Teobald, 1901), *Anopheles labranchiae* (Meigen, 1818) and *Anopheles claviger* (Meigen, 18041). The

**Table 1. Relative abundance (RA %); frequency occurrence (CO) and effectif of mosquito larvae per sampling station in dry and rainy season**

Dry season	Site 1 RA% CO	Site 2 RA% CO	Site 3 RA% CO	Site 4 RA% CO	Site 5 RA% CO	Site 6 RA% CO	Site 7 RA% CO	Effectif
<i>Cs. longiareolata</i>	—	23.41 (C)	25.07 (C)	—	47.70 (O)	—	—	1252
<i>Cx. pipiens</i>	39.81(C)	72.93 (C)	65.03 (O)	—	52.18 (O)	0.30 (A)	—	2184
<i>Cx. hortensis</i>	47.39 (C)	1.95 (I)	8.78 (C)	1.57 (A)	—	38.91 (O)	8.96 (I)	369
<i>Cx. impudicus</i>	3.79 (I)	—	0.42 (I)	—	—	4.56 (R)	5.97 (I)	33
<i>An. labranchiae</i>	8.06 (I)	1.71 (I)	0.56 (R)	—	—	9.12 (I)	20.90 (I)	76
<i>An. claviger</i>	—	—	0.14 (A)	98.43 (C)	—	—	—	127
<i>Ae. caspius</i>	0.95 (A)	—	—	—	—	—	—	2
<i>Ur. unguiculata</i>	—	—	—	—	—	0.61 (A)	—	2
<i>Cx. mimeticus</i>	—	—	—	—	0.12 (A)	—	5.97 (I)	6
<i>Cx. theileri</i>	—	—	—	—	—	0.61 (A)	—	2
<i>Cx. perexiguus</i>	—	—	—	—	—	45.90 (C)	58.21 (R)	190
Effectif /station	211	410	1424	127	1675	329	67	4243
Rainy season								
<i>Cs. longiareolata</i>	—	13.09 (R)	20.45 (A)	—	41.11 (R)	—	—	136
<i>Cx. pipiens</i>	8.47 (I)	62.30 (O)	72.73 (I)	3.57 (A)	55.64 (R)	3.49 (A)	—	299
<i>Cx. hortensis</i>	72.8 (R)	22.51 (O)	—	—	0.81(A)	22.09 (R)	31.71 (C)	120
<i>Cx. impudicus</i>	3.39 (A)	—	—	—	—	11.63 (I)	14.63 (A)	18
<i>An. labranchiae</i>	—	—	—	—	—	1.16 (A)	31.71 (R)	14
<i>An. claviger</i>	13.56 (A)	—	6.82 (I)	96.43 (I)	0.02 (A)	32.56 (R)	—	99
<i>Cs. annulata</i>	1.69 (A)	—	—	—	—	1.16 (A)	—	2
<i>Cx. laticinctus</i>	—	2.09 (A)	—	—	—	—	—	4
<i>An. algeriensis</i>	—	—	—	—	—	2.33 (A)	—	2
<i>Cx. theileri</i>	—	—	—	—	—	5.81 (A)	—	5
<i>Cx. perexiguus</i>	—	—	—	—	—	19.77 (R)	21.95 (I)	26
Effectif /station	59	191	44	56	248	86	41	725

Note. (A) — accidental; (I) — infrequent; (C) — constant; (R) — regular; (O) — omnipresent.

remains of the species were recorded in small percentages and in only one station. Indeed, *Aedes caspius* was found only in site 1, *Culex laticinctus* (Edwards, 1913) in site 2 and *Uranotaenia unguiculata* (Edwards, 1913), *Culex theileri* (Theobald, 1903) and *Anopheles algeriensis* (Theobald, 1903) in site 6.

#### Physico-chemical characterization of mosquito larvae breeding sites

The physicochemical properties of the studied sites are reported in table 2. The average water temperature of the studied deposits varies during the study period. Indeed, these temperatures are between 10.06 °C and 28.32 °C and were lower in the shaded deposits. This was the case for sites 3, 4, and 5 where the average temperature during the dry period was 19.67 °C, 17.05 °C and 18.76 °C respectively. The average pH values measured ranged from 6.81 to 7.97. A slightly acidic pH was observed during the dry season in both sites 1 and 6, and slightly alkaline in all the other studied sites. Average conductivity ranged from 0.2627 at deposit 02 to 1.19 mS/cm at deposit 03. The average dissolved oxygen content recorded at the study deposits is between 3.577 and 8.82 mg/L. It is higher in the rainy season than in the dry season, but in general, the dissolved oxygen level remains relatively low in all the monitored sites. The average salinity values recorded in the study sites are below 0.1 g/l. with a slight decrease during the rainy season.

**Table 2. Seasonal variations of the physico-chemical parameters in the study sites**

Sites	Dry season					Rainy season				
	salt (%)	water T (°C)	DO (mg/l)	CD (mS/cm)	Ph	salt (%)	water T (°C)	DO (mg/l)	CD (mS/cm)	pH
Site 1	0.026	23.35	5.21	0.4711	6.958	0.0235	15.72	5.93	0.427	7.95
Site 2	0.017	27.15	4.75	0.2972	7.641	0.01571	19.1	6.07	0.2627	7.97
Site 3	0.04	19.67	5.81	0.8423	7.372	0.0492	13.4	5.05	1.193	7.55
Site 4	0.022	17.05	8.56	0.5058	7.113	0.02571	13.02	7.38	0.4856	7.51
Site 5	0.035	18.76	7	0.7018	7.355	0.02101	10.06	4.78	0.457	7.8
Site 6	0.031	25.06	3.577	0.5085	6.813	0.02428	13.7	5.97	0.4551	7.82
Site 7	0.032	28.32	8.65	0.6334	7.341	0.03071	15.04	8.82	0.6378	7.75

Note. Salinity — salt; water temperature — water T; dissolved oxygen — DO; conductivity — CD; acidity — pH.

**Table 3. Means and standard deviations of physicochemical characteristics along with occurrence of mosquito species in different larval habitats**

Species (occurrence)	Salt, %	water T, °C	DO, mg/l	CD, mS/cm	pH
<i>Aedes caspius</i> (1)	0.02	20.2	4.4	0.454	7.2
<i>Culex pipiens</i> (36)	0.029 ± 0.018	19.93 ± 5.389	5.056 ± 3.043	0.572 ± 0.376	7.5 ± 0.533
<i>Culex hortensis</i> (36)	0.026 ± 0.009	19.81 ± 5.071	6.23 ± 3.15	0.49 ± 0.18	7.54 ± 0.593
<i>Culex impudicus</i> (17)	0.027 ± 0.007	22.43 ± 5.794	6.33 ± 3.527	0.493 ± 0.131	7.45 ± 0.554
<i>Culex mimeticus</i> (3)	0.028 ± 0.016	24.93 ± 10.18	7.63 ± 2.58	0.54 ± 0.232	7.21 ± 0.642
<i>Culex theileri</i> (3)	0.032 ± 0.007	17.15 ± 11.84	4.01 ± 0.275	0.467 ± 0.018	7.09 ± 1.481
<i>Culex perexiguus</i> (13)	0.032 ± 0.005	22.57 ± 6.563	5.42 ± 2.563	0.565 ± 0.105	7.23 ± 0.833
<i>Culiseta longiareolata</i> (21)	0.028 ± 0.019	20.44 ± 5.214	4.74 ± 2.953	0.588 ± 0.417	7.59 ± 0.417
<i>Culiseta annulata</i> (2)	0.02	14.3 ± 0.007	9.6 ± 2.828	0.369 ± 0.102	7.62 ± 0.603
<i>Culex laticinctus</i> (2)	0.02	23.33 ± 3.5	4.7 ± 0.141	0.297 ± 0.013	7.93 ± 0.035
<i>Uranotaenia unguiculata</i> (1)	0.03	25.1	2.55	0.466	7.35
<i>Anopheles algeriensis</i> (1)	0.02	8.8	7.15	0.427	7.9
<i>Anopheles labranchiae</i> (17)	0.031 ± 0.009	23.21 ± 6.505	5.46 ± 2.822	0.588 ± 0.19	7.26 ± 0.641
<i>Anopheles claviger</i> (21)	0.0297 ± 0.015	14.18 ± 4.082	6.68 ± 3.461	0.588 ± 0.278	7.43 ± 0.558

**Table 4. Correlation of physico-chemical parameters with the larval production of the most abundant species**

Species	Salt	Water T	DO	CD	pH
<i>Culiseta longiareolata</i>	0.237± 0.02	0.148 ± 0.17	-0.084 ± 0.445	0.239 ± 0.028	-0.166 ± 0.12
<i>Culex pipiens</i>	0.242 ± 0.02	0.223 ± 0.04	-0.165 ± 0.133	0.239 ± 0.028	-0.183 ± 0.094
<i>Culex hortensis</i>	0.090 ± 0.41	0.347± 0.001	-0.232 ± 0.033	0.029 ± 0.786	-0.166 ± 0.131
<i>Culex impudicus</i>	1.95e-05±0.9	0.254± 0.019	-0.062 ± 0.569	-0.064 ± 0.562	-0.037± 0.736
<i>Anopheles labranchiae</i>	0.126 ± 0.25	0.42± 0.00	-0.131± 0.234	0.008 ± 0.940	-0.46± 9.6e-06
<i>Culex perexiguus</i>	0.121± 0.27	0.383 ± 0.00	-0.171 ± 0.121	-0.009 ± 0.934	-0.357± 0.001
<i>Anopheles claviger</i>	-0.052 ± 0.63	-0.062 ± 0.57	-0.019 ± 0.857	-0.003 ± 0.976	-0.124 ± 0.258

Note. Correlation coefficient (r) ± p values.

The means and standard deviations of the physico-chemical parameters collected at the study stations were calculated for each species (table. 3). *Culex perexiguus*, *Culex mimeticus*, *Culiseta annulata* species recorded the highest levels of salinity ( $0.032 \pm 0.005$ ), temperature ( $24.93^{\circ}\text{C} \pm 10.18$ ), dissolved oxygen ( $9.6 \pm 2.828$ ) respectively, while *Culex theileri*, *Anopheles Algeriensis*, *Uranotania unguiculata* and *Culex laticinctus* have the lowest rates in pH ( $7.09 \pm 1.481$ ), temperature ( $8.8^{\circ}\text{C}$ ), dissolved oxygen (2.55) and conductivity ( $0.297 \pm 0.013$ ) each.

Table 4 indicates the correlation coefficients between physico-chemical parameters and larval productivity of the most frequent species. It shows that larval productivity is negatively correlated in an insignificant way with acidity and dissolved oxygen. However, larval productivity was positively correlated with salinity and temperature for most of the species, except for *Anopheles claviger*, which seems to be negatively correlated with all physico-chemical parameters. Moreover, the productivity of certain species such as *Culex pipiens*, *Culiseta longiareolata*, *Culex hortensis* and *Anopheles labranchiae* seems to be positively correlated to conductivity, whereas the productivity of *Culex perexiguus*, *Culex impudicus* and *Anopheles claviger* is negatively and insignificantly correlated to conductivity.

## Discussion

### Inventory

The present inventory done in Tizi-Ouzou area revealed the presence of 14 species belonging to five genera. A list of 62 species of mosquitoes found in Algeria was drawn up (Robert et al., 2019), including one extinct species (*Aedes aegypti*), one introduced species (*Aedes albopictus*), and one uncertain species (*Anopheles colluzi*). Some of our species have already been reported by (Lafri et al., 2014) including *Aedes albopictus* identified for the first time in Algeria, in Tizi-Ouzou area. *Culex territans*, and *Culex modestus* have also been recorded in the area (Lounaci, 2003). The absence of these species in our stations may be mainly related to differences between the types of habitats, as well as to the sampling technique adopted or the larval deposits prospected. Obviously, the use of multiple traps for sampling would have potentially allowed a broader study of the biodiversity of the region with a greater number of species. Among the most abundant species, *Culex pipiens* is widespread and has been recorded in various regions of Algeria (Amara Korba et al., 2016; Berchi, 2000; Bouabida, Djebbar and Soltani, 2012). This species has a high ecological plasticity and is a potential vector for West Nile virus and Rift Valley fever (Amraoui et al., 2012; Meegan et al., 1980), other species are also of medico-veterinary interest, such as *Culex perexiguus* reported by Benbetka et al. (2018) as a natural vector of West Nile virus in the Saharan oasis of Algeria. This species is dominant in sites 6 and 7 and fluctuates regularly.

### Physico-chemical parameters

The study of the larval density of breeding sites and the physico-chemical parameters made it possible to deduce the preferences of certain species. *Anopheles algeriensis* seems to tolerate low salinity water (Becker et al., 2010). Indeed, it was recorded in fresh water with a salinity level not exceeding 0.02 mS/cm. *Culex laticinctus* and *Culex mimeticus* prefer high temperature sunny sites (Himmi, 2017), they are found in our sites at an average temperature of 23.33 °C and 24.93 °C each. On the other hand, *Culex theileri* was recorded at an average temperature of 17.15 °C, according to Hadji et al. (2013), this species cannot tolerate extreme temperatures. Described as a cold-loving species (Trari and Dakki, 2017), *Anopheles claviger* is negatively correlated with the temperature of our sites, it was recorded at an average temperature of 14.18 °C, and was rather frequent in shaded sites with cool water. The water temperature of breeding sites varies from 5 °C to 31 °C, and significantly correlates with the density of most of the identified species. It therefore seems to have a good influence on the larval development of mosquitoes (Muirhead-Thomson, 1951). The larval density of *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata* is best correlated with temperature, conductivity and salinity. Hence, these parameters appear to be important in the appearance and fluctuation of mosquito larval populations in Boussaâda area where *Culiseta longiareolata* and *Culex pipiens* species are the most abundant (Benhissen et al., 2018). While the density of most species was poorly or not at all correlated with the pH and dissolved oxygen of the selected sites, that of *Anopheles labranchiae* and *Culex perexiguus* were significantly correlated. According to the works of (Ahmed, Kuriji and Kheir, 2010; El-Naggar et al., 2018), pH and salinity have no significant effect on larval population dynamics. However, Rageau and Adam (1952) state that *Anopheles* larvae do prefer acidic pH waters. In Morocco, biotopes characterized by low dissolved oxygen levels, temperatures of around 27 °C and low conductivity varying between 595 and 1300  $\mu\text{S}$  are home to the *Anopheles labranchiae* species (Lalami et al., 2010). In agreement with our results and according to (Hanafi-bojd et al., 2012; Ibrahim et al., 2011) diversity and affinity in the area, characterization of larval habitats, and mapping their potential distribution across the district. The potential aquatic habitats for *Anopheles* larvae were extracted from Indian Remote Sensing Satellite (IRS), larval densities are not significantly related to certain physico-chemical parameters, this may indicate that other factors are involved in the variation of the abundance of mosquito species in the area. In fact and according to (Bauer et al., 2011), other parameters such as sunshine, specific interaction, the size of the deposit and its vegetation can affect the mosquito assembly structure.

### Conclusion

Despite the restricted area of the present study, our results revealed a significant diversity of 14 Culicidian species, belonging to five different genera. The *Culex* genus is the best represented and *Culex pipiens* appears to be the most abundant species. Our study is the first to associate the larval density of the species with the physico-chemical parameters in Tizi-Ouzou area. These data would be of great interest in the context of developing a program to control nuisances and prevent vector-borne diseases.

We would like to thank Dr. Boukraa Slimane, Department of Agriculture and Forestry Zoology, Higher National Agronomic School for mosquito larvae identification and the manuscript reviewing. We also thank Dr. Bouazza Belaid, Biochemistry & Microbiology Department, Mouloud Mammeri University, for his precious advices and critical reading of the manuscript.

## References

- Ahmed, A. M. A., Kuriji, M. A. A., Kheir, S. M. 2010. *Distribution and seasonal abundance of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Najran Region, Saudi Arabia*, 2.
- Amara Korba, R., Alayat, M. S., Bouiba, L., Boudrissa, A., Bouslama, Z., Boukraa, S., Francis, F., Failloux, A.-B., Boubidi, S. C. 2016. Ecological differentiation of members of the *Culex pipiens* complex, potential vectors of West Nile virus and Rift Valley fever virus in Algeria. *Parasites & Vectors*, [online] **9** (1), 455. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1725-9>.
- Amraoui, F., Krida, G., Bouattour, A., Rhim, A., Daaboub, J., Harrat, Z., Boubidi, S.-C., Tijane, M., Sarih, M., Failloux, A.-B. 2012. *Culex pipiens*, an Experimental Efficient Vector of West Nile and Rift Valley Fever Viruses in the Maghreb Region. *PLOS ONE*, [online] **7** (5), p.e36757. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036757>.
- Bauer, N., Kenyeres, Z., Tóth, S., Sáringer-Kenyeres, T., Sáringer, G., 2011. Connections between the habitat pattern and the pattern of the mosquito larval assemblages. *Biologia*, [online] **66** (5), 877. <https://doi.org/10.2478/s11756-011-0091-5>.
- Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M., Dahl, C., Kaiser, A. 2010. *Mosquitoes and Their Control*. Springer Science & Business Media.
- Benbetka, S., Hachid, A., Benallal, K. E., Benbetka, C., Khaldi, A., Bitam, I., Harrat, Z. 2018. First field evidence infection of *Culex perexiguus* by West Nile virus in Sahara Oasis of Algeria. *Journal of Vector Borne Diseases*, [online] **55** (4), 305. <https://doi.org/10.4103/0972-9062.256566>.
- 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) Entomological and typological studies of larval breeding sites of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Bousaâda area (Algeria). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, [online] <https://doi.org/10.25518/0037-9565.8221>.
- Berchi, S. 2000. *Bioécologie de Culex pipiens L. (Diptera: Culicidae) dans la région de Constantine et perspectives de lutte*, [online] Frères Mentouri. Available at: <https://ensbiotech.edu.dz/images/thesesmemoires/theseDoctoratSelimaBerchi.pdf>.
- Berchi, S., Aouati, A., Louadi, K. 2012. Typologie des gîtes propices au développement larvaire de *Culex pipiens* L. 1758 (Diptera-Culicidae), source de nuisance à Constantine (Algérie). *Ecologia Mediterranea*, [online] **38** (2), 5–16. <https://doi.org/10.3406/ecmed.2012.1311>.
- Bouabida, H., Djebbar, F., Soltani, N. 2012. *Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie)*, 5.
- Brunhes, J., Hassaine, K., Rhaim, A., Hervy, J. P. 2000. Culicidae of Mediterranean Africa: list and species distribution (Diptera). *Bulletin de la Société Entomologique de France*, [online] **105** (2), 195–204. Available at: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20003012847>
- Carnevale, P., Robert, V. 2009. *3. Bio-écologie*. [online] IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.10389>.
- El-Naggar, A. N., Elbanna, S. S. M., Kaiser, M. F., Gabre, R. M. 2018. Effect of Certain Physico-Chemical Parameters on the Population Dynamics of Mosquito Larvae and their Correlation with Infected Regions of Filariasis in Alkorin Village, Sharkia Governorate (Egypt). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology*, [online] **11** (2), 55–62. <https://doi.org/10.21608/eajb.2018.11804>.
- Gillespie, S. H., Smith, G. L., Osbourn, A. E. 2004. *Microbe-vector interactions in vector-borne diseases: Sixty-third Symposium of the Society for General Microbiology*, [online]. Cambridge University Press, Cambridge [England]; New York. Available at: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=149378> [Accessed 17 Mar. 2021].
- Gopalakrishnan, R., Das, M., Baruah, I., Veer, V., Dutta, P. 2013. Physicochemical characteristics of habitats in relation to the density of container-breeding mosquitoes in Asom, India. *J Vector Borne Dis*, p. 5.
- Hadji, M., Belghyti, D., Elomari, F., Assal, M. E., Marsini, M. E. 2013. Étude de la dynamique stationnelle des populations des culicidés dans la province de Sidi Slimane (Maroc), 12.
- Hanafi-bojd, A., Vatandoost, H., Oshaghi, M., Charrahy, Z., Haghdoost, A., Sedaghat, M. M., Abedi, F., Soltani, M., Raeisi, A., 2012. Larval habitats and biodiversity of anopheline mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a malarious area of southern Iran. *Journal of vector borne diseases*, 49, 91–100.
- Himmi, O., 2017. *Les Culicidae du Maroc : Clé d'identification, avec données biologiques et écologiques*. Doctorat. Mohammed V agdal.
- Himmi, O., Dakki, M., Trari, B., EL Agbani, M. A. 1995. Les Culicidae du Maroc : Clé d'identification, avec données biologiques et écologiques. *Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie*, [online] **44**, p. 49. Available at: [http://www.israbat.ac.ma/?page\\_id=272](http://www.israbat.ac.ma/?page_id=272) [Accessed 12 Dec. 2020].

- Ibrahim, A. E. A., El-Monairy, O. M., El-Sayed, Y. A., Baz, M. M. 2011. Mosquito breeding sources in Qalyubiya Governorate, Egypt. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, E. Medical Entomology & Parasitology*, [online] **3** (1), 25–39. <https://doi.org/10.21608/eajbse.2011.16454>.
- Jackman, J.A., Olson, J. K. 2002. Mosquitoes and the Diseases they Transmit. *Texas Cooperative Extension*, 8.
- Lafri, I., Bitam, I., Beneldjouzi, A., Mahdi, M. H. B. 2014. An Inventory of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Algeria. *Bulletin de la Société zoologique de France*, [online] p. 7. Available at: <https://societe-zoologique.fr/sites/default/files/revue/2018-01/Z139Lafri.pdf>
- Lalami, A. E. O., Hilali, O. E., Benlamlah, M., Merzouki, M., Raiss, N., Koraichi, S. I., Himmi, O. 2010. Etude entomologique, physicochimique et bactériologique des gîtes larvaires de localités à risque potentiel pour le paludisme dans la ville de Fès. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vi*, **2** (32), 119–127.
- Liu, X., Baimaciwang, Yue, Y., Wu, H., Pengcuociren, Guo, Y., Cirenwangla, Ren, D., Danzenggongga, Dazhen, Yang, J., Zhaxisangmu, Li, J., Cirendjeji, Zhao, N., Sun, J., Li, J., Wang, J., Cirendunzhu, Liu, Q. 2019. Breeding Site Characteristics and Associated Factors of *Culex pipiens* Complex in Lhasa, Tibet, P. R. China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, [online] **16** (8), 1407. <https://doi.org/10.3390/ijerph16081407>.
- Lounaci, Z. 2003. *Biosystématique et bioécologie des Culicidae (Diptera; Nematocera) dans la région de l'Algérois, le marais de Réghaia et Oued Sebaou de Tizi Ouzou*. Ecole nationale supérieure agronomique.
- Ludwig, A., Zheng, H., Vrbova, L., Drebot, M., Iranpour, M., Lindsay, L. 2019. Augmentation du risque de maladies endémiques au Canada transmises par des moustiques en raison du changement climatique. *Relevé des maladies transmissibles au Canada*, [online] **45** (4), 99–107. <https://doi.org/10.14745/ccdr.v45i04a03f>.
- Marc, I., Chibani, A., Alemad, A., Alkhali, A., Belala, A., Hadji, M., Belghyti, D., El kharrim, K. 2016. Etude Ecologique Et Entomologique Des Culicides Larvaires Des Gites De La Province De Kenitra (Maroc). *European Scientific Journal, ESJ*, [online] **12** (32), 398. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n32p398>.
- Matile, L. 1993. *Les Diptères d'Europe occidentale. Introduction, techniques et morphologie. Nématocères, Brachycères, orthoraphes et Ashizes*. Editions Boubée, Paris.
- Medour, R. 2010. *Bioclimatologie phytogéographie et phytosociologie en Algérie, exemples des groupements forestiers et preforestiers de la Kabylie Djurdjureene*. Mouloud MAMMERI.
- Meegan, J. M., Khalil, G. M., Hoogstraal, H., Adham, F. K. 1980. Experimental Transmission and Field Isolation Studies Implicating *Culex pipiens* as a Vector of Rift Valley Fever Virus in Egypt. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, [online] **29** (6), 1405–1410. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1980.29.1405>.
- Muirhead-Thomson, R. C. 1951. Mosquito Behaviour in relation to Malaria Transmission and Control in the Tropics. *Mosquito Behaviour in relation to Malaria Transmission and Control in the Tropics*, [online] Available at: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19522900611> [Accessed 10 Dec. 2020].
- NMO. 2019. *Weather forecast bulletin*. Tizi-ouzou, National Meteorological Office, Algeria, 8.
- Papierok, B., Croset, H., Rioux, J. A. 1973. Estimation de l'effectif des populations larvaires d'*Aedes (O.) cataphylla* Dyar, 1916 (Diptera–Culicidae): 1. Méthode de 'capture-marquage-recapture'. *Cahiers ORSTOM.Série Entomologie Médicale et Parasitologie*, [online] **11** (4), 243–249. Available at: <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:19002> [Accessed 10 Dec. 2020].
- Rageau, J., Adam, J. P. 1952. Culicinæ du cameroun, *Ann. Parasitol. Hum. Comparée*, **27**, 610–635
- Robert, V., Günay, F., Goff, G. L., Boussès, P., Sulesco, T., Khalin, A., Medlock, J. M., Kampen, H., Petri, D. 2019. Distribution chart for Euro-Mediterranean mosquitoes (western Palaearctic region). *Journal of the European Mosquito Control Association*, **37**, 28.
- Rodhain, F., Perez, C. 1985. *Précis d'entomologie médicale et vétérinaire*. Maloine ed., Paris.
- Scherrer, B. 1984. *Biostatistique (GAËTAN MORIN)*. [online] Québec. Available at: [https://www.bookfinder.com/book/Biostatistique\\_GAËTAN\\_MORIN\\_EDITEUR\\_QUEBEC\\_French\\_Edition\\_/2891050932/](https://www.bookfinder.com/book/Biostatistique_GAËTAN_MORIN_EDITEUR_QUEBEC_French_Edition_/2891050932/) [Accessed 10 Dec. 2020].
- Silver, J. B. 2008. *Mosquito ecology: field sampling methods*. 3 ed. Springer, Dordrecht.
- Trari, B., Dakki, M. 2017. *Les moustiques (Insectes, Diptères) du Maroc : atlas de répartition et études épidémiologiques*. Mohammed V.
- Wawwab, P., Sungvornyothin, S., Okanurak, K., Soonthornworasiri, N., Potiwat, R., Raksakoon, C. 2019. Characteristics of water containers influencing the presence of *Aedes immatures* in an ecotourism area of Bang Kachao Riverbend, Thailand. *Journal of Health Research*, [online] **33** (5), 398–407. <https://doi.org/10.1108/JHR-09-2018-0096>.
- WHO. 2014 a. *A global brief on vector-borne diseases*. [online] World Health Organization, 54. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/111008>

- WHO. 2014 b. *Yellow fever: rapid field entomological assessment during yellow fever outbreaks in Africa: handbook: methodological field approaches for scientists with a basic background in entomology*. [online] World Health Organization, p. 48. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/112785> [Accessed 10 Dec. 2020].
- WHO. 2020. *Maladies à transmission vectorielle*. [online] Available at: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases> [Accessed 6 Dec. 2020].

Received 30 May 2021

Accepted 1 September 2021

# ASSESSMENT OF MOSQUITOES LARVAE AND THEIR PREDATORY AQUATIC INSECTS IN TAKSEBT DAM, ALGERIA

Nadia Oussad<sup>a\*</sup>, Pierre Queney<sup>b</sup>, Abdelmadjid Chelli<sup>c</sup>, Fatiha S. Bendali<sup>d</sup>, Zohra A. Lounaci<sup>a</sup> and Malika S. Aouar<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Laboratory of Production, Amélioration & Production of Vegetables & Stored Commodities, Department of Biology, Faculty of Biological and Agronomic Sciences, Mouloud Mammeri University, 15162, Tizi-Ouzou, Algeria; <sup>b</sup>The Entomological Society of France, 10 rue Descartes, F-92190 Meudon, France; <sup>c</sup>Laboratory of Applied Zoology and Animal Ecophysiology, Faculty of Natural and Life Sciences, University of Bejaia, Bejaia, Algeria; <sup>d</sup>Laboratory of Applied Animal Biology, Department of Biology, Faculty of Science, Badji Mokhtar University of Annaba, 23000-Annaba, Algeria

\*Corresponding author. Email: [nadia.oussad@ummto.dz](mailto:nadia.oussad@ummto.dz)

 Nadia Oussad – <https://orcid.org/0000-0003-2445-5643>

 Abdelmadjid Chelli – <https://orcid.org/0000-0001-9133-2761>

 Pierre Queney – <https://orcid.org/0000-0002-6896-5496>

 Fatiha Bendali – <https://orcid.org/0000-0002-6147-5101>

 Malika Aouar – <https://orcid.org/0000-0002-4576-7198>

Oussad N., Queney P., Chelli A., Bendali F. S., Lounaci Z. A., Aouar M. S. 2022. Assessment of mosquitoes larvae and their predatory aquatic insects in Taksebt Dam, Algeria. *Zoology and Ecology* 32(2), 113–121. <https://doi.org/10.35513/21658005.2022.2.3>

## Article history

Received: 22 February 2022;  
accepted 28 July 2022

## Keywords:

Algeria; aquatic insects;  
diversity; mosquitoes  
larvae; predators; Taksebt  
Dam

**Abstract.** The present paper aims at evaluating the distribution pattern of Culicidae immature stages and the relationship with their potential insect predators in the Taksebt Dam, Algeria. The surveys in the temporary and permanent habitats of this dam using the dipping technique allowed us to identify 13 mosquito species belonging to four genera with a clear dominance of *Cx. pipiens* and *Cx. perexiguus*. Predators of mosquito larvae were abundant in permanent habitats with 11 families belonging to three orders: Hemiptera (57.7%), Odonata (28.5%) and Coleoptera (13.9%). Hemipteran predators were the most important and abundant with a dominance of the Naucoridae and Notonectidae families. All mosquito larvae abundance was negatively related with the Hemipteran species abundance, while the abundance of Odonata spp. showed a significant effect on *Anopheles* spp. abundance. The results are relevant for future research in conservation biological control of vector mosquitoes employing predatory insects.

## INTRODUCTION

Vector-borne diseases are a major threat to the world, and more than 80% of its population is at risk of a vector-borne disease (WHO 2014). Vectors transmit some of the most important infectious diseases to humans (Godfray 2013), and their increasing negative impact is partly associated with the range expansions of their primary vectors (Bonizzoni et al. 2013). The spread of these vectors is influenced by the characteristics of their breeding sites (Lambin et al. 2010).

Mosquitoes are important vectors which can transmit protozoan, filarial and viral diseases (Cuervo-Parra 2016) and have different habitat preferences (Sithiprasanna et al. 2003). In fact, the ecological, spatial, and temporal distributions of many mosquito species are limited by habitat preference (Day 2016). For example, *Aedes* species have been shown to exploit different temporal larval habitats (Dom et al. 2013), while *Anopheles* species prefer shallow water bodies (Bashar et al. 2016), Culicine mosquitoes exploit a wide range of aquatic

habitats with slight differences among individual species (Amini et al. 2020).

Wetlands are one of the characteristic breeding sites, and according to Rey et al. (2012), there is a need for mosquito control in wetlands as part of mosquito-borne disease management. Indeed, the use of chemical and microbial controls is constrained in wetlands in view of their potential impact on the biodiversity (Saha et al. 2014). On the other hand, biological control is an environment-friendly mosquito control promoted in order to avoid the damage caused by insecticides (Liu 2015). It is considered a sustainable means that could be included in an integrated vector management programme using natural organisms such as plants, bacteria, entomopathogenic fungi and especially predators (Benelli et al. 2016).

Predation on the late instar larval stages of the mosquitoes could reduce the population density dramatically. Predatory fish (Cohen and Silberbush 2021), amphibians (Sarwar 2015) and aquatic insects (Mansoreh et al. 2014) are known to inhibit mosquitoes breeding sites

and reduce mosquito abundance. According to Schrama et al. (2018), insect predator presence decreased mosquito larval survival and adult emergence by 20–50%. Many aquatic insects of the orders Coleoptera (DeSiervo et al. 2020), Diptera (Moirangthem et al. 2018), Hemiptera (Allo and Mekhlif 2019) and Odonata (Córdoba-Aguilar et al. 2021) are known to be mosquito predators, commonly found with the mosquito immature in varied mosquito larval habitats including the wetland (Kumar 2009; Shaalan and Canyon 2009).

Several works have studied the species composition of mosquitoes (Robert et al. 2019; Merabti et al. 2021), the abiotic characteristics of mosquito breeding sites (Merabti et al. 2017; Oussad et al. 2021), and the larvicidal effect of herbal preparation (Kharoubi et al. 2020; Djeddar et al. 2021); however, few studies have focused on the insect predation efficiency (Culler and Lamp 2009; Ohba and Takagi 2010; Saha et al. 2010, 2012) and the relationship between mosquito and predator density (Das et al. 2006; Leitão et al. 2007; Lytra and Emmanouel 2014; Sunish and Reuben 2002). The wetlands are one of the prominent mosquito breeding sites (Dale and Knight 2008) featured by the presence of a wide range of freshwater predatory insects like the odonate larvae, water bugs and beetles (Zuharah and Lester 2010; Watanabe et al. 2013). As a consequence, the conservation biological control can be achieved provided the exploration on the species specific abundance of the predatory insects and the vector mosquitoes are available thorough assessment. Thus the present study was devoted to the structural composition and systematic determination of the species in the Taksebt Dam, as well as the evaluation of the prey-predator relationship. The results of this study could be useful in promoting the implications of biological control of mosquitoes in the area. In this study, we evaluate the mosquito and predatory insect fauna existing in the Taksebt Dam in order to highlight if it is a suitable breeding site for mosquito vectors and whether the predatory insects like odonate larvae, water bugs and beetles in this biotope are more abundant and diversified.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

This study was conducted on the Taksebt Dam, central north Algeria, 10 km southeast of Tizi-Ouzou town and 100 km east of Algiers. Our study area is characterized by the Mediterranean climate, with mild and humid winters alternating with hot and dry summers. There is a rainy season from October to May, and a dry season from June to September. The average maximum and minimum temperatures are about 36°C and 6.6°C. The study area is subject to high water conditions due to

heavy, often irregular, rainfall varying annually between 600 mm and 800 mm. This hydraulic infrastructure is the biggest and largest wetland in the region. It is fed by rainfall, snowmelt from the Djurdjura mountains and wastewater. This reservoir is characterised by clay soil and a moisture content of over 60%.

The study site includes three permanent and three temporary water stations (Figure 1). In fact, certain stations dry up, which leads to a different number of samples from one station to another, ranging from 6 to 10 times in the temporary stations and 22 to 24 times in the so-called permanent stations. The temporary ones are located upstream of the dam (36°40'35.375"N, 4°7'17.7880"E), approximately 800 m to the south, these ponds are formed by the lowering of the water level; whereas the permanent ones are located downstream of the dam (36°40'46.978"N, 4°7'8.76"E), characterized by very dense vegetation and fed by the overflow of the dam.

### Aquatic entomofauna sampling

For the collection of mosquito larvae and other insects, we used the dipping method (Silver 2008) which consisted of performing ten sweeps at each sampling site, using a 500 ml dipper. Selected aquatic insect habitats were sampled once every two weeks for one year in the permanent sites and until drying in the temporary sites. The predatory species were preserved in 96% ethanol, and the mosquito larvae were raised in the laboratory. The obtained nymphs were sorted and placed in plastic cups containing water, then in emergence cages covered with a mosquito net. The obtained adults were preserved for morphological identification. The fourth instar larvae were cleared and mounted using the protocol of Matile (1993) for a better observation under a microscope. Mosquito larvae and adults were identified using the dichotomous keys (Himmi et al. 1995; Becker et al. 2010) and the software of African mosquitoes (Brunhes et al. 2000). Insect predators were classified to order level (Odonata, Hemiptera, Coleoptera). Odonate larvae were identified and confirmed by observation and recognition of their imagoes around the sites, Hemiptera and Coleoptera were identified as adults; however, the identification was confirmed by the presence of their larval stages and using the appropriate keys (Guignot 1947, 1959; Poisson 1957; Heidemann and Seidenbusch 2002; Doucet 2011).

### Data analysis

The obtained results were treated by an ecological index. The specific richness ( $S$  = number of species), relative abundance ( $F = N_i \times 100 / N$ ), Shannon's index ( $H' = -\sum P_i \ln(P_i)$ ) and Simpson's index ( $D_1 = 1 - \sum P_i^2$ ) were calculated (Magurran 2004). One-way ANOVA (with Tukey's test) was then estimated to compare predator insect and mosquitoes abundances among

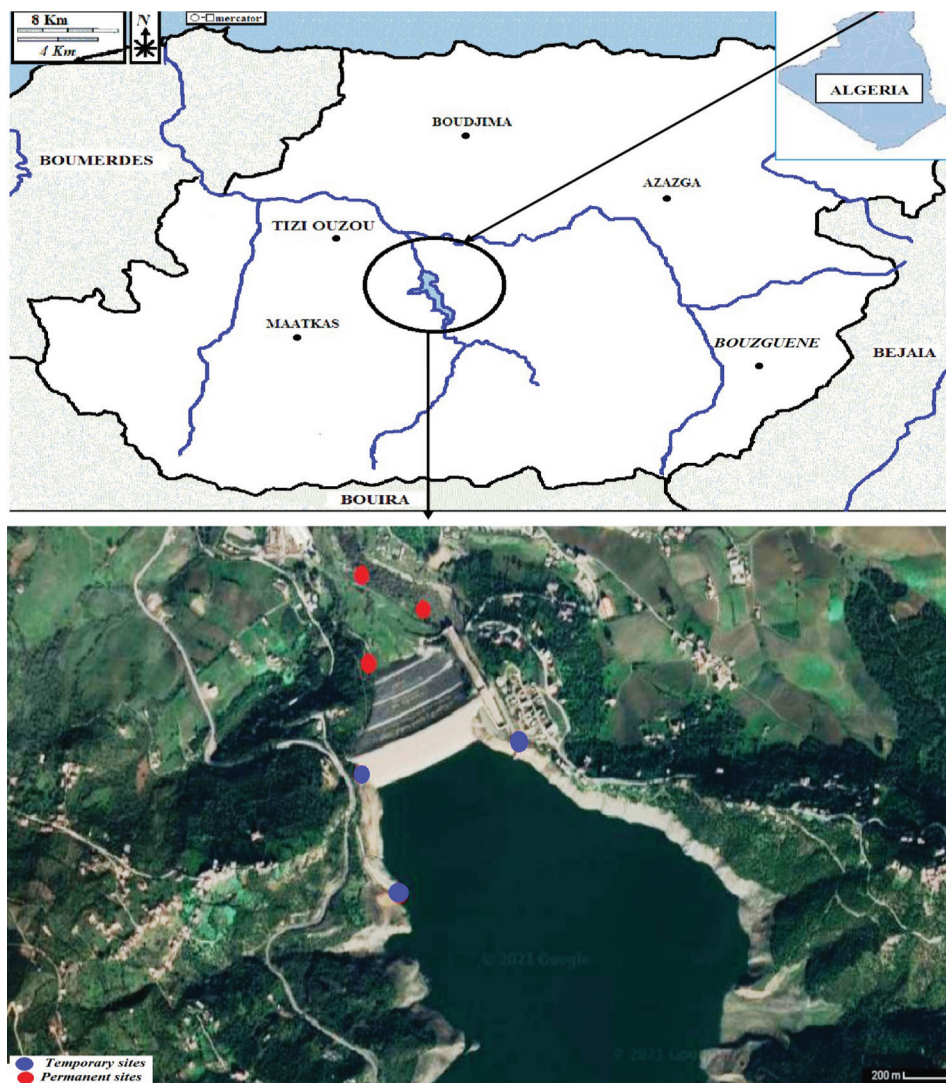


Figure 1. Study site location (Taksebt Dam) from Tizi-Ouzou area in Algeria.

temporary and permanent sites. In order to analyse the relationship between predator insect and mosquitoes, the generalized linear model (GLM) with negative binomial (glm.nb package) in R statistical package (version 3.0.2) was used, with a significance threshold of  $p < 0.01$ .

## RESULTS

### *Aquatic entomofauna diversity*

Total species diversity ranged from 2 to 18, and the number of specimens varied from 92 to 428 (Table 1). Shannon's diversity index was the highest (1.71, 1.84, 1.91) at permanent sites and the lowest (0.19, 0.58, 0.59) at temporary ones. Sampling time differed due to the drying of the temporary sites, and predatory species were collected only from the permanent habitats. Simpson's index was the highest at permanent sites (0.76, 0.77, 0.78) and the lowest (0.08, 0.29, 0.40) at the temporary ones, indicating that populations were rather

homogeneous at temporary sites and heterogeneous at permanent sites.

### *Mosquito composition*

The analyzed results of the studied sites in the Taksebt Dam during a period of 12 months showed that the culicidian fauna was represented by 13 species belonging to the following subfamilies (Table 2): Culicinae represented by *Culex laticinctus*, *Cx. perexiguus*, *Cx. hortensis*, *Cx. pipiens* complex, *Cx. theileri*, *Cx. mimeticus*, and *Cx. impudicus*, Anophelinae (*Anopheles maculipennis*, *An. claviger*, and *An. Algeriensis*), Aedinae (*Aedes caspius* and *Ae. vexans*), and Uranotaeniini (*Uranotaenia unguiculata*). The *Culex pipiens* complex was the most frequent with a rate of 83.6%, 72.8%, and 96.1% in the temporary sites (T1, T2, and T3, respectively). In the permanent sites (P1, P2, and P3), *Cx. perexiguus* seemed to be the most abundant with a rate of 50.0%, 42.6%, and 44.4%, respectively.

Table 1. Species diversity indices for the study zones (total abundance, richness, Shannon index, H max, Evenness (H), Simpson index ( $D_1$ )).

	P1	P2	P3	T1	T2	T3
Samples	24 (13)	24 (20)	22 (16)	10 (6)	8 (6)	6 (4)
Total	201	428	121	383	92	77
Species richness (S)	13	18	10	6	2	3
Shannon index (H')	1.84	1.91	1.71	0.59	0.58	0.19
H max	3.7	4.17	3.32	2.58	1	0.51
Evenness (H)	0.5	0.46	0.51	0.23	0.58	0.37
Simpson index ( $D_1$ )	0.77	0.78	0.76	0.29	0.40	0.08

Table 2. Species composition, abundance and mean  $\pm$  SE of mosquitoes by station.

Genus	Mosquito species	Temporary stations			Permanent stations		
		T1	T2	T3	P1	P2	P3
<i>Culex</i> 89.42%	<i>Cx. pipiens</i> Linnaeus 1758	83.6% (53.3 $\pm$ 35.2)	72.8% (11.17 $\pm$ 4.7)	96.1% (18.5 $\pm$ 8.5)	–	1.1% (0.2 $\pm$ 0.1)	–
	<i>Cx. hortensis</i> Ficalbi 1889	12.5% (8 $\pm$ 2.4)	27.2% (4.17 $\pm$ 1.7)	1.3% (0.25 $\pm$ 0.3)	28.5% (3.5 $\pm$ 0.7)	32.8% (5.8 $\pm$ 2)	17.6% (1.2 $\pm$ 0.4)
	<i>Cx. perexiguus</i> Theobald 1903	–	–	–	50% (6.1 $\pm$ 1.7)	42.6% (7.6 $\pm$ 2.6)	44.4% (3 $\pm$ 1.4)
	<i>Cx. impudicus</i> Ficalbi 1890	–	–	–	14.6% (0.5 $\pm$ 0.3)	5.1% (0.9 $\pm$ 0.3)	9.3% (0.6 $\pm$ 0.3)
	<i>Cx. laticinctus</i> Edwards 1913	0.5% (0.3 $\pm$ 0.3)	–	–	–	–	–
	<i>Cx. theleiri</i> Theobald 1903	1.6% (1 $\pm$ 0.5)	–	–	–	1.1% (0.2 $\pm$ 0.1)	–
	<i>Cx. mimeticus</i> Noé 1899	–	–	–	–	–	3.7% (0.3 $\pm$ 0.2)
<i>Aedes</i> 0.51%	<i>Ae. vexans</i> Meigen 1830	–	–	2.6% (0.5 $\pm$ 0.5)	–	–	–
	<i>Ae. caspius</i> Pallas 1771	–	–	–	2.5% (0.3 $\pm$ 0.2)	–	–
<i>Anopheles</i> 7.51%	<i>An. labranchiae</i> Falleroni 1926	1% (0.7 $\pm$ 0.4)	–	–	4.4% (1.8 $\pm$ 0.6)	8.8% (1.6 $\pm$ 0.9)	25% (1.7 $\pm$ 0.6)
	<i>An. algeriensis</i> Theobald 1903	0.8% (0.5 $\pm$ 0.4)	–	–	–	–	–
	<i>An. claviger</i> Meigen 1804	–	–	–	–	7.9% (1.6 $\pm$ 0.6)	–
<i>Uranotania</i> 0.17%	<i>Ur. unguiculata</i> Edwards 1913	–	–	–	–	0.6% (0.1 $\pm$ 0.1)	–
Total genera	Total species	Total individuals	Total individuals	Total individuals	Total individuals	Total individuals	Total individuals
4	13	383	92	77	201	428	121

### Predator composition

A total of 130 macroinvertebrate predators belonging to 3 orders: Hemiptera (57.7%), Odonata (28.5%) and Coleoptera (13.9%) were collected from the permanent mosquito habitat. Twenty species representing eleven families and 18 genera were identified. Six families (Naucoridae, Nepidae, Corixidae, Hydrometridae, Notonectidae, and Pleidae) were recorded within the order Hemiptera, with members of family Naucoridae and genus *Naucoris* (28.46%) dominating. Three families (Libellulidae, Aeshnidae, and Coenagrionidae) were

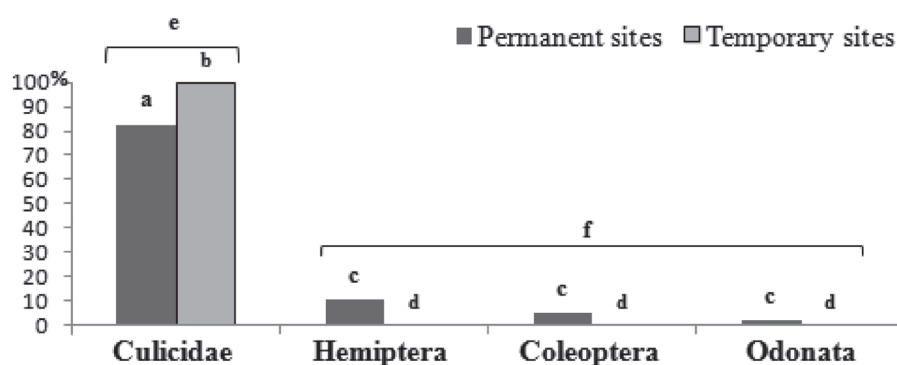
registered within Odonata, dominated by the Libellulidae family, while the order Coleoptera was represented by two families (Dytiscidae, Noteridae) dominated by *Laccophilus* (10%) (Table 3).

### Abundance comparison

One-way Tukey test comparisons in Figure 2 showed significant differences between the abundance of mosquitoes and predators in the Taksebt Dam sites. In fact, there was a significant difference between the abun-

Table 3. Abundance and mean  $\pm$  SE and distribution of predator species sampled.

Order	Family	Species	T1	T2	T3	Abundance
Hemiptera 57.69%	Naucoridae	<i>Naucoris maculatus</i> Fabricius 1798	–	1.9 $\pm$ 0.5	–	28.46%
	Nepidae	<i>Nepa cinerea</i> Linnaeus 1758	–	–	1 $\pm$ 0.1	1.54%
	Corixidae	<i>Corixaaffinis</i> Leach 1817	0.3 $\pm$ 0.2	0.3 $\pm$ 0.2	–	7.69%
	Hydrometridae	<i>Hydrometra stagnorum</i> Linnaeus 1758	–	–	0.2 $\pm$ 0.1	2.31%
	Notonectidae	<i>Notonecta glauca</i> Linnaeus 1758	0.8 $\pm$ 0.7	0.4 $\pm$ 0.1	–	13.85%
	Pleidae	<i>Plea minutissima</i> Leach 1817	–	0.3 $\pm$ 0.2	–	3.85%
Odonata 28.46%	Libellulidae	<i>Orthetrum cancellatum</i> Linnaeus 1758	–	0.2 $\pm$ 0.1	–	2.31%
		<i>Crocothemis erythrea</i> Brullé 1832	0.8 $\pm$ 0.4	–	–	7.69%
		<i>Sympetrum striolatum</i> Charpentier 1840	–	–	0.1 $\pm$ 0.1	1.54%
		<i>Sympetrum fonscolombii</i> Sélys 1840	0.2 $\pm$ 0.1	–	–	1.54%
	Aeshnidae	<i>Aeshna mixta</i> Latreille 1805	0.1 $\pm$ 0.1	0.5 $\pm$ 0.2	–	8.46%
		<i>Anax imperator</i> Leach 1815	–	0.1 $\pm$ 0.1	–	0.77%
		<i>Anax parthenope</i> Selys 1839	0.1 $\pm$ 0.1	–	–	0.77%
	Coenagrionidae	<i>Ischnura graellsii</i> Rambur 1842	–	–	0.3 $\pm$ 0.2	3.85%
<i>Coenagrion scitulum</i> Rambur 1842		–	0.1 $\pm$ 0.1	–	1.54%	
Coleoptera 13.85%	Dytiscidae	<i>Laccophilus minutus</i> Linnaeus 1758	1 $\pm$ 0.5	–	–	10%
		<i>Hyphydrus aubei</i> Ganglbauer 189	–	0.05 $\pm$ 0.05	–	0.77%
		<i>Ilybius</i> sp. Erichson 1832	–	0.05 $\pm$ 0.05	–	0.77%
		<i>Agabus didymus</i> Olivier 1795	–	–	1 $\pm$ 0.1	0.77%
	Noteridae	<i>Noterus laevis</i> Sturm 1834	0.2 $\pm$ 0.2	–	–	1.54%
Total orders	Total families	Total species	Total individuals	Total individuals	Total individuals	Total individuals
3	11	20	43	74	13	130

Figure 2. Comparison between aquatic insect abundances in permanent and temporary sites.  $p < 0.05$  (one-way ANOVA for taxa comparison: (e–f); Sites-predators (c–d); Sites – Culicidae: (a–b)).

dance of predators and mosquitoes ( $df = 3$ ;  $f = 340.44$ ;  $p < 0.001$ ), but also a difference between the abundance of mosquitoes in the temporary and permanent sites ( $df = 1$ ;  $f = 28.23$ ;  $p < 0.05$ ), as well as a significant difference in the abundance of predators in the temporary and permanent sites ( $df = 1$ ;  $f = 18.42$ ;  $p < 0.001$ ).

#### Relationship between mosquito larvae and predators

The first GLM model (with negative binomial) considered all mosquito larvae, while the second model

considered *Anopheles* spp. larvae only, and the third model used *Culex* spp. larvae only (Table 4). The first model revealed that all mosquito larvae were affected only by the abundance of species of the order Hemiptera, while the second model estimated that the abundance of *Anopheles* species was significantly affected by abundances of Odonata and Hemiptera spp. and not by the abundance of Coleoptera. While for the third model, the predation effect between *Culex* larvae and predators was not significant.

Table 4. Generalized linear model results for the mosquito and predator abundance in Taksebt Dam.

Response variable	Estimated coefficient	SE	Z	p	
Total species abundance	(Intercept)	4.66334	0.31421	14.841	<2e <sup>-16</sup> *
	Odonata	-0.04731	0.09044	-0.523	0.60092
	Hemiptera	-0.13313	0.05151	-2.584	0.00976 *
	Coleoptera	-0.04495	-0.04495	-0.340	0.73383
<i>Anopheles</i> abundance	(Intercept)	3.02093	0.14494	20.843	<2e <sup>-16</sup> *
	Odonata	-0.40112	0.09937	-4.037	5.42e <sup>-05</sup> *
	Hemiptera	-0.05944	0.02681	-2.217	0.0266 *
	Coleoptera	0.17635	0.14106	1.250	0.2112
<i>Culex</i> abundance	(Intercept)	4.44394	0.58659	7.576	3.57e <sup>-14</sup> *
	Odonata	0.02724	0.16543	0.165	0.8692
	Hemiptera	-0.16912	0.09523	-1.776	0.0758
	Coleoptera	-0.04882	0.24023	-0.203	0.8390

SE: Standard error. Z: (Estimate / SE),  $p$  ( $>|z|$ ) significant at  $< 0.05$ .

## DISCUSSION

We collected 1172 mosquito larvae among six breeding sites of the Taksebt Dam, with a total of 94 samples. Larvae of the four mosquito genera *Culex*, *Anopheles*, *Aedes* and *Uranotaenia* were found and a total of 13 species were identified based on morphological identification of the fourth larvae stage as well as the examination of the male genitalia, which carries the most discriminating and distinguishing characters. *Culex* was the most species-rich genus, with *Culex pipiens* being the dominant species in the temporary sites and *Culex perexiguus* in the permanent sites (Table 2). A high plasticity of the *Culex pipiens* complex to a wide range of ecological conditions in Algeria was demonstrated (Amara Korba et al. 2016), and according to Lafri et al. (2019), these two species are potential vectors of West Nile Virus in the area. The main groups of potential aquatic insect predators of mosquitoes in Taksebt habitats are shown in Table 3. A total of twenty species from three orders (Odonata, Coleoptera, and Hemiptera) were recorded belonging to 18 genera (*Naucoris*, *Nepa*, *Corixa*, *Hydrometra*, *Notonecta*, *Plea*, *Orthetrum*, *Crocothemis*, *Sympetrum*, *Aeshna*, *Anax*, *Ischnura*, *Coenagrion*, *Laccophilus*, *Hyphydrus*, *Ilybius*, *Agabus*, and *Noterus*). Species richness, diversity, and aquatic insect numbers showed a significant difference between permanent and temporary sites (Table 1). A higher species diversity ( $S = 18$ ) as well as a high Shannon diversity index (1.91) were recorded upstream from the dam, which can be attributed to a high spatial heterogeneity and vegetation cover of this habitat.

According to Pintar and Resetarits (2020), the distribution between permanent and temporary habitats is one of the most dominant abiotic features influencing community structure in freshwater systems. Indeed, mosquito larvae abundance in temporary and permanent sites was significantly different; it was higher in temporary sites (Figure 2), and it was obvious that there would be fewer

mosquitoes in habitats with predators. The aquatic entomofauna was less diverse in temporary sites, and predatory insects were present only in permanent habitats, in agreement with the result of Fischer and Schweigmann (2008), which indicates that predation in temporary habitats is less important than in permanent habitats. In fact, the breeding site water must persist long enough to allow colonization by predatory species.

According to Vonesh and Blaustein (2010), the density and diversity of mosquito predators can directly affect the abundance of mosquito larvae through predation and indirectly by preventing the oviposition of female adult mosquitoes, and a negative effect of predation could be detected after five months of sampling (Ohba et al. 2013). Their abundance of mosquito larvae in the Taksebt Dam was negatively affected by predator abundance (Table 4). A negative relationship between mosquito larvae and Hemiptera spp. abundances was observed. Nattawut et al. (2019) reported that members of Hemiptera significantly suppress *Culex* spp. density. In this study, Hemiptera were the most abundant group (57%), Notonectidae and *Naucoris* were the most abundant Hemipteran predators. According to Silberbush et al. (2014), the presence of Notonectidae predators in water bodies can reduce adult mosquito oviposition. With a daily mean predation of 71.5 larvae, the backswimmer is described as the most aggressive predator on *Anopheles* mosquito larvae (Eba et al. 2021), while Buxton et al. (2020) states that Notonectidae colonize a wide range of aquatic habitats where they are often top predators. Moreover, nine species of Odonata were identified and showed a negative effect on the abundance of *Anopheles* spp. Various species from the order of Odonata are known to be voracious predators of mosquito larvae (Weterings et al. 2015). Dragonflies and damselflies are among the main predators associated with *Anopheles larvae* (Roux and Robert 2019); based on laboratory test results, Libellulidae was found to feed on larvae at a higher rate than Coenagrionidae (Dasrat

and Maharaj 2021). In Swedish wetlands, beetles were found suitable for biological control of mosquitoes (Vinnersten et al. 2009). Species from *Laccophilus*, *Agabus*, *Noterus*, *Ilybus*, and *Hyphydrus* genera have already been selected to reduce mosquito larvae (Ohba and Takagi 2010), and experimental studies (Vinnersten et al. 2015) have detected *Aedes* larvae from the diving beetles gut (Dytiscidae). Nonetheless, there was no predation effect of the beetle species on mosquito larvae in our study and predatory efficiency of the identified beetle members remains unknown. According to Pintar et al. (2021), differences in biotic and abiotic habitat characteristics are also involved in the geographic variation of species interactions, and understanding which factors favour mosquito and macroinvertebrate co-occurrence may contribute to the control of vector-borne disease (Dida et al. 2015).

## CONCLUSION

To conclude, permanent habitats of the Taksebt Dam are of major importance for many species of mosquitoes and predators. This study demonstrated the presence of high interaction between mosquito larvae and predators in wetlands, hence the need to communicate and cooperate between mosquito and wetland management regarding the possibility of integrating natural enemies into overall management plans as a new method that will reduce labour costs and other inputs in order to preserve human health and wetlands.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Mr Shin-ya Ohba for his precious advices and critical reading of the manuscript. We also thank the Director of the Taksebt Dam for allowing us to work at the study sites.

## REFERENCES

- Allo, N.M., & Mekhlif, A.F. 2019. Role of the Predator Anisops Sardea (Hemiptera: Notonectidae) in Control Mosquito *Culex pipiens molestus* (Diptera: Culicidae) Population. *International Journal of Mosquito Research* 6, 46–50.
- Amara Korba, R., Alayat, M.S., Bouiba, L., Boudrissa, A., Bouslama, Z., Boukraa, S., Francis, F., Failloux, A.-B., & Boubidi, S.C. 2016. Ecological Differentiation of Members of the *Culex Pipiens* Complex, Potential Vectors of West Nile Virus and Rift Valley Fever Virus in Algeria. *Parasites & Vectors* 9(1), 1–11.
- Amini, M., Hanafi-Bojd, A.A., Aghapour, A.A., & Chavshin, A.R. 2020. Larval Habitats and Species Diversity of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in West Azerbaijan Province, North-western Iran. *BMC Ecology* 20(1), 1–11.
- Bashar, K., Rahman, Md.S., Nodi, I.J., & Howlader, A.J. 2016. Species Composition and Habitat Characterization of Mosquito (Diptera: Culicidae) Larvae in Semi-Urban Areas of Dhaka, Bangladesh. *Pathogens and Global Health* 110(2), 48–61.
- Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M., Dahl, C., & Kaiser, A. 2010. *Mosquitoes and Their Control*. Springer Science & Business Media.
- Benelli, G., Jeffries, C.L., & Walker, T. 2016. Biological Control of Mosquito Vectors: Past, Present, and Future. *Insects* 7(4), 52.
- Bonizzoni, M., Gasperi, G., Chen, X., & James, A.A. 2013. The Invasive Mosquito Species *Aedes albopictus*: Current Knowledge and Future Perspectives. *Trends in Parasitology* 29(9), 460–468.
- Brunhes, J., Rhaim, A., Geoffroy, B., Angel, G., & Hervy, J.-P. 2000. *Les Moustiques de l'Afrique Méditerranéenne : Logiciel d'identification et d'enseignement* [The mosquitoes of Mediterranean Africa]. Paris: IRD. <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010021400>.
- Buxton, M., Cuthbert, R.N., Dalu, T., Nyamukondiwa, C., & Wasserman, R.J. 2020. Predator Density Modifies Mosquito Regulation in Increasingly Complex Environments. *Pest Management Science* 76(6), 2079–2086.
- Cohen, S., & Silberbush, A. 2021. Mosquito Oviposition and Larvae Development in Response to Kairomones Originated by Different Fish. *Medical and Veterinary Entomology* 35(1), 129–133.
- Córdoba-Aguilar, A., San Miguel-Rodríguez, M., Rocha-Ortega, M., Lanz-Mendoza, H., Cime-Castillo, J., & Benelli, G. 2021. Adult Damselies as Possible Regulators of Mosquito Populations in Urban Areas. *Pest Management Science* 77(10), 4274–4287.
- Cuervo-Parra, J.A. 2016. *Mosquito-Borne Diseases, Pesticides Used for Mosquito Control, and Development of Resistance to Insecticides*. Rijeka: Intech Open, 111–34 pp.
- Culler, L.E., & Lamp, W.O. 2009. Selective Predation by Larval *Agabus* (Coleoptera: Dytiscidae) on Mosquitoes: Support for Conservation-Based Mosquito Suppression in Constructed Wetlands. *Freshwater Biology* 54(9), 2003–2014.
- Dale, P.E.R., & Knight, J.M. 2008. Wetlands and Mosquitoes: A Review. *Wetlands Ecology and Management* 16(4), 255–276.
- Das, P.K., Sivagnaname, N., & Amalraj, D.D. 2006. Population Interactions between *Culex Vishnui* Mosquitoes and Their Natural Enemies in Pondicherry, India. *Journal of Vector Ecology* 31(1), 84–88.
- Dasrat, C.M., & Maharaj, G. 2021. Biological Control of Mosquitoes with Odonates: A Case Study in Guyana. *Nusantara Bioscience* 13(2), 163–170.

- Day, J.F. 2016. Mosquito Oviposition Behavior and Vector Control. *Insects* 7(4), 65.
- DeSiervo, M.H., Ayres, M.P., Virginia, R.A., & Culler, L.E. 2020. Consumer-Resource Dynamics in Arctic Ponds. *Ecology* 101(10), e03135.
- Dida, G.O., Gelder, F.B., Anyona, D.N., Abuom, P.O., Onyuka, J.O., Matano, A.-S., Adoka, S.O. et al. 2015. Presence and Distribution of Mosquito Larvae Predators and Factors Influencing Their Abundance along the Mara River, Kenya and Tanzania. *Springer Plus* 4(1), 136.
- Djeddar, H., Boudjelida, H., & Arroussi, R. 2021. New Alternative for Culicidian Fauna Control Using *Borago Officinalis* and *Drimia Maritima* Plant Extracts. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 22(12), 5688–5694.
- Dom, N.C., Ahmad, A.H., & Ismail, R. 2013. Habitat Characterization of *Aedes* sp. breeding in Urban Hotspot Area. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 85, 100–109. AcE-Bs 2013 Hanoi (ASEAN Conference on Environment-Behaviour Studies), Hanoi Architectural University, Hanoi, Vietnam.
- Doucet, G. 2011. *Clé de Détermination Des Exuvies Des Odonates de France*. Société française d'Odonatologie [Identification key of the Odonata exuviae of France. French Society of Odonatology].
- Eba, K., Duchateau, L., Olkeba, B.K., Boets, P., Bedada, D., Goethals, P.L.M., Mereta, S.T., & Yewhalaw, D. 2021. Bio-Control of Anopheles Mosquito Larvae Using Invertebrate Predators to Support Human Health Programs in Ethiopia. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(4), 1810.
- Fischer, S., & Schweigmann, N. 2008. Association of Immature Mosquitoes and Predatory Insects in Urban Rain Pools. *Journal of Vector Ecology : Journal of the Society for Vector Ecology* 33(1), 46–55.
- Godfray, H.C.J. 2013. Mosquito Ecology and Control of Malaria. *The Journal of Animal Ecology* 82(1), 15–25.
- Guignot, F. 1947. Coléoptères Hydrocanthares. *Faune de France*, 48 [Coleoptera Hydrocanthares. Fauna of France, 48].
- Guignot, F. 1959. Revision des hydrocanthares d'Afrique coleoptera dytiscoidea. *Annales du Musée Royal du Congo Belge*, 70 [Review of African hydrocanthares coleoptera dytiscoidea. *Annals of the Royal Museum of the Belgian Congo*, 70].
- Heidemann, H., & Seidenbusch, R. 2002. *Larvae et Exuvies Des Libellules de France et d'Allemagne (Sauf de Corse)*. Société française d'odonatologie [Libellulae Larvae and Exuviae from France and Germany (except Corsica). French society of odonatologie].
- Himmi, O., Dakki, M., Trari, B., & EL Agbani, M.A. 1995. Les Culicidae du Maroc: Clé d'identification, avec données biologiques et écologiques. *Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie* [The Culicidae of Morocco: identification keys with biological and ecological data. *Work of the Scientific Institute. Zoology of Series*] 44, 49.
- Kharoubi, R., Rehim, N., & Soltani, N. 2020. Essential Oil from *Mentha rotundifolia* Harvested in Northeast Algeria: Chemical Composition, Larvicidal and Enzymatic Activities on *Culex pipiens* Larvae. *Transylvanian Review* 27(1), 14724–14732.
- Kumar, R. 2009. Impacts of Predation by the Copepod, *Mesocyclops pehpeiensis*, on Life Table Demographics and Population Dynamics of Four Cladoceran Species: A Comparative Laboratory Study. *Zoological Studies* 48(17), 738–752.
- Lafri, I., Hachid, A., & Bitam, I. 2019. West Nile Virus in Algeria: A Comprehensive Overview. *New Microbes and New Infections* 27, 9–13.
- Lambin, E.F., Tran, A., Vanwambeke, S.O., Linard, C., & Soti, V. 2010. Pathogenic Landscapes: Interactions between Land, People, Disease Vectors, and Their Animal Hosts. *International Journal of Health Geographics* 9(1), 54.
- Leitão, S., Pinto, P., Pereira, T., & Brito, M.F. 2007. Spatial and Temporal Variability of Macroinvertebrate Communities in Two Farmed Mediterranean Rice Fields. *Aquatic Ecology* 41(3), 373–386.
- Liu, N. 2015. Insecticide Resistance in Mosquitoes: Impact, Mechanisms, and Research Directions. *Annual Review of Entomology* 60(7), 537–559.
- Lytra, I., & Emmanouel, N. 2014. Study of *Culex tritaeniorhynchus* and Species Composition of Mosquitoes in a Rice Field in Greece. *Acta Tropica* 134(1), 66–71.
- Magurran, A. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Malden, MA: Blackwell Publishing.
- Mansoreh, S., Soghra, D., Sara, B., Nasibeh, H.V., Hassan, V., Ahmad, A.A., Sajad, V., & Hossein, A.M. 2014. Prevalence of Aquatic Entomofauna, the Predators of Mosquitoes, in the Zayandeh River of Central Iran. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease* 4(1), S240–S245.
- Matile, I. 1993. *Les Diptères d'Europe occidentale. Introduction, techniques et morphologie. Nématocères, Brachycères, Orthorrhaphes et Aschizes*. Vol. 1. Paris: Editions Boubée [The Western European Diptera. Introduction, techniques and morphology. Nematocera, Brachycera, Orthorrhapha and Aschiza. Vol. 1. Paris: Editions Boubée].
- Merabti, B., Lebouz, I., 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 Southeast Algeria. *African Entomology* 25(2), 506–514.
- Merabti, B., Boumaza, M., Ouakid, M.L., Carvajal, T.M., & Harbach, R.E. 2021. An Updated Checklist of the Mosquitoes (Diptera: Culicidae) Present in Algeria, with Assessments of Doubtful Records and Problematic Species. *Zootaxa* 5027(4), 515–545.
- Moirangthem, B.D., Singh, S.N., & Singh, D.C. 2018.

- Comparative Studies of Three Potent Bioagent against Mosquito Larvae. *International Journal of Mosquito Research* 5(6), 10–14.
- Nattawut, S., Chitchol, P., Panida, R., Chotiwiut, T., Sangwoo, S., & Yeon, J.B. 2019. Relationships between Predatory Aquatic Insects and Mosquito Larvae in Residential Areas in Northern Thailand 44(2), 223–232.
- Ohba, S.-Y., & Takagi, M. 2010. Predatory Ability of Adult Diving Beetles on the Japanese Encephalitis Vector *Culex Tritaeniorhynchus*. *Journal of the American Mosquito Control Association* 26(1), 32–36.
- Ohba, S.Y., Matsuo, T., & Takagi, M. 2013. Mosquitoes and Other Aquatic Insects in Fallow Field Biotopes and Rice Paddy Fields. *Medical and Veterinary Entomology* 27(1), 96–103.
- Oussad, N., Lounaci, Z.A., & Aouar, M.S. 2021. Diversity of Mosquitoes (Diptera, Culicidae) and Physico-Chemical Characterization of Th Eir Larval Habitats in Tizi-Ouzou Area, Algeria. *Zoodiversity* 55(5).
- Pintar, M.R., & Resetarits, W.J. 2020. Aquatic Beetles Influence Colonization of Disparate Taxa in Small Lentic Systems. *Ecology and Evolution* 10(21), 12170–12182.
- Pintar, M.R., Bohenek, J.R., & Resetarits Jr., W.J. 2021. Geographic Variation in *Culex* Oviposition Habitat Selection Responses to a Predator, *Notonecta Irrorata*. *Ecological Entomology* 46(5), 1148–1156.
- Poisson, R. 1957. *Hétéroptères aquatiques*, 267 pp.
- Rey, J.R., Walton, W.E., Wolfe, R.J., Connelly, C.R., O'Connell, S.M., Berg, J., Sakolsky-Hoopes, G.E., & Laderman, A.D. 2012. North American Wetlands and Mosquito Control. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 9(12), 4537–4605.
- Robert, V., Günay, F., Goff, G.L., Boussès, P., Sulesco, T., Khalin, A., Medlock, J.M., Kampen, H., & Petri, D. 2019. Distribution Chart for Euro-Mediterranean Mosquitoes (Western Palaearctic Region). *Journal of the European Mosquito Control Association* 37, 1–28.
- Roux, O., & Robert, V. 2019. Larval Predation in Malaria Vectors and Its Potential Implication in Malaria Transmission: An Overlooked Ecosystem Service? *Parasites & Vectors* 12(1), 1–11.
- Saha, N., Aditya, G., Saha, G.K., & Hampton, S.E. 2010. Opportunistic Foraging by Heteropteran Mosquito Predators. *Aquatic Ecology* 44(1), 167–176.
- Saha, N., Aditya, G., Banerjee, S., & Saha, G.K. 2012. Predation Potential of Odonates on Mosquito Larvae: Implications for Biological Control. *Biological Control* 63(1), 1–8.
- Saha, N., Aditya, G., & Saha, G.K. 2014. Prey Preferences of Aquatic Insects: Potential Implications for the Regulation of Wetland Mosquitoes. *Medical and Veterinary Entomology* 28(1), 1–9.
- Sarwar, M. 2015. Controlling Dengue Spreading *Aedes* Mosquitoes (Diptera: Culicidae) Using Ecological Services by Frogs, Toads and Tadpoles (Anura) as Predators. *American Journal of Clinical Neurology and Neurosurgery* 1(1), 18–24.
- Schrama, M., Gorsich, E.E., Hunting, E.R., Barmentlo, S.H., Beechler, B., & van Bodegom, P.M. 2018. Eutrophication and Predator Presence Overrule the Effects of Temperature on Mosquito Survival and Development. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 12(3), e0006354.
- Shaalán, E.A.-S., & Canyon, D.V. 2009. Aquatic Insect Predators and Mosquito Control. *Tropical Biomedicine* 26, 223–261.
- Silberbush, A., Tsurim, I., Margalith, Y., & Blaustein, L. 2014. Interactive Effects of Salinity and a Predator on Mosquito Oviposition and Larval Performance. *Oecologia* 175(2), 565–575.
- Silver, J.B. 2008. *Mosquito Ecology: Field Sampling Methods*. 3rd ed. Dordrecht: Springer.
- Sithiprasasna, R., Linthicum, K.J., Liu, G.J., Jones, J.W., & Singhasivanon, P. 2003. Some Entomological Observations on Temporal and Spatial Distribution of Malaria Vectors in Three Villages in Northwestern Thailand Using a Geographic Information System. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health* 34(3), 505–516.
- Sunish, I.P., & Reuben, R. 2002. Factors Influencing the Abundance of Japanese Encephalitis Vectors in Ricefields in India – II. Biotic. *Medical and Veterinary Entomology* 16(1), 1–9.
- Vinnersten, T.Z.P., Lundström, J.O., Petersson, E., & Landin, J. 2009. Diving Beetle Assemblages of Flooded Wetlands in Relation to Time, Wetland Type and Bti-Based Mosquito Control. *Hydrobiologia* 635(1), 189–203.
- Vinnersten, T.Z.P., P. Halvarsson, and J.O. Lundström. 2015. Specific Detection of the Floodwater Mosquitoes *Aedes sticticus* and *Aedes vexans* DNA in Predatory Diving Beetles. *Insect Science* 22, (4), 549–559.
- Vonesh, J.R., & Blaustein, L. 2010. Predator-Induced Shifts in Mosquito Oviposition Site Selection: A Meta-Analysis and Implications for Vector Control. *Israel Journal of Ecology & Evolution* 56(3–4), 263–279.
- Watanabe, K., Koji, S., Hidaka, K., & Nakamura, K. 2013. Abundance, Diversity, and Seasonal Population Dynamics of Aquatic Coleoptera and Heteroptera in Rice Fields: Effects of Direct Seeding Management. *Environmental Entomology* 42(5), 841–850.
- Weterings, R., Umponstira, C., & Buckley, H.L. 2015. Predation Rates of Mixed Instar Odonata Naiads Feeding on *Aedes aegypti* and *Armigeres moultoni* (Diptera: Culicidae) Larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 18(1), 1–8.
- WHO. 2014. *A Global Brief on Vector-Borne Diseases*. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/111008>
- Zuharah, W.F., & Lester, P.J. 2010. The Influence of Aquatic Predators on Mosquito Abundance in Animal Drinking Troughs in New Zealand. *Journal of Vector Ecology* 35(2), 347–353.

## Résumé

La typologie des gîtes larvaires et la diversité des espèces de moustiques ont été réalisées de mai 2018 à juin 2020 dans différents sites sélectionnés de la région de Tizi-Ouzou, en utilisant la technique de Dipping pour collecter les stades immatures des culicidés. Un total de 51 sites de reproduction positifs ont été identifiés et les mares (37%) étaient les sites les plus fréquents. 14816 individus appartenant à la famille des Culicidae ont été capturés, 16 espèces du genre *Culex*, *Anopheles*, *Culiseta*, *Aedes*, *Uranotaenia* ont été identifiées. *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* sont les espèces dominantes trouvées dans les différents types de sites de reproduction avec une capacité de propagation considérable.

Les paramètres physico-chimiques tels que la température, conductivité, acidité, salinité et Oxygène dissous ont été mesurés dans sept sites de reproduction des moustiques. La température est positivement corrélée avec la densité de la plupart des espèces inventoriées. *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* sont significativement corrélées avec les paramètres physico-chimiques étudiés.

L'évaluation du modèle de distribution des stades immatures de Culicidae et de leur relation avec les potentiels prédateurs dans le barrage de Taksebt, à partir des relevés dans les habitats temporaires et permanents, nous ont permis d'identifier 13 espèces avec une nette dominance de *Cx. pipiens* et de *Cx. perexiguus*. Les prédateurs des larves de moustiques sont abondants dans les habitats permanents avec 11 familles appartenant à trois ordres : Hemiptera (57,7%), Odonata (28,5%) et Coleoptera (13,9%). Les prédateurs hémiptères sont les plus fréquents avec une dominance des familles des Naucoridae et Notonectidae. L'abondance de toutes les larves de moustiques est négativement liée à la fréquence des espèces d'hémiptères. Tandis que l'abondance des Odonates a montré un effet significatif sur l'abondance des *Anopheles spp.*

D'autre part, les propriétés larvicides de trois extraits de plantes : *Robinia pseudoacacia*, *Cytisus scoparius*, et *Citrus aurantium* contre le quatrième stade larvaire de *Cx. pipiens* est étudié. Les tests biologiques ont été réalisés selon les conditions de laboratoire, conformément aux instructions des directives de l'Organisation mondiale de la santé. Les résultats présentés ont montré que les extraits aqueux des plantes ont induit une forte mortalité larvaire. Le traitement avec l'extrait de robinier *R. pseudoacacia* a montré une mortalité de 50% des larves par une faible concentration de 0.086g/l après 72h. Différentes formes de malformations morphologiques ont été détectées, indiquant des sites communs d'aberrations tels que la dégénérescence et la décharge intestinale induite par le traitement avec les extraits aqueux de *Robinia pseudoacacia* et *Citrus aurantium* ainsi qu'une altération de la cuticule induite par l'extrait aqueux de *Cytisus scoparius*.

**Mots clés.** Culicidae, paramètres physico-chimiques, prédateurs, extrait aqueux, larvicide, Algérie.

## Abstract

Breeding site typology and mosquito species diversity were performed from May 2018 to June 2020 in different selected sites of the Tizi-Ouzou area, using the Dipping technique to collect the immature stages of culicids. A total of 51 positive breeding sites were identified and ponds (37%) were the most frequent sites. 14816 individuals belonging to the family Culicidae were captured, 16 species of the genus *Culex*, *Anopheles*, *Culiseta*, *Aedes*, *Uranotaenia* were identified. *Cx. pipiens* and *Cs. longiareolata* are the dominant species found in the different types of breeding sites with a considerable capacity of propagation.

Physico-chemical parameters such as temperature, conductivity, acidity, salinity and dissolved oxygen were measured in seven mosquito breeding sites. Temperature was positively correlated with the density of most of the species inventoried. *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata* were significantly correlated with the physico-chemical parameters studied.

The evaluation of the distribution pattern of the immature stages of Culicidae and their relationship with potential predators in the Taksebt dam, from surveys in temporary and permanent habitats, allowed us to identify 13 species with a clear dominance of *Cx. pipiens* and *Cx. perexiguus*. Predators of mosquito larvae are abundant in permanent habitats with 11 families belonging to three orders: Hemiptera (57.7%), Odonata (28.5%) and Coleoptera (13.9%). Hemipteran predators are the most frequent with a dominance of the families Naucoridae and Notonectidae. The abundance of all mosquito larvae is negatively related to the frequency of hemipteran species. While the abundance of Odonata spp. showed a significant effect on the abundance of *Anopheles* spp.

On the other hand, the larvicidal properties of three plant extracts: *Robinia pseudoacacia*, *Cytisus scoparius*, and *Citrus aurantium* against the fourth larval stage of *Cx. pipiens* is studied. The bioassays were performed under laboratory conditions, according to the instructions of the World Health Organization guidelines. The results presented showed that the aqueous extracts of the plants induced high larval mortality. The treatment with the extract of black locust *R. pseudoacacia* showed a mortality of 50% of the larvae by a low concentration of 0.086g/l after 72h. Different forms of morphological malformations were detected, indicating common sites of aberrations such as degeneration and intestinal discharge induced by treatment with aqueous extracts of *Robinia pseudoacacia* and *Citrus aurantium* as well as cuticle alteration induced by aqueous extract of *Cytisus scoparius*.

**Key-words.** Culicidae, physico-chemical parameters, predators, aqueous extract, larvicide, Algeria.